

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Možnosti dálkového ovládnání v osvětlovací technice

Originál (kopie) zadání BP/DP

Abstrakt

Cílem práce bylo shromáždit technologie, které se používají k ovládání osvětlení. Z technologií používající komunikaci po vodičích jsou zde popsány technologie DALI a Powerline. Pro vlastní Powerline řešení byla vybrána technologie X10. Z bezdrátových technologií práce pojednává o standardech Bluetooth, ZigBee a Z-wave, který byl použit pro vlastní řešení ovládání domácího osvětlení.

Klíčová slova

Osvětlení, inteligentní instalace, DALI, Powerline, X10, Bluetooth, ZigBee, Z-Wave, Fibaro, systém

Abstract

The aim this thesis was gather the technologies, that are used to control lighting. From the technologies that uses communication via wires are described technologies DALI and Powerline. For my own Powerline solutions was chosen technology X10. From the wireless technologies standards this thesis deals about Bluetooth, ZigBee and Z-Wave, which was used for my own home lighting control solution.

Key words

Lighting, smart wiring, DALI, Powerline, X10, Bluetooth, ZigBee, Z-Wave, Fibaro, system

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou/bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské/diplomové práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 12.6.2015

Tomáš Veselý

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Michalovi Pokornému, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	8
ÚVOD	9
1 SOUČASNÁ ŘEŠENÍ	10
2 KOMUNIKACE PO VODIČÍCH	11
2.1 DALI.....	11
2.1.1 Výhody DALI.....	11
2.1.2 Topologie zapojení.....	12
2.1.3 DALI a začlenění do BMS.....	14
2.1.4 DALI komunikace.....	16
2.2 POWERLINE.....	17
2.2.1 Protokol X10.....	18
2.3 VLASTNÍ POWELINE ŘEŠENÍ	20
3 BEZDRÁTOVÁ KOMUNIKACE	22
3.1 BLUETOOTH.....	22
3.1.1 Chytré žárovky	22
3.1.2 Bluetooth relé.....	22
3.2 ZIGBEE	24
3.2.1 ZigBee light link.....	25
3.2.2 Topologie	26
3.3 Z-WAVE	27
3.4 VLASTNÍ BEZDRÁTOVÉ ŘEŠENÍ	28
ZÁVĚR	32
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	1

Seznam symbolů a zkratek

BMS	Building Managment Systém
DALI.....	Digital Addressable Lighting Interface
FSK	Frequenci Shift Keying
HCL	Home Center Lite
IEC.....	International Electrotechnical Commission
LED.....	Light Emitting Diode
PLC	Power Line Communication
ZC	ZigBee Coordinator
ZCL.....	ZigBee Cluster Library
ZED.....	ZigBee End Device
ZHA	ZigBee Home Automation
ZLL	ZigBee Light Link
ZR	ZigBee Router

Úvod

V dnešní moderní době, kdy je vše řízeno počítači, tablety či chytrými telefony a lidé si užívají tohoto komfortu, kdy za nás stroje dělají nepříjemnou práci jako např. automatické otevírání vrat, nebo za nás myslí na spínání kotle, otevírání oken ve skleníku a mnoho dalších, se snaží ulehčit i takové činnosti, jako je spínání nebo regulace osvětlení. Může se zde jednat o ovládání osvětlení přímé (kde sám pomocí drátové nebo bezdrátové komunikace ovládám osvětlení) anebo nepřímé (časovač nebo senzor, snímající intenzitu světla, který vydává příkazy pro řízení umělého osvětlení).

Takové ovládání se stává součástí tzv. inteligentních instalací. To jsou takové instalace, které po naprogramování mohou ovládat celý komplex (dům, výrobní hala nebo jakýkoli jiný objekt). Hlavní výhodou je, že po přeprogramování je možno stejným vypínačem ovládat jiné osvětlení než doposud, aniž bych musel předělávat původní rozvod elektroinstalace. Dalšími výhodami těchto instalací oproti klasické je úspora vodičů (hlavně ve větších objektech), z důvodů používání datových kabelů, které mohou být kombinovány se silovými a omezení spotřeby elektrické energie, z důvodu zautomatizovaného ovládání elektrických zařízení tak, aby jejich využívání bylo co nejefektivnější.

V první části této práci se budu zabývat technologiemi používající komunikaci po vodičích, které se používají pro automatizaci domovního osvětlení. V druhé části se pak budu zabývat technologiemi bezdrátovými.

1 Současná řešení

V současné době existuje spousta technologií, které se používají k ovládání osvětlení. Ve spoustě případů se tyto technologie nesoustředí pouze na ovládání osvětlení, ale na ovládání celých komplexů. Z těchto technologií používající komunikace po vodičích jsou nejvýznamnější KNX, v americe standard LON, ale pro osvětlení je vhodnější používat technologie jako jsou DALI, Poweline, 1-10V a některé další.

Mezi nejznámější bezdrátové komunikace patří Bluetooth, ZigBee, Z-Wave a WIFI. Tyto technologie využívá řada systémů určených pro dálkové ovládání. Většina systému ovšem pro komunikaci používá především technologie ZigBee a Z-Wave z toho důvodu, že u Bluetooth a WIFI by nebyl zcela využit jejich potenciál. ZigBee a Z-Wave se zaměřují především na dosah a spolehlivost přenosu. Na rozdíl od WIFI a Bluetooth nepotřebují dosahovat velkých přenosových rychlostí a nepotřebují být neustále aktivní. WIFI a Bluetooth se používají tehdy, chceme-li ovládat osvětlení z mobilního telefonu.

2 Komunikace po vodičích

2.1 DALI

DALI (Digital Addressable Lighting Interface – digitálně adresovatelné světelné rozhraní) bylo vytvořeno v polovině devadesátých let. Je to otevřený protokol, ve kterém spolu mohou digitálně komunikovat jednotlivé zařízení podporující DALI přes sběrnici. DALI bylo vyvinuto mezinárodní elektrotechnickou komisí IEC a řídí se podle normy IEC 62386. Díky této normě je zaručena možnost komunikace zařízení různých výrobců. Norma specifikuje parametry pro přenos a definuje příkazy pro řízení prvky a jejich odpovědi. Systém na základě DALI protokolu se může uplatňovat jak ve velkých projektech jako např. osvětlení metra, tak v inteligentních domovních elektroinstalacích. Jelikož je protokol DALI určen pro řízení osvětlení, nelze ho používat jako hlavní systém řízení budov BMS (Building Managament System). Proto se používá v těchto inteligentních instalacích jako podsystém jiných systémů, které ovládají zbytek objektu. Těmito systémy mohou být KNX, LON, EIB atd.[1]

2.1.1 Výhody DALI

Výhody DALI jsou sepsány v těchto publikacích [2], [3], [4]

Pro uživatele - možnost naprogramovat skupiny

jednoduchost změny nastavení

snížení spotřeby elektrické energie

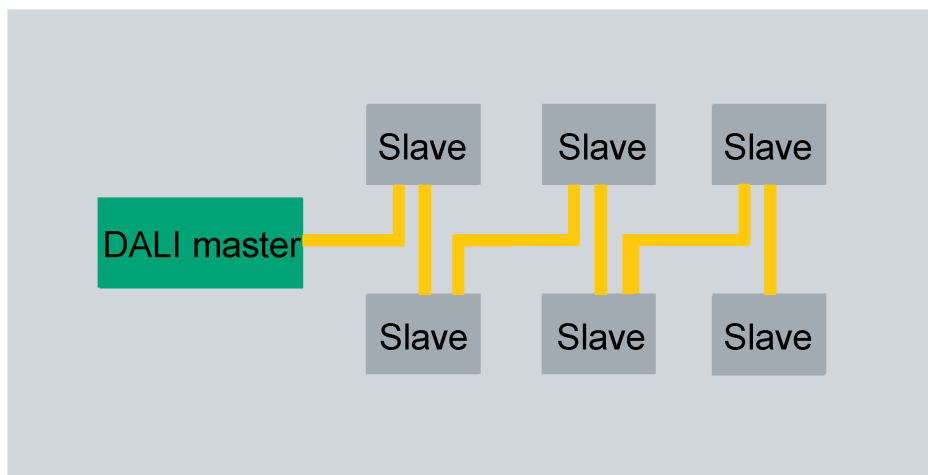
Pro instalaci a údržbu - jednoduchá instalace sběrnice systému – nezáleží na polaritě

hlášení o stavu – zpětná vazba (porucha...)

jednoduché opravy a řešení problémů

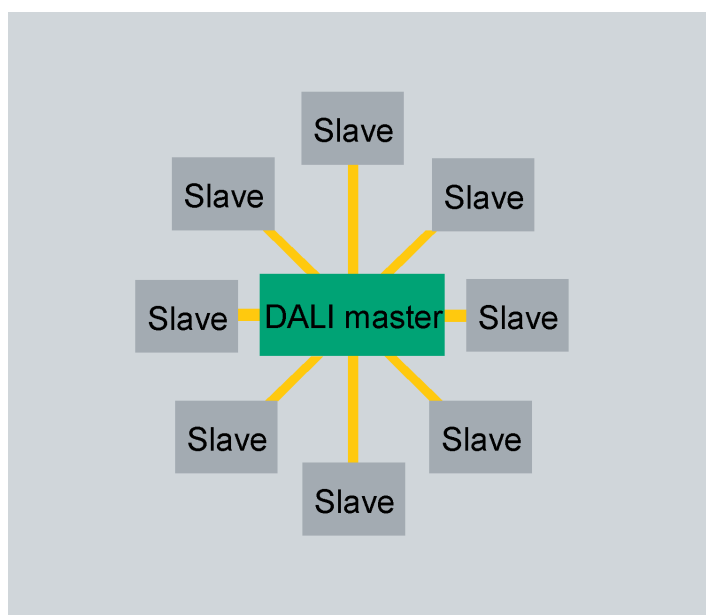
2.1.2 Topologie zapojení

Protokol DALI pracuje se zařízeními master a slave. Zařízení master slouží pro vydávání příkazů pro zařízení slave, které následně ovládá osvětlení. Slave bývá nejčastěji předřadník dohromady se zdrojem osvětlen. Master je také schopen komunikovat s dalšími master zařízeními. Tyto prvky se mohou zapojovat několika způsoby. Nejjednodušším způsobem je uložení kabelu do sériového zapojení. Dalšími způsoby zapojení jsou hvězdice, paralelní (větvené), či jakékoli jiné kombinace.



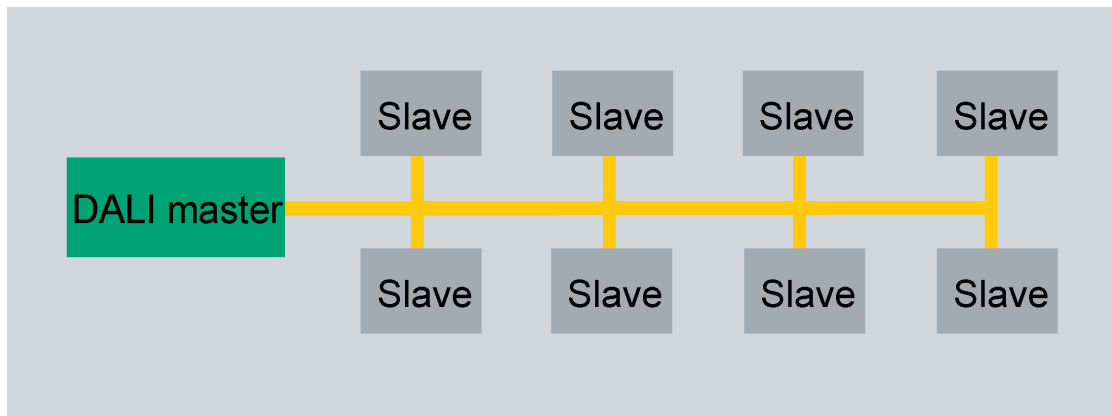
Obr. 2.1 Sériová topologie [5]

Sériové zapojení je ze všech možných zapojení nepohodlnější z toho důvodu, že všechny zařízení zapojujeme postupně za sebou.



Obr. 2.2 Hvězdicová topologie [5]

Výhodou zapojení do hvězdy je úspora kabelů.



Obr. 2.3 Paralelní topologie [5]

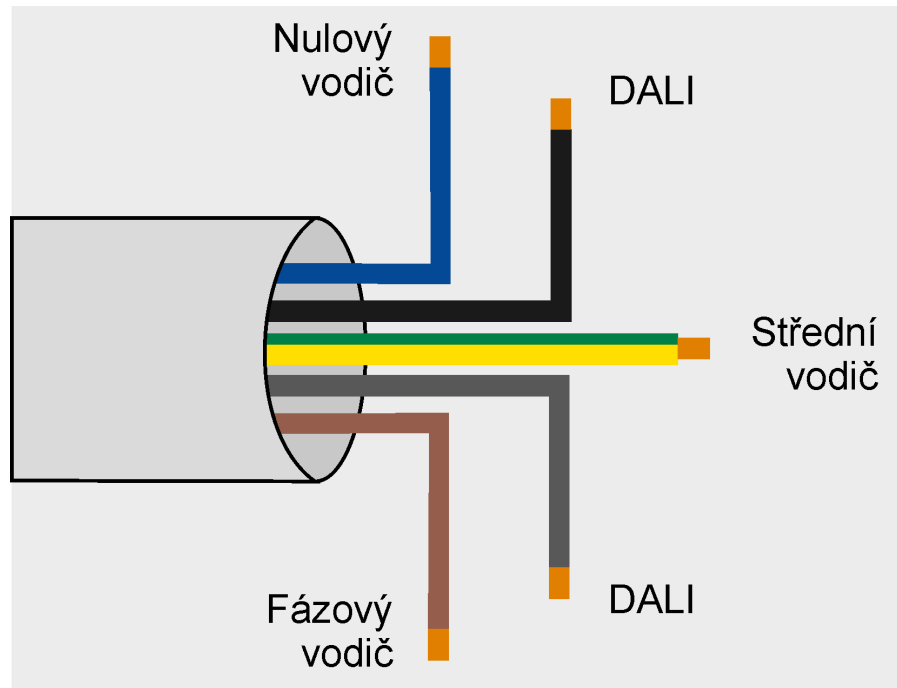
Tím, že plánování vypínačů, senzorů atd. nemusíme předem plánovat (z důvodu pozdějšího naprogramování), nezáleží z pohledu DALI systému na topologii. Z tohoto důvodu můžeme kombinovat výhody všech zmíněných možností zapojení. V žádném ze zmíněných typů topologie se na konec smyčky nezapojuje zakončovací odpor, protože na konci je vždy nějaký DALI prvek (svítidlo, čidlo atd.). V DALI instalacích je zakázáno kruhové zapojení.[2], [6], [7], [5]

K systému DALI je možné přiřadit 64 jednotlivých adresovatelných slave zařízení (každé zařízení vlastní svoji adresu). Je-li vydán individuální příkaz pro jeden slave, přijmou tento příkaz i všechny ostatní zařízení slave ale po vyhodnocení adresy tento příkaz ignorují. Tyto adresy mohou být přiřazeny až do 16 různých skupin. Kromě toho si můžeme uložit až 16 různých světelných scén. [5], [8]

Maximální délka kabelu nesmí překročit 300m u kabelu s průřezem $1,5\text{mm}^2$ a pokles napětí nesmí být větší než 2V. Při instalaci rozvodů je doporučeno používat 5 žilové kabely nesoucí označení NYM, kde 3 vodiče slouží jako silové (L, N, PE) a 2 jako datové (DALI). [3], [5], [8], [9], [10]

Tab. 2.1 Doporučené průřezy kabelů v závislosti na délce instalace

Délka kabelu	Minimální průřez kabelu
Do 100m	$0,5\text{mm}^2$
100 – 150m	$0,75\text{mm}^2$
150 – 300m	$1,5\text{mm}^2$

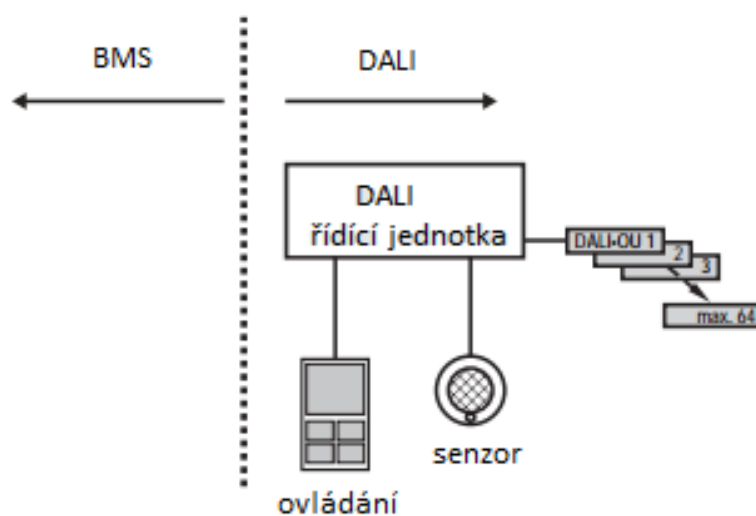


Obr. 2.4 Příklad 5 žilového kabelu NYM [10]

2.1.3 DALI a začlenění do BMS

DALI jako samostatný systém

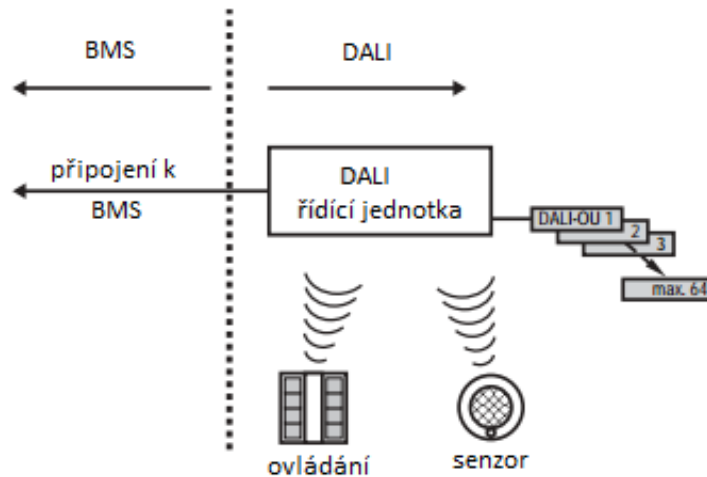
Toto je nejjednodušší volba zapojení. Většinou se skládá ze zjednodušené řídicí jednotky. Tento systém nijak nekomunikuje se zbylým systémem BMS, tudíž všechny funkce obstarává DALI řídicí jednotka. Tento systém je vhodný tehdy, pokud chceme ovládat jednu místnost nebo pokud v domácnosti nevyžadujeme správu celé budovy ale pouze osvětlení.



Obr. 2.5 DALI samostatný systém [1]

DALI jako samostatný podsystém

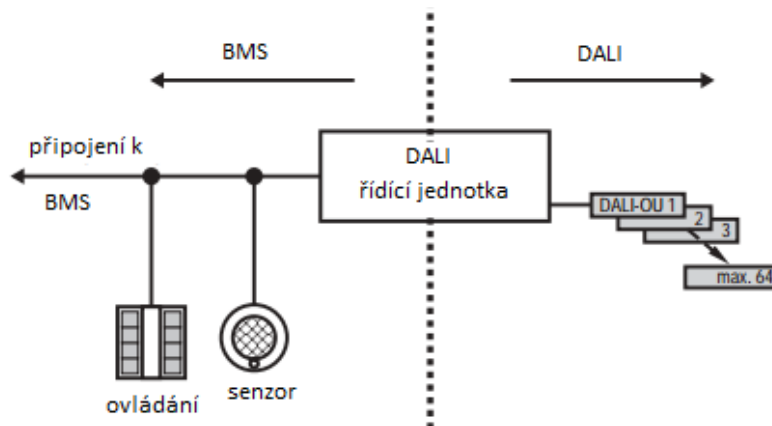
Tento systém funguje obdobně jako samostatný systém, ale je připojen k BMS. S BMS si ovšem vyměňují jen ty nejdůležitější informace jako je např. porucha. Systém řízení budov nijak zvlášť nezasahuje do provozu DALI systému. Ovládání, senzory aj. mohou být zapojeny i bezdrátově



Obr. 2.6 DALI samostatný podsystém [1]

DALI jako podsystém

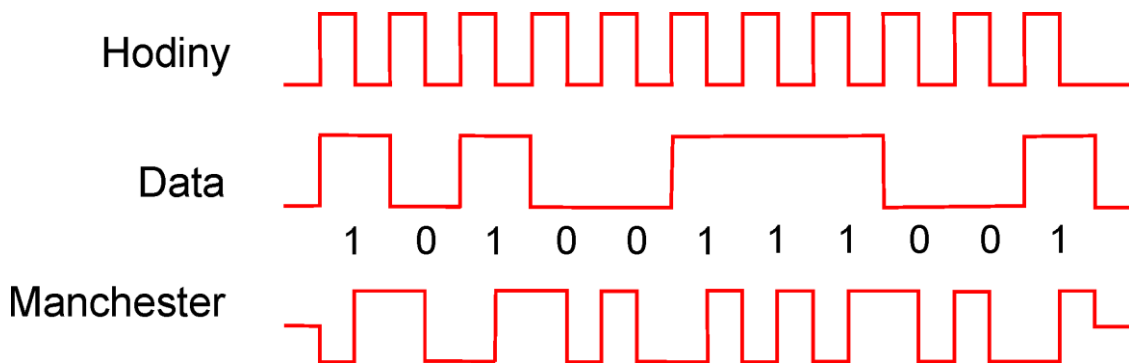
Všechny zařízení instalované v objektu používají stejný přenos dat. Proto zde řídicí jednotka DALI slouží jako překladatel tzv. brána (gateway). Ta překládá informace jak z BMS do DALI tak i naopak a tím zajišťuje vzájemnou komunikaci. Řídící příkazy zde nevydává řídicí jednotka DALI ale nadřazený systém BMS. Z obrázku 2.x můžeme vidět, že ovládací a kontrolní jednotky jsou zapojeny do nadřazeného systému zatímco předřadníky jsou zapojené na stranu DALI. [1], [3]



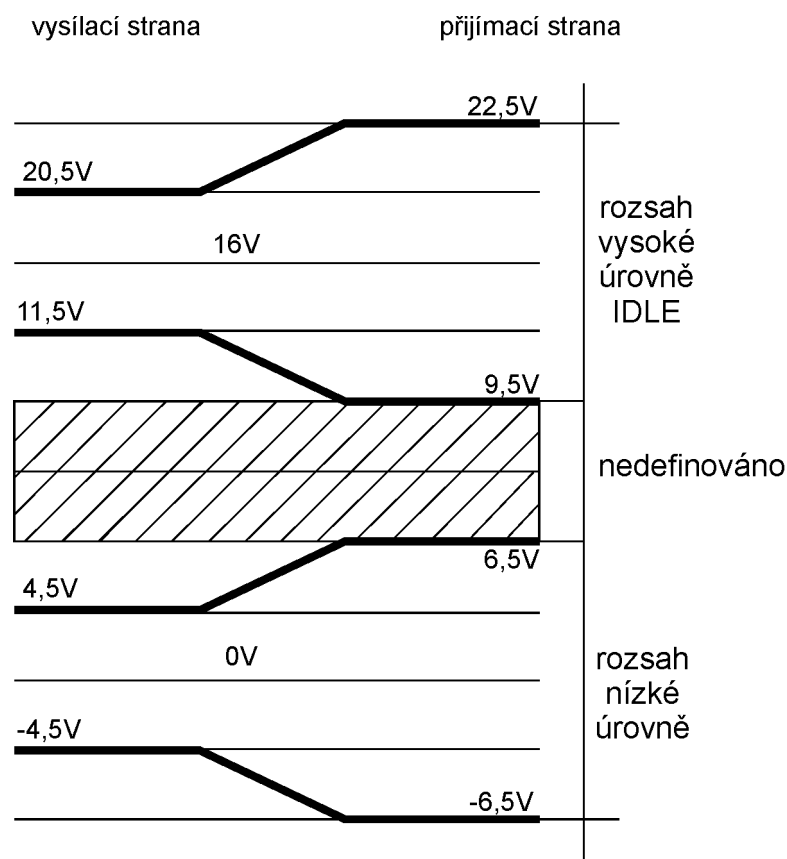
Obr. 2.7 DALI podsystém [1]

2.1.4 DALI komunikace

DALI používá pro komunikaci kódování Manchester, díky kterému nezáleží na polaritě signálu. Logická 1 je vyjádřena jako přechod z nízké úrovně do vysoké a logická 0 tedy naopak. Nízká úroveň je definována napětím 0V (-6,5V až 6,5V pro přijímací stranu). Vysoká úroveň a klidový stav (někdy značen jako IDLE) je definován napětím 16V (9,5V až 22,5V pro přijímací stranu). [1], [3], [11], [12]

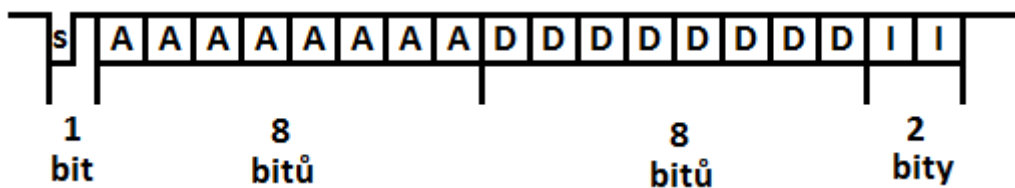


Obr. 2.8 Příklad kódování Manchester [12]

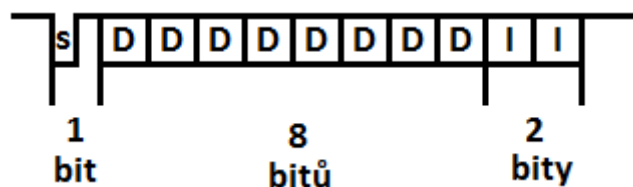


Obr. 2.9 napěťové úrovně [3]

Komunikace v DALI síti probíhá pomocí vyměňování rámců. Komunikace podléhá standardům a záleží na druhu komunikace. Jinak vypadají rámce při komunikaci mezi dvěma zařízeními master, jinak při komunikaci master → slave a jinak vypadá rámec slave → master. Vysílá-li zprávu master říká se jim forward. Takovéto rámce obsahují 1 start bit, 8 adresových bitů (1 byte), 8 datových bitů a 2 stop bity. Je-li to komunikace master-master, obsahuje rámec ještě jeden datový byte. Odpovídá-li slave, je tento rámec nazýván backward. Ten se skládá z 1 start bitu, 8 datových bitů a 2 stop bitů. Tvar forward a backward rámců je zobrazen na obrázcích 2.10 a 2.11. [3], [8], [11]



Obr. 2.10 Forward rámec master → slave [11]



Obr. 2.11 Backward rámec slave → master [11]

s – start bit, A – adresovací bit, D – datový bit, I – stop bit (IDLE- klidový stav)

Adresovat je možno všechny jednotky, skupiny nebo pouze jednotlivé prvky. Příkladem datových zpráv mohou být příkazy zapnout, vypnout, krok nahoru, nastavit úroveň 50% atd.[13]

2.2 Powerline

Powerline komunikace (zkráceně PLC) je technologie, která zajišťuje přenos dat, po již vzniklých silových rozvodech. Tato technologie má výhody v tom, že nemusíme budovat novou síť pro přenos dat, ale můžeme použít síť pro rozvod elektrické energie. Tuto technologii můžeme tedy využívat i na místech, kde z jakýchkoli důvodů není možné vytvořit novou datovou síť. Z toho vyplývá i druhá výhoda a to finanční úspora.[14]

Tato technologie není novinkou. Technologie PLC je známá od začátku 20. Století kdy se používala pro hromadné dálkové ovládání. V dnešní době se PLC používá pro ovládání veřejného osvětlení, ovládání inteligentních domů, dálkové odečítání hodnot měřáků atd.[14]

Principem PLC technologie je namodulování datového signálu na signál síťového napětí. Frekvence datového signálu přitom musí být mnohem větší než frekvence síťového napětí (50Hz). Naopak amplituda datového signálu je mnohem menší než je amplituda napětí v elektrické síti (230V). [15], [16], [17], [18], [19]

PLC se dělí na úzkopásmový a širokopásmový přenos zpráv, přičemž pro ovládání inteligentních instalací se používá právě úzkopásmový přenos. Pro tento přenos je vyčleněno pásmo od 3 kHz do 148,5 kHz .[14]

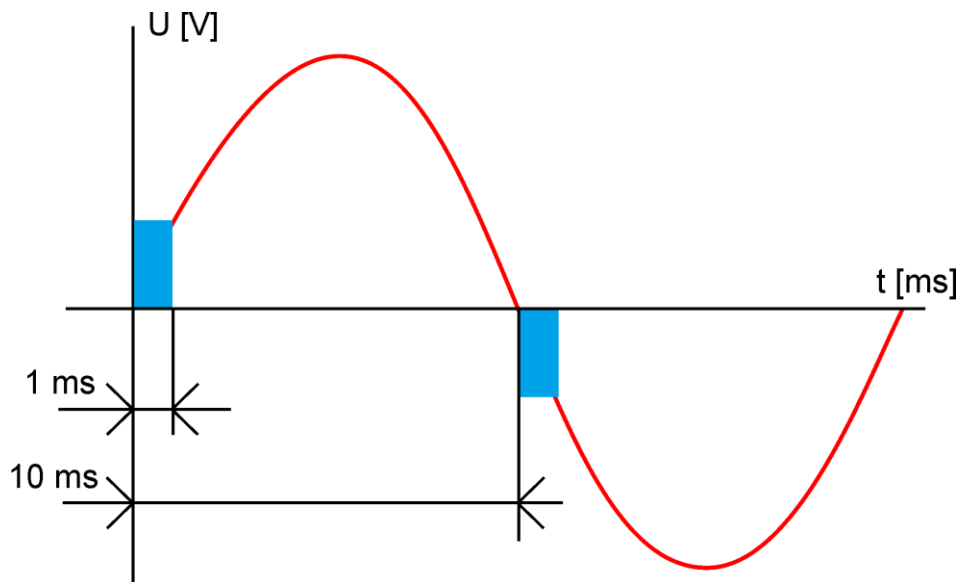
Tab. 2.2 Rozdělení pásem podle CENELEC normy

Pásmo	Frekvenční rozsah [kHz]	Maximální přenášené napětí [V]	Uživatel
A	9 - 95	10	dodavatel
B	95 - 125	1,2	odběratel
C	125 - 140	1,2	odběratel

Každý přijímač v inteligentním systému má svojí vlastní adresu a tak může být řízen individuálně. Signály jsou z vysílače vedeny přes elektroinstalaci a dekódovány v přijímači. Aby nedocházelo k tomu, že se signál dostane do okolních domů (bytů) a tam bude ovládat místní zařízení, má každé zařízení i “domácí adresu“, která označuje vlastníka. Velmi známou technologií je X10 která je používána od sedmdesátých let. [20]

2.2.1 Protokol X10

Protokol X10 se využívá v domácnostech pro komunikaci mezi elektrickými zařízeními. Jde o relativně levný systém, který si je uživatel schopen sám vytvořit. Systém se skládá z vysílačů a z přijímacích modulů (u nich je potřeba nastavit domácí adresu a číslo přijímače). Data jsou posílána po elektrických rozvodech. Data jsou kódována pomocí 120kHz frekvence a musí být vyslány maximálně do 200 ms po průchodů amplitudy nosné frekvence nulou (pro minimalizaci rušení). Logická jednička je prezentována 1 ms dlouhou dávkou a naopak logická nula je prezentována absencí dávky. [21], [22]



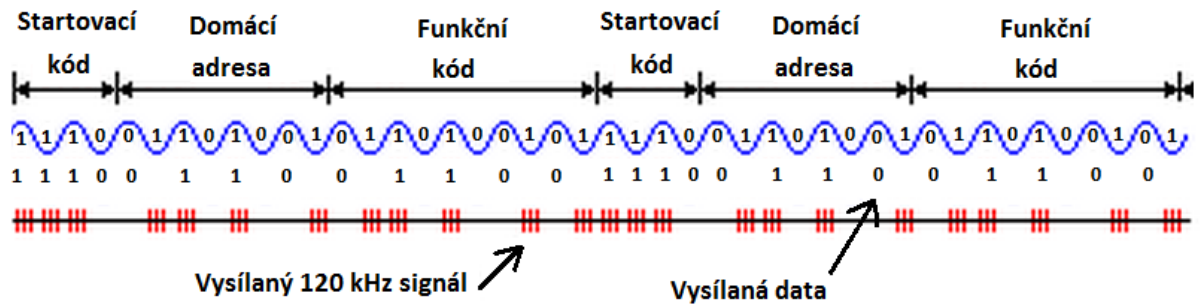
Obr. 2.12 Ukázka odesílání dávky
(modrý obdélník zobrazuje čas, kdy se přenáší 120kHz signál)

Celá zpráva se skládá ze 3 částí – startovací kód, - domácí adresa, - kód funkce. Startovací kód je vždy 1110. Domácí adresa se udává písmenem A až P (číselné kódy písmen jsou uvedeny v tabulce 2.3). Funkční kód se může dělit na číselný kód (1-16) nebo na příkazový kód. Mezi těmito kódy se vybírá posledním bitem. 0 je pro číselný kód a 1 pro příkazový kód. Tyto 3 části celkově označujeme jako rámec X10. Každý rámec se posílá 2 krát, aby byla jistota že přijímač rámec přijal správně. [21], [22], [23], [24]

Tab. 2.1 Kódy domácí adresy

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Domácí kód	H1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	H2	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
	H3	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
	H4	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0

Při odesílání dat se v první polovině periody přeneše pravá hodnota bitu rámce, a v druhé polovině se přeneše opačná hodnota. Je-li tedy hodnota bitu v rámci 1, pošle se v první polovině periody hodnota 1 a v druhé polovině nulová hodnota. Výjimkou je startovací kód, který pošle hodnoty 1110 ihned po sobě. To je možné vidět na obrázku 2.13. [21], [22]



Obr. 2.13 Příklad odesílání rámců [22]

V roce 1997 přišlo zlepšení původního X10 hardwaru. To se nazývá Advanced X10 nebo-li A10. Toto vylepšení se přivedlo na trh pod jménem Xanura. [21]

2.3 Vlastní Poweline Řešení

Pro vlastní řešení jsem si zvolil právě technologii X10. Vytvoření sítě je s touto technologií velmi jednoduché. Jednotlivá zařízení jsou navržena tak, aby je vlastník pouze zapojil do elektrické sítě. Následné ovládání zařízení je pak také jednoduché.

Jak již bylo řečeno, zařízení se dělí na ovladače a na přijímací moduly. Moduly se zapojí do klasické zásuvky a do nich se pak zapojí zařízení, které chceme ovládat. Ovladače jsou také zapojeny do zásuvky, ale vysílají příkazy pro moduly.[25]

Dálkový ovladač

Technologií X10 disponuje celá řada ovladačů, kterými můžeme ovládat nejen zařízení X10, ale některými ovladači můžeme ovládat i jiná zařízení jako např. televizi, klimatizaci atd. Dálkové ovladače slouží nejen k ovládání zařízení ale také k jejich nastavování (např. nastavení adresy). Dálkové ovladače provádí přenos příkazů přes rádiové vlny. Aby se dálkové ovladače daly použít, musíme mít modul, který dokáže signál přijmout a přeposlat. Takovým zařízením je Transceiver modul.[25]

Transceiver modul

Tyto moduly přijímají signály od dálkových ovladačů. Mohou přímo ovládat zařízení v nich zapojené nebo přes elektrické vedení přeposílat signál do modulů, které chceme ovládat. Číslo tohoto modulu je pevně přednastaveno na 1.[25], [26]

Stmívací modul

Tyto moduly přijímají pouze signály přicházející po elektrickém vedení. Jsou určeny pro ovládání žárovkového nebo halogenového osvětlení do výkonu 300W. Tyto moduly umí nejen vypnout a zapnout osvětlení, ale také stmívání. Ovládat osvětlení samozřejmě lze i stávajícími vypínači, ovšem pokud chceme osvětlení ovládat dálkově, musí být stávající vypínač v poloze zapnuto. Adresy těchto modulů jsou nastavovány dvěma číselníky. Jedním se nastavuje domovní adresa a druhým číslo modulu. Na stejném principu funguje spínací modul, který ale neumí funkci stmívání.[25], [27], [28]

Objímkový modul

Tento modul je určen pro žárovky s objímkou typu E27. Pro zprovoznění tohoto modulu nejprve zašroubujeme žárovku do modulu. Po té se modul našroubuje do původní objímky. Jelikož tento modul nemá číselníky pro nastavení adresy, musí se adresa nastavit jinak. Po zašroubování modulu do objímky musíme na dálkovém ovladači do 30s 3x zmáčknout tlačítko ON číslice, která bude reprezentovat číslo modulu. Po třetím zmáčknutí se žárovka rozsvítí, čímž signalizuje, že číslo bylo přiděleno.[29], [30]

Ovládací klíčenka

Pro ovládání můžeme použít i menší ovladače jako jsou klíčenky. Pomocí klíčenek můžeme ovládat zapínání, vypínání a stmívání až pro 4 různá zařízení.[31], [32]

3 Bezdrátová komunikace

3.1 Bluetooth

S touto technologií se již řada z nás setkala. Využívali jsme ji zejména pro bezdrátový přenos souborů mezi telefony, bezdrátový headset či připojení k internetu. Dnes při existenci chytrých telefonů se uplatnění Bluetooth dále rozšiřuje. Zde se budu zabývat použitím Bluetooth pro ovládání osvětlení.

3.1.1 Chytré žárovky

Výrobci na trh přicházejí s LED žárovkami, které je možno ovládat právě přes Bluetooth. Právě využití LED umožňuje ovládat nejen zapnutí a vypnutí, ale také intenzitu osvětlení, barvu nebo barevnou teplotu světla. Další předností LED je vysoká životnost, pohybující se kolem 15 000 hodin (to odpovídá deseti letům běžného svícení). [33]

Instalace takové žárovky je velmi jednoduchá. Stačí žárovku pouze zašroubovat do objímky. Tyto žárovky jdou samozřejmě také ovládat klasickými vypínači.[34], [35]

Tyto žárovky disponují mnohými užitečnými funkcemi či vychytávkami. Žárovky jdou ovládat samostatně, všechny najednou nebo jdou rozdělit do skupin a ovládat po skupinách. Lze nastavit dobu zapnutí a vypnutí, což se dá využít při odjezdu na dovolenou, kdy se žárovky zapínají a vypínají samostatně, čímž simulují běžný provoz domácnosti. Mezi vychytávky bych zařadil možnost měnit barvu a intenzitu světla podle puštěné hudby, pouštět hudbu nebo dokonce vydávat vůně. [33], [34], [36], [37]

Každý výrobce umožňuje stažení vlastní aplikace pro ovládání.

3.1.2 Bluetooth relé

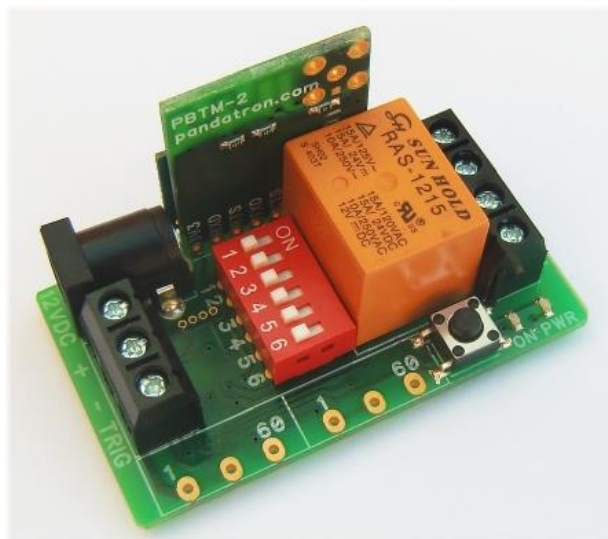
Pokud bychom nechtěli používat chytré žárovky, museli bychom sáhnout po Bluetooth ovládaným relé. Tyto relé se na trhu moc nevyskytují, a tak bychom si ho museli vytvořit. Nejjednodušším řešením je Bluetooth relé řady BTREL.

3.1.2.1 BTREL

Tento modul obsahuje programovatelné výkonové relé s jedním výstupem o výstupním proudu až 10 A a Bluetooth modul s integrovanou anténou. Modul má šest přepínačů DIP, které slouží pro nastavení funkcí. Prvními třemi vypínači ovládáme nastavení jedné z osmi adres. Čtvrtým přepínačem volíme, zda po výpadku napájení bude relé rozpojeno nebo ve stavu v jakém bylo před výpadkem. Posledními dvěma přepínači ovládáme funkci tlačítka START. Modul obsahuje 2 LED diody. První signalizuje připojené napájení a druhá stav relé. [38]

Pro ovládání z mobilního telefonu se nejlépe hodí aplikace Arduino Bluetooth Control, jež je zdarma ke stažení z Google Play. Aplikace umožňuje ovládání až osmi zařízení. Kromě zapínání a vypínání můžeme nastavit i časové spínání. [38][39]

Připojení je velmi jednoduché. Při přivedení napájení je modul viditelný pro jiné zařízení s Bluetooth jako BTREL1. Podle nastavení spínačů se jednotlivé moduly zobrazují v aplikaci (pokud všechny přepínače budou v poloze OFF, zobrazí se jako Device 1 atd.). [39]



Obr. 3.1 Modul BTREL, převzato z www.pandatron.cz

Tab. 3.1 Funkce přepínačů

1, 2, 3	adresa relé	000, 001, ..., 111	
4	stav po zapnutí	0 - vždy rozpojeno	
		1 - dle předchozího stavu	
5	Tlačítko START	00 - ovládání ON - OFF	01 - pouze zapínání
6	Tlačítko START	10 - pouze vypínání	11 - ignorování

3.2 ZigBee

Tato bezdrátová technologie vznikla v roce 2004 za účelem vytvoření nového bezdrátového standardu, který měl vyplnit mezeru mezi Bluetooth a WIFI. Jde o technologii využívanou tam, kde Bluetooth a WIFI nejsou v hodné. Na vývoji tohoto standardu od roku 2002 spolupracovalo a stále spolupracuje mnoho velkých společností ve sdružení ZigBee Alliance. Mezi nejznámější společnosti bych zařadil Philips, Bosch, Cisco Systems, Huawei, LG, Samsung a mnoho dalších. Nejen díky zastoupení těchto společností je patrné, že tato technologie je perspektivní a do budoucna se ještě hojně rozšíří.[40], [41], [42], [43]

Jde o bezdrátovou síť s pracující ve frekvenčních pásmech 868MHz (pro Evropu), 915MHz (pro Ameriku a Austrálii) a 2,4GHz (ostatní). ZigBee je oproti Bluetooth a WIFI sice velice pomalá komunikace (20, 40, 250kbit/s), ale má velmi nízkou energetickou náročnost, je cenově výhodnější, je jednoduchá na instalaci a má velmi dobrý komunikační dosah.[40], [44], [45]

Tab. 32.2 Porovnání bezdrátových technologií

Název technologie	Wi-Fi	Bluetooth	ZigBee
životnost baterie (dny)	0,5-5	1.7	100-1000
počet zařízení	32	7	65000
přenosová rychlost (kbit/s)	11000	720	20-250
komunikační dosah (m)	1-100	1.10	1-100

Nízká energetická náročnost má 2 hlavní důvody. Prvním důvodem je nízká přenosová rychlost. Ta totiž ovlivňuje množství energie potřebné k přenosu. Druhým důvodem je to, že pokud vysílač nevysílá, uvede se do režimu spánku. Díky energetické nenáročnosti je tato technologie využívána v zařízeních napájených bateriemi. Z uvedených vlastností plynou možnosti využití ZigBee. Využívá se tam, kde se nepředpokládá přenos velkého objemu dat, v aplikacích kde se klade důraz na jednoduchost provedení a nízkou pořizovací cenu. Využití tedy nalezne v průmyslu, pro bezdrátové řízení budov, ovládání přístrojů v domácnosti (osvětlení, klimatizace, spotřebiče, bezpečnostní detektory,...), monitorování tělesných funkcí a mnoho dalších.[42], [44], [45], [46], [41]

V těchto aplikacích je tedy výhodnější použít ZigBee oproti Bluetooth a WIFI z toho důvodu, že nepotřebujeme přenášet mnoho dat, vysílače mohou být napájeny bateriově a je cenově dostupnější.

3.2.1 ZigBee light link

ZigBee Alliance se zabývá vícero aplikačními standardy (segmenty). Těmito standardy jsou například ZigBee Home Automation, ZigBee Health Care, ZigBee Smart Energy a další. Pro nás je ale důležitý ZigBee Light Link.[47], [48]

ZigBee Light Link je vyvíjen předními výrobci osvětlení. Tento standard se vyvíjí za účelem vzájemného poskytování služeb a efektivní spolupráce mezi zařízeními různých výrobců a pro zjednodušení používání spotřebitelského osvětlení. Dále se kladl důraz na zajištění snadné instalace i pro širokou veřejnost bez technických znalostí. I přidávání nebo odebrání zařízení v síti je rychlé a jednoduché. Produkty používající tuto normu umožňují spotřebitelům dálkově měnit osvětlení podle jejich představ.[49], [50]

Pro dosažení kompatibility, používají ZigBee standardy koncepci klastrů. Klastry definují standardní rozhraní pro funkce jako je řízení úrovně, ON/OFF atd. ZigBee vytvořilo knihovnu klastrů (ZCL – ZigBee Cluster Library), což je jakási sada příkazů, organizovaných do podskupin jako např. Light Link, Smart Energy atd. ZCL poskytuje informace o všech ZigBee standardech. Každý ZigBee standard specifikuje příkazy pro oblast, ve které působí. Standard Light Link například definuje příkazy pro přístup k zařízení jako např. zapnutí/vypnutí senzoru, ztlumení světla, barvu světla a další. Každé zařízení obsahuje seznam povinných a volitelných klastrů. Proto se často vyskytují případy, kdy jsou v různých standardech používány stejné klastry, což umožňuje zařízením být kompatibilní napříč standardy. Pokud je ZLL ve stejné síti jako ZigBee Home Automation (ZHA) mohou spolu spolupracovat. Díky této spolupráci jsme schopni ovládat ZLL zařízení pomocí ZLL ovladače nebo ZHA zařízení. To je možné díky klastrům, které mají společné všechny standardy.[50], [51]

ZLL obsahuje dvě hlavní skupiny zařízení – ty které vysílají ovládací příkazy (senzor, dálkový ovladač, mobilní telefon, ...) a ty které přijímají a provádění příkazy (lampy, žárovky, ...).[50], [52]

3.2.2 Topologie

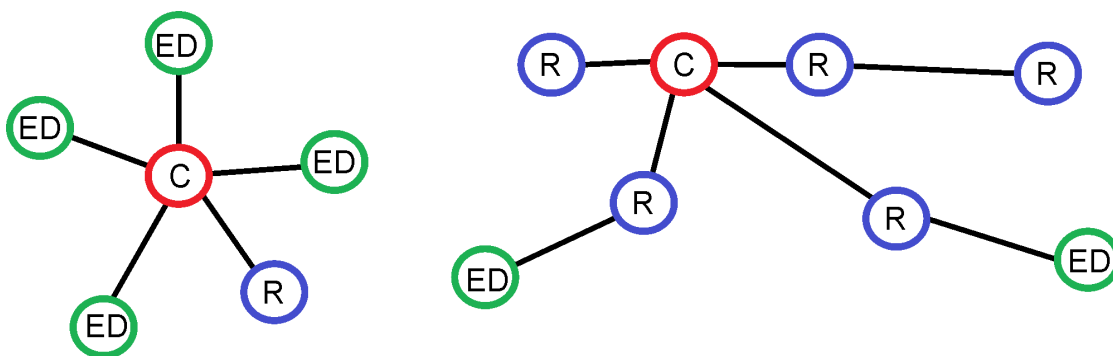
ZigBee zařízení mohou pracovat ve 3 režimech.

ZigBee koordinátor (ZC) – Pro vznik sítě musí být vytvořen koordinátor. Ten se stará o řízení sítě a o komunikaci mezi zařízeními ZR a ZED. Každá síť může mít maximálně jednoho koordinátora. Specifikací pro ZLL je práce bez koordinátora. Místo něj se pro tvorbu sítě obvykle používá dálkové ovládání.

ZigBee router (ZR) – úkolem routeru je předávání zpráv, čímž zajišťuje komunikaci sítě. Zároveň však může zastávat funkci koncového zařízení.

ZigBee koncové zařízení (ZED) – jeho úkolem je vysílání zpráv pouze nadřazeným zařízením (ZC, ZR). Pokud nevysílají, mohou přejít do režimu spánku, a tím šetřit energii. Z tohoto důvodu bývají tyto zařízení napájeny bateriově.[45], [42], [51], [52], [53]

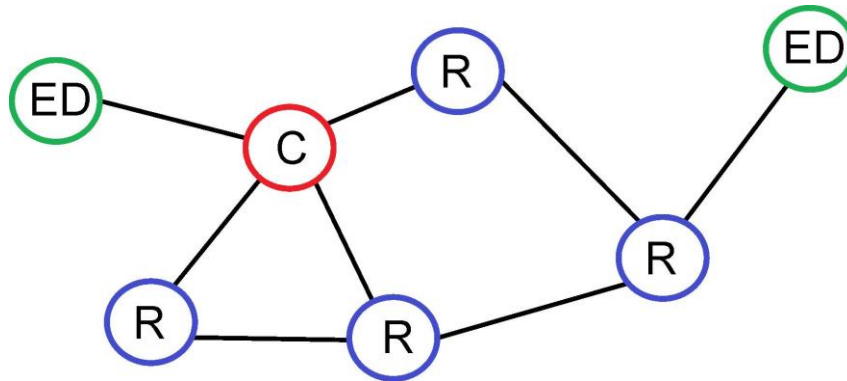
Pro ZigBee sítě můžeme vybírat ze tří topologií. Těmi mohou být hvězda (Star), strom (Tree) nebo síť (Mesh). Topologie hvězda je nejjednodušší. Zde se nevyplatí používat ZR, jelikož všechna zařízení pracují jako koncová a není třeba dalšího přeposílání zpráv. Topologie strom se skládá z jednoho hlavního uzlu ZC a řady routerů a koncových zařízení. V tomto zapojení nemusí být koordinátor spojen se všemi zařízeními, jelikož spojení zajistí routery. Z toho vyplývá, že některé ZR a ZED zařízení ani nemusí být v dosahu koordinátora. Komunikace zde zajišťují routery mezi koordinátorem a dalším zařízením.[44], [54], [45], [53]



Obr. 3.2 Topologie hvězda a strom [45]

Nejpoužívanější topologií je Mesh. Tato topologie vytváří mezi routery a koordinátorem více komunikačních cest. Pokud selže jedna z cest, ZigBee automaticky najde jinou nejlepší cestu. Tím je docíleno větší spolehlivosti sítě. U ZigBee Light Link systému se pro

maximalizaci flexibility používají převážně zařízení typu router. Mohou se samozřejmě použít i koncová zařízení, ale ty nemohou vykonávat Mesh směrování.[53], [54], [52], [46]



Obr. 3.3 Topologie Mesh [45]

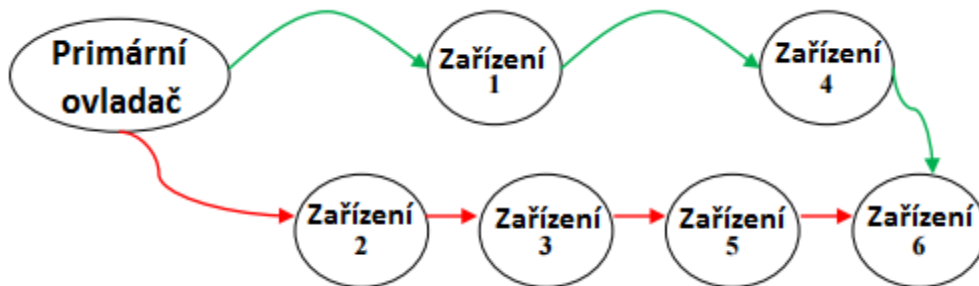
3.3 Z-Wave

Z-Wave je bezdrátový komunikační protokol vyvinut speciálně za účelem domácí automatizace. Tento protokol vyvíjela Z-Wave Alliance. Tato aliance byla založena v roce 2005 předními výrobci domovního ovládání, kteří nebyli spokojeni s technologickým rozšířením, které omezovalo další vývoj domovního ovládání.[55], [56], [57]

Technologie je zaměřena na spolehlivou komunikaci malých datových rámců s přenosovou rychlostí až 100kbit/s. Z-Wave pracuje ve frekvenčním pásmu kolem 900MHz. Tuto technologii nijak neruší WIFI ani Bluetooth, které pracují na frekvenci 2.4GHz. zařízení jsou navržena tak, aby se snadno vložila do spotřebitelských výrobků, včetně bateriově ovládaných zařízení. Technologie používá FSK modulaci. Dosahuje rychlosti až 100kbit/s, což je pro požadované využívání zcela dostačující. Z-Wave síť může obsahovat až 232 komunikačních uzlů, které se dělí do dvou skupin: ovladače a ovládaná zařízení. Průměrný dosah uzlu na volném prostranství je kolem 30 metrů. Ve vnitřních prostorech záleží na použitém materiálu.[55], [57], [58]

Z-Wave používá topologii Mesh. V topologii je zapotřebí primární ovladač, který může být podpořen sekundárními ovladači. Všechna ovládaná zařízení umožňují přeposílání zpráv. Těmito parametry se zajišťuje zvětšení rozsahu působení sítě a při výpadku zařízení v cestě komunikace se stále může dostat zpráva do svého cíle. Z toho důvodu, prvky přeposílající zprávy nemohou přejít do režimu spánku. To je také důvodem proč bateriově napájené prvky nepřeposílají zprávy. Zpráva se může dostat do svého cíle až 4 přeposíláními. Pro adresaci zařízení má každá síť a zařízení svoje ID číslo. Síťové ID číslo je dlouhé 4 byty a je pro

všechny prvky v síti stejné. Prvky s jiným síťovým ID číslem spolu komunikovat nemohou. ID číslo zařízení je 1 bytová adresa zařízení v síti. Toto číslo může mít pouze jeden prvek v dané síti.[55], [57]



Obr. 3.4 Příklad hledání cest v topologii Mesh [57]

3.4 Vlastní bezdrátové řešení

Pro vlastní řešení jsem si vybral systém Fibaro, který je založen na technologii Z-Wave. Důvodů pro výběr tohoto řešení je několik. Informace o tomto systému jsou volně dostupné na internetových stránkách, systém je velmi jednoduchý pro instalaci a velmi snadno se s ním pracuje. Systém Fibaro lze ovládat z počítače, z mobilních zařízení či tabletů pomocí vlastní aplikace nebo ovládací klíčenkou.

Řídící jednotka

Základem každé sítě musí být řídicí jednotka. Fibaro nabízí 2 verze. Fibaro Home Center 2 (HC2) nebo Home Center Lite (HCL). Naším účelům bude zcela postačovat menší a levnější verze HCL. Pro zprovoznění je zapotřebí připojit anténu, ethernetový kabel pro připojení do lokální sítě LAN a napájecí kabel. Do počítače se stáhne aplikace Fibaro Finder, v které se dále nastavují přidávaná zařízení. Pro zjednodušení se nejdříve vytvoří sekce (přízemí, 1. patro,...) a do nich se přidávají jednotlivé pokoje. Každý pokoj může mít svoji vlastní ikonu, která ho bude charakterizovat. Po vytvoření pokojů se můžou začít přidávat jednotlivá zařízení. Pro přidání se klikne na tlačítko přidat a po té se začne odpočítávat 30s během kterých musíme zařízení přidat. Podmínkou je to, že přidávaná zařízení musí být v dosahu řídicí jednotky.[59], [60], [61]



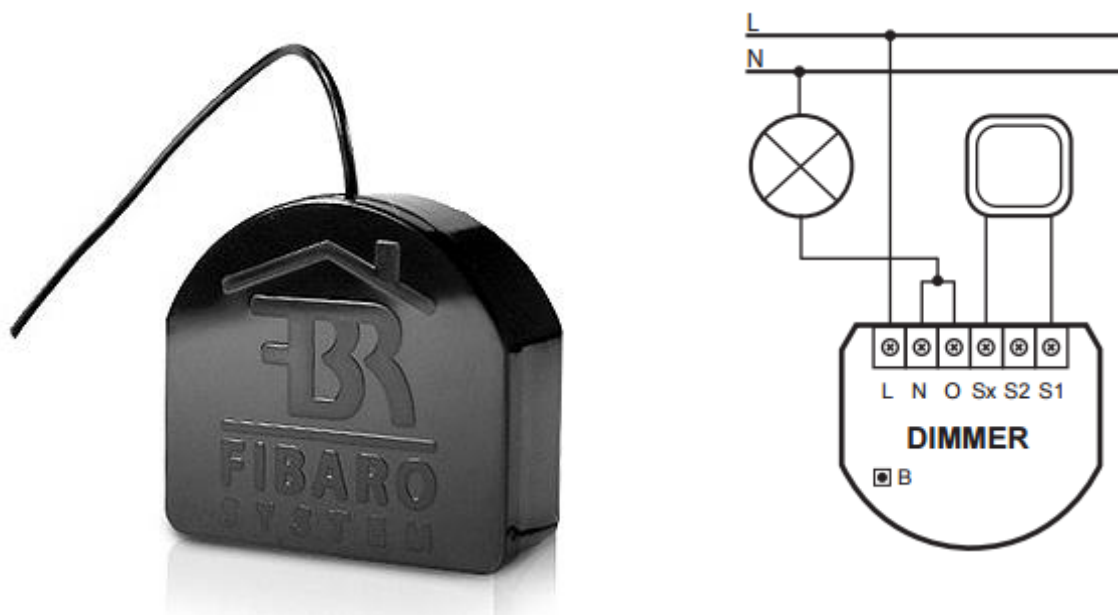
Obr. 3.5 Aplikace Fibaro Finder, převzato z www.rus.z-wave.me

Stmívač

Stmívač lze používat v obvodech, kde kromě stmívání může fungovat i jako vypínač osvětlení. Pro stmívání lze použít u zařízení jako jsou klasické žárovky, halogenové žárovky a stmívatelné LED žárovky. Jako vypínač lze použít i pro zářivky. Moduly se instalují do již existujících instalačních krabic nebo pod vypínače. Lze je ovládat nejen dálkově ale i připojenými spínači. Po připojení k elektroinstalaci je nutno je připojit k Z-Wave síti. To provedeme třemi rychlými stisknutími tlačítka “B”. Během připojování musí být řídicí jednotka v režimu přidávání zařízení. Po ukončení přidávání řídicí jednotka zobrazí potvrzení o přidání. Další nastavení a konfigurace jako je ovládání více modulů jedním vypínačem nebo funkce vypnutí a zapnutí všeho se provádějí přes aplikaci Fibaro Finder.[62], [63]

Spínací modul

Reléové spínací moduly nabízí Fibaro 2 druhy: 1x3kW a 2x1,5kW. Těmito moduly můžeme ovládat nejen osvětlení, ale i jiná zařízení, která stačí pouze připojit k napětí (motory, čerpadla...). Připojení k Z-Wave síti a následné nastavení se provádí stejně jako u stmívače.[64], [65]



Obr. 3.6 Modul Fibaro a zapojení snímače, převzato z www.fibaro.com

Bezdrátová zásuvka

Podobně jako spínací modul lze využít bezdrátově ovládanou zásuvku. Zásuvka může spínat zařízení o výkonu až 2500W. Zajímavostí této zásuvky je průhledný lem na přední straně, který mění barvu podle spotřeby energie. Bezdrátová zásuvka se do sítě Z-Wave přidá pouhým vložením do zásuvky. Tuto zásuvku je možno ovládat jak bezdrátově, tak pomocí tlačítka umístěného na horní straně.[66], [67]

Ovládání mobilním telefonem

System Fibaro má stejnojmennou aplikaci pro mobilní telefony s operačním systémem android a iOS. Aplikace pro Windows Phone se teprve chystá. Díky této aplikaci můžeme ovládat zařízení Fibaro nejen z domova ale i mimo domov. Můžeme tedy i po odchodu z domova zkontrolovat zda jsme všechna světla vypli. Aplikace nás zároveň informuje o důležitých událostech, které se v domě dějí. V aplikaci vidíme jednotlivé místnosti, jak jsme si je nastavili v aplikaci Fibaro Finder. V nich pak vidíme všechna zařízení, která můžeme ovládat. Ať už se jedná o vypínání zásuvek, relé nebo stmívání světel.[68], [69]



Obr. 3.7 Aplikace Fibaro, převzato z www.fibaro.com

Systém Fibaro umožňuje mnohem víc, než jen ovládání osvětlení. Fibaro je systém pro celkovou automatizaci budov. Kromě komfortu se zaměřuje především na bezpečnost. Mezi výrobky zajišťující bezpečnost bych zařadil detektory kouře, detektory úniku vody, pohybová čidla a mnoho dalších. Systém může automaticky zavlažovat trávník v závislosti na vlhkosti půdy, otvírat okna, stahovat rolety a další užitečné funkce, které zpříjemní Váš život.[70]

Závěr

Práce pojednává o nejvýznamnějších drátových i bezdrátových technologiích, které se používají pro ovládání osvětlení. Z drátových technologií se práce zabývala technologiemi DALI a Powerline. Obě tyto technologie přinášejí svá pro a proti. Technologie Powerline má v dnešní době tu výhodu, že spousta domů již má svůj rozvod elektrické energie a pokud by se majitel rozhodl pro inteligentní elektroinstalaci je pro něj vhodnější použít zařízení, které se pouze zapojí do zásuvky než sekat do zdí kvůli předělávání elektroinstalace. Naopak pokud majitel teprve staví novou stavbu a rozhodne se pro inteligentní instalaci je pro něj lepší technologie DALI. Instalaci za něj provede odborná firma a nebude mít v zásuvkách zbytečné, pro někoho i nevhodné moduly jako u Powerline.

Z bezdrátových technologií se podle mého názoru Bluetooth pro ovládání osvětlení hodí nejméně. Není to z důvody, že by nezvládl to samé jako další popsané technologie, ale primárně se soustředí na přenos většího objemu dat, který nevyužijeme. Dalším důvodem je to, že se v dnešní době zatím vyrábí pouze žárovky, které lze ovládat pouze v dosahu Bluetooth a kvůli větší spotřebě elektrické energie. Navíc pro ovládání z mobilního telefonu přes Bluetooth podporují i některé moduly technologií ZigBee a Z-Wave. V porovnání ZigBee a Z-Wave bych se rozhodl pro Z-Wave z toho důvodu, že Z-Wave se soustředí pouze na domovní automatizaci a tím je v této oblasti propracovanější a je mezi prodejci a firmami zajišťující instalaci známější, zatímco ZigBee se zabývá širší oblastí od přenosu dat v průmyslu přes řízení budov až pro použití ve zdravotnictví pro monitorování tělesných funkcí.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] “DALI manual. [Http://www.dali-ag.org/](http://www.dali-ag.org/) [online]. 2001 [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: http://www.dali-ag.org/fileadmin/user_upload/pdf/news-service/brochures/DALI_Manual_engl.pdf.”
- [2] “HOLUB, Jiří. Řízení osvětlení pomocí protokolu DALI v sběrnicovém systému KNX. Brno, 2011. 57 l. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.”
- [3] “VOŽECH, Martin. Instalace řídicích systémů osvětlovacích soustav. Praha, 2014. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze.”
- [4] “MAREK, Vlastimil. Čo je to DALI. [Http://www.meanwell.co](http://www.meanwell.co) [online]. ©2015 [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: <http://www.meanwell.co/kontakt/technicke-doporucenia/co-je-to-dali/>.”
- [5] “DALI – digital standard for room-related light management [online]. 2010 [cit. 2015-06-11]. Dostupné z: ftp://ftp.beckhoff.com/document/Application_Notes/DK9222-0810-0031.pdf.”
- [6] “ŠIMMER, Jakub. Řízení a monitoring systému osvětlení. Praha, 2014. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze.”
- [7] “UCHYTIL, Tomáš. Využití kompaktních řídicích systémů k ovládání svítidel protokolem DALI. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.”
- [8] “KNOTEK, Martin. Implementace D.A.L.I. protokolu pro STM8 mikrokontroler. Praha, 2009. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. 4] MAREK, Vlastimil.”
- [9] “SOKANSKÝ, Karel. Inteligentní řízení osvětlovacích soustav vnitřního osvětlení. 2003. Dostupné z: http://www.csorsostrava.cz/publikace/inteligentni_ridici_systemy%20-%202003.pdf.”
- [10] “DALI – profesionální rozhraní pro všechny komponenty osvětlení. [Http://www.osram.cz/](http://www.osram.cz/) [online]. © 2015 [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: http://www.osram.cz/osram_cz/novinky-a-znalosti/systemy-rizeni-osvetleni/technologie/dali/index.jsp.”
- [11] “HUSAIN, Shaima. MICROCHIP TECHNOLOGY INC. Digitally Addressable Lighting Interface (DALI) Communication. 2012. Dostupné z: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/01465A.pdf>.”
- [12] “Kódování Manchester. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. 2014 [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/K%C3%B3dov%C3%A1n%C3%AD_Manchester.”
- [13] “PHILIPS. Introduction to DALI. 2008.”

- [14] “BELGAONKAR, Sanjay. Smart Lighting and Control using MSP430 & Power Line Communication. 2012. Dostupné z: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.412.6571&rep=rep1&type=pdf>.”
- [15] “RUMÍŠEK, Tomáš. Systém řízení světelných zdrojů po silových rozvodech. Brno, 2012. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.”
- [16] “RUŽIČKA, Tomáš. Přenos dat v elektrorozvodné síti. Pardubice, 2007. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice.”
- [17] “VALENTA, Jaroslav. Úzkopásmový přenos dat po energetických sítích. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.”
- [18] “MLÝNEK, Petr. Analýza a modelování datové komunikace po silnoproudém vedení. Brno, 2012. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně.”
- [19] “La Technologie CPL. [Http://www.cpl-france.org/](http://www.cpl-france.org/) [online]. © 2007 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.cpl-france.org/modules.php?name=Cplpdf>.”
- [20] “Power-line communication. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. ©2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Power-line_communication.”
- [21] “X10 (industry standard). In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. © 2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/X10_\(industry_standard\)](http://en.wikipedia.org/wiki/X10_(industry_standard)).”
- [22] “HOW X10 WORKS. [Http://www.smarthomeusa.com/](http://www.smarthomeusa.com/) [online]. © 2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.smarthomeusa.com/how-x10-works/#theory>.”
- [23] “WOLF, Jiří. Inteligentní elektroinstalace a použití mikrokontrolérů Atmel AVR. České Budějovice, 2012. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.”
- [24] “VOJÍŘ, Jan. Nízkonákladové spínání a kontrola spotřebic. Praha, 2014. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze.”
- [25] “X10 UR86A Owner’s Manual. [Www.manualslib.com](http://www.manualslib.com) [online]. 2015 [cit. 2015-06-10]. Dostupné z: <http://www.manualslib.com/manual/486165/X10-Ur86a.html>.”
- [26] “TM12 Transceiver X-10. [Www.powerhouse.cz](http://www.powerhouse.cz) [online]. 2015 [cit. 2015-06-10]. Dostupné z: <http://www.powerhouse.cz/vysilace-ovladace-x10/390-tm12-transceiver-x10.html>.”
- [27] “LM12 Stmívací modul X-10 do zásuvky. [Www.powerhouse.cz](http://www.powerhouse.cz) [online]. 2015 [cit. 2015-06-10]. Dostupné z: <http://www.powerhouse.cz/spinace-stmivace/367-lm12-stmivaci-modul-x10-do-zasuvky.html>.”
- [28] “AM12 Spínací modul X-10 do zásuvky. [Www.powerhouse.cz](http://www.powerhouse.cz) [online]. 2015 [cit. 2015-06-10]. Dostupné z: <http://www.powerhouse.cz/spinace-stmivace/369-am12-spinaci-modul-x10-do-zasuvky.html>.”

- [29] “LM15A Socket Rocket Screw-In Lamp Module. Www.x10.com [online]. 2015 [cit. 2015-06-10]. Dostupné z: <http://www.x10.com/x10-home-automation/modules/lm15a.html>.”
- [30] “X10 LM15A Installation And Operating Instructions. Www.manualslib.com [online]. 2015 [cit. 2015-06-10]. Dostupné z: <http://www.manualslib.com/manual/338851/X10-Lm15a.html>.”
- [31] “KR22 Klíčenka RF ovladač X-10. Www.powerhouse.cz [online]. 2015 [cit. 2015-06-10]. Dostupné z: <http://www.powerhouse.cz/dalkove-ovladace-x10/398-kr22-klicenka-rf-ovladac-x10.html>.”
- [32] “KR19A Keychain Remote Control. Www.x10.com [online]. 2015 [cit. 2015-06-10]. Dostupné z: <http://www.x10.com/x10-home-automation/controllers/wireless/kr19a.html>.”
- [33] “VOŘÍŠEK, Lukáš. LED žárovka s Bluetooth od Samsungu: Nezvedejte se k vypínači, použijte telefon. www.cdr.cz [online]. 2014 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://cdr.cz/clanek/smart-bulb-samsung-led-zarovka-s-bluetooth-pripojenim>.”
- [34] “VOŘÍŠEK, Lukáš. LIFX: Znovuzrozená žárovka komunikuje přes WiFi se smartphonem. Www.cdr.cz [online]. 2012 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://cdr.cz/clanek/lifx-znovuzrozena-zarovka-komunikuje-pres-wifi>.”
- [35] “LiFy: žárovka ovládaná chytrým telefonem. Http://www.svetandroida.cz/ [online]. 2012 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.svetandroida.cz/lifx-zarovka-ovladana-chytrym-telefonem-201211>.”
- [36] “Technologie, která nás zaujala: Chytré žárovky. Www.nalezno.cz [online]. 2015 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.nalezno.cz/bydleni/osvetleni/technologie-kteranas-zaujala-chytre-zarovky.aspx>.”
- [37] “Ovládání domácího osvětlení z chytrého telefonu. Www.alza.cz [online]. 2015 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/ovladani-domaciho-osvetleni-z-chytreho-telefonu-art13206.htm>.”
- [38] “Bluetooth relé řady BTREL. Www.pandatron.cz [online]. 2014 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: http://pandatron.cz/?4096&bluetooth_rele_rady_btrel.”
- [39] “Bluetooth relé ovládané mobilním telefonem. Www.pandatron.cz [online]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: http://pandatron.cz/?4152&bluetooth_rele_ovladane_mobilnim_telefonem.”
- [40] “ZigBee. Wikipedia [online]. 2015 [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/ZigBee>.”
- [41] “ZigBee - novinka na poli bezdrátové komunikace. Www.hw.cz [online]. 2005 [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/navrh-obvodu/rozhrani/zigbee-novinka-na-poli-bezdratove-komunikace.html>.”

- [42] “KRAJÍČEK, Tomáš. Moderní bezdrátová technologie - ZigBee. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.”
- [43] “Global Leaders creating innovative products and services for the Internet of Things. Www.zigbee.org [online]. 2015 [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.zigbee.org/zigbeealliance/our-members/>.”
- [44] “ZIGBEE. Www.pan.wz.cz [online]. 2015 [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.pan.wz.cz/zigbee.php>.”
- [45] “ZigBee - bezdrátové technologie známe i neznáme. Www.itnews.sk [online]. 2011 [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.itnews.sk/2011-06-01/c140924-zigbee-bezdrotove-technologie-zname-inezname>.”
- [46] “HRBÁČEK, Jan. Bezdrátový systém řízení osvětlení. Brno, 2008. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.”
- [47] “VELDHUIS, Henk. PHILIPS. ZigBee & The Connected Lighting Alliance [online]. 2013 [cit. 31.5n. 1.]. Dostupné také z: http://www.zsigj.org/wp/wp-content/uploads/2014/02/02_20140128-Why-ZigBee-Why-ZLL-TCLA_Maley.pdf.”
- [48] “ZigBee [online]. 2015 [cit. 2015-05-31]. Dostupné z: <http://www.zigbee.org/>.”
- [49] “ZigBee Light Link. Www.zigbee.org [online]. 2015 [cit. 2015-05-31]. Dostupné z: <http://www.zigbee.org/zigbee-for-developers/applicationstandards/zigbee-light-link/>.”
- [50] “Implementing ZigBee Light Link for Lighting Control. STRØM, Øyvind. Www.radio-electronics.com [online]. 2012 [cit. 2015-05-31]. Dostupné z: <http://www.radio-electronics.com/articles/wireless-technology/implementing-zigbee-light-link-for-lighting-66>.”
- [51] “ZigBee. Wikipedia [online]. 2015 [cit. 2015-05-31]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee>.”
- [52] “NXP SEMICONDUCTORS. ZigBee Light Link User Guide [online]. 2015 [cit. 2015-06-01]. Dostupné také z: http://www.nxp.com/documents/user_manual/JN-UG-3091.pdf.”
- [53] “KUBÍČEK, Lukáš. Správa a sběr dat v sítích 802.15.4 ZigBee. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.”
- [54] “BROŽ, Kamil. Uživatelská aplikace pro konfiguraci bezdrátového modulu ZigBee. Brno, 2012. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.”
- [55] “Z-Wave. Wikipedia.org [online]. 2015 [cit. 2015-06-06]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Z-Wave>.”
- [56] “Our History. Www.z-wavealliance.org [online]. 2015 [cit. 2015-06-06]. Dostupné z: http://z-wavealliance.org/z-wave_alliance_history/.”

- [57] “HONEYWELL. Introduction to Z-Wave [online]. 2013 [cit. 2015-06-06]. Dostupné z: <https://library.ademconet.com/MWT/fs2/VAM/Introductory-Guide-to-Z-Wave-Technology.pdf>.”
- [58] “Frequently Asked Questions. Wwww.z-wave.com [online]. 2015 [cit. 2015-06-06]. Dostupné z: <http://www.z-wave.com/questions>.”
- [59] “Centrální řídicí jednotka Fibaro HC Lite. Wwww.zabezpecovaci-zarizeni.cz [online]. 2015 [cit. 2015-06-07]. Dostupné z: <http://www.zabezpecovaci-zarizeni.cz/inteligentni-system-fibaro/centralni-ridici-jednotka-fibaro-hc-lite-%5Bw3003%5D>.”
- [60] “Home Center Lite. Wwww.fibaro.com [online]. 2015 [cit. 2015-06-07]. Dostupné z: <http://www.fibaro.com/cz/Fibaro-syst%C3%A9m/Home-center-Lite>.”
- [61] “Home Center Lite [online]. 2015 [cit. 2015-06-07]. Dostupné z: <http://www.fibaro.com/manuals/en/HCLite/HCL-web.pdf>.”
- [62] “Univerzální stmívač FGD-211 do 500W. Wwww.zabezpecovaci-zarizeni.cz [online]. 2015 [cit. 2015-06-07]. Dostupné z: <http://www.zabezpecovaci-zarizeni.cz/inteligentni-system-fibaro/univerzalni-stmivac-fgd-211-do-500w-%5Bw3004%5D>.”
- [63] “UNIVERZÁLNÍ STMÍVAČ Návod pro montáž [online]. 2015 [cit. 2015-06-07]. Dostupné z: <http://www.zabezpecovaci-zarizeni.cz/inshop/files/w3004/U%C5%BEivatelsk%C3%BD%20manu%C3%A1l%20stm%C3%ADva%C4%8D%20500W.pdf>.”
- [64] “Reléový spínací modul 1x3kW pod vypínač FGS-221A. Wwww.zabezpecovaci-zarizeni.cz [online]. 2015 [cit. 2015-06-08]. Dostupné z: <http://www.zabezpecovaci-zarizeni.cz/inteligentni-system-fibaro/releovy-spinaci-modul-1x3kw-pod-vypinac-fgs-221a-%5Bw3006%5D>.”
- [65] “Reléový spínací modul s binárními vstupy Instalační návod [online]. 2015 [cit. 2015-06-08]. Dostupné z: <http://www.zabezpecovaci-zarizeni.cz/inshop/files/w3006/U%C5%BEivatelsk%C3%BD%20manu%C3%A1l%20Sp%C3%ADnac%C3%ADho%20modulu%203kW.pdf>.”
- [66] “Bezdrátová multifunkční zásuvka s měřením Fibaro FGWPE-101. Wwww.zabezpecovaci-zarizeni.cz [online]. 2015 [cit. 2015-06-08]. Dostupné z: <http://www.zabezpecovaci-zarizeni.cz/inteligentni-system-fibaro/bezdratova-multifunkcni-zasuvka-s-merenim-fibaro-fgwpe->.”
- [67] “Zásuvka s ovládáním a měřením [online]. 2015 [cit. 2015-06-08]. Dostupné z: <http://www.zabezpecovaci-zarizeni.cz/inshop/files/w3009/U%C5%BEivatelsk%C3%BD%20manu%C3%A1l%20z%C3%A1suvky%20s%20ovl%C3%A1d%C3%A1n%C3%ADm%20a%20m%C4%9B%C5%99en%C3%ADm.pdf>.”
- [68] “Mozek vašeho inteligentního domova. POJAR, Petr. Wwww.ceskestavby.cz [online]. 2014 [cit. 2015-06-08]. Dostupné z: <http://www.ceskestavby.cz/clanky/mozek-vaseho-inteligentniho-domova-23338.html>.”

[69] “Proč je Fibaro tou správnou volbou? [online]. 2015 [cit. 2015-06-08]. Dostupné z: <http://mojefibaro.cz/>.”

[70] “Fibaro [online]. 2015 [cit. 2015-06-08]. Dostupné z: <http://www.fibaro.com/cz>.”