VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

# VYSOKORYCHLOSTNÍ SÍTĚ V DOMÁCNOSTI

HIGH-SPEED NETWORKS IN HOUSEHOLD

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE Bc. MICHAL ROSENBERG
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE doc. Ing. VLADISLAV ŠKORPIL, CSc.
SUPERVISOR

BRNO 2012

VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav telekomunikací

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
**Telekomunikační a informační technika**

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Student:*** | Bc. Michal Rosenberg | ***ID:*** | 106750 |
| ***Ročník:*** | 2 | ***Akademický rok:*** | 2011/2012 |

**NÁZEV TÉMATU:**

**Vysokorychlostní sítě v domácnosti**

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

Analyzujte současný stav návrhů a simulací řešení pro vysokorychlostní inteligentní sítě v domácnosti. Se zaměřením na tyto sítě rozeberte podrobně referenční model síťového provozu ISO/OSI a seznamte se s technologiemi používanými pro přenos dat v domácnosti (PLC, Wi-Fi, Ethernet atd.). Získané informace využijte při návrhu řešení vedoucího ke sjednocení těchto technologií a umožnění vzájemné interakce komunikujících přístrojů bez ohledu na technologii fyzické vrstvy. Navrhněte řešení a jeho simulace ve vhodném nástroji.

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

[1] PERLMAN,R. Interconnections: Bridges, Routers, Switches, and Interworking Protocols. Morgan Kaufmann Publisher, San Francisco 2004
[2] VARGHESE, G. Network Algorithms: An Interdisciplinary Approach to Designing Fast Network Devices. Morgan Kaufmann Publisher, San Francisco 2005
[3] KUROSE,J., KEITH, R. Computer Networking. Addison-Wesley, New York 2010

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Termín zadání:*** | 6.2.2012 | ***Termín odevzdání:*** | 24.5.2012 |

***Vedoucí práce:*** doc. Ing. Vladislav Škorpil, CSc.

**prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.**
*Předseda oborové rady*

**UPOZORNĚNÍ:**

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## ABSTRAKT

Diplomová práce pojednává o vztahu vysokorychlostních sítí k prvkům systémové inteligentní instalace a možnostech jejich vzájemné interakce. Dále jsou teoreticky rozebrány principy tunelování KNX sběrnice IP sítěmi (KNXnet/IP). Praktická část implementuje použití KNXnet/IP s reálnými prvky na testovacím panelu. Řízení je realizováno pomocí KNX@Home v prostředí Ubuntu.

Simulaci stavu reálného tunelování KNX sběrnice představuje model v Opnet Modeler, jenž ukazuje, jak se může měnit zpoždění sběrnice vlivem zatížení sítě.



**Klíčová slova:** *KNX, KNXnet/IP, EIB, KNXnet/IP router, KNX@Home, Konnex, vysokorychlostní sítě, inteligentní instalace, systémová instalace.*



## ABSTRACT

The master thesis discusses about the relation between high-speed networks and intelligent system installation features and possibilities of this mutual interaction. Furthermore principles of KNX bus tunneling through IP networks are theoretically analyzed (KNXnet/IP).

Practical use of implements KNXnet/IP shows real elements on the test panel. The control is realized by KNX@Home in the Ubuntu environment. Simulation of the real state tunneling KNX bus represent model in Opnet Modeler, which shows how the delays may change due to network load.



**Keywords:** *KNX, KNXnet/IP, EIB, KNXnet/IP router, KNX@Home, Konnex, high-speed networks, intelligent installation, system installation.*

ROSENBERG, M. *Vysokorychlostní sítě v domácnosti.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 64 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Vladislav Škorpil, CSc.

# PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma „VYSOKORYCHLOSTNÍ SÍTĚ V DOMÁCNOSTI“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrálního projektu s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedeného práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 24. 5. 2012 ..........................................

podpis autora


# PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Vladislavu Škorpilovi, CSc., za ochotu pomoci a za cenné rady při zpracovávání této práce. Chci tímto také poděkovat panu Ing. Branislavovi Bátorovi za umožněný přístup ke KNX zařízením ústavu elektroenergetiky.

V Brně dne 24. 5. 2012 ..........................................

podpis autora

Faculty of Electrical Engineering
and Communication

Brno University of Technology
Purkynova 118, CZ-61200 Brno, Czechia

http://www.six.feec.vutbr.cz

Výzkum popsaný v této diplomové práci byl realizován v laboratořích podpořených z projektu SIX; registrační číslo CZ.1.05/2.1.00/03.0072, operační program Výzkum a vývoj pro inovace.

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI

2007–13
OP Výzkum a vývoj
pro inovace

# OBSAH

**SEZNAM OBRÁZKŮ** ........ **8**

**SEZNAM TABULEK** ........ **10**

**ÚVOD** ........ **12**

**1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY** ........ **13**

**1.1 Vysokorychlostní sítě obecně** ........ **13**

1.1.1 PAN ........ 14

1.1.2 LAN ........ 14

1.1.3 MAN ........ 14

1.1.4 WAN ........ 14

**1.2 Vysokorychlostní sítě v domácnosti** ........ **15**

**1.3 Spojení vysokorychlostní a inteligentní sítě v domácnosti** ........ **15**

1.3.1 Výhody integrace ........ 16

1.3.2 Nevýhody integrace ........ 16

Použitá literatura ........ 16

**2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU VYSOKORYCHL. A INTELIGENTNÍCH SÍTÍ V DOMÁCNOSTI** ........ **17**

**2.1 Osobní počítače a internetové přípojky v domácnosti** ........ **17**

**2.2 Inteligentní sítě v domácnosti** ........ **19**

2.2.1 Nejpoužívanější typy systémů ........ 20

2.2.2 KNX/EIB ........ 20

Použitá literatura ........ 25

**3 TECHNOLOGIE PRO PŘENOS DAT V DOMÁCNOSTI** ........ **26**

**3.1 Referenční model ISO/OSI** ........ **26**

3.1.1 Fyzická ........ 26

3.1.2 Spojová ........ 27

3.1.3 Síťová ........ 27

3.1.4 Transportní ........ 28

3.1.5 Relační ........ 28

3.1.6 Prezentační ........ 28

3.1.7 Aplikační ........ 29

**3.2 Ethernet** ........ **29**

**3.3 WiFi** .......... **30**
**3.4 PLC** .......... **31**
3.4.1 Provozované služby .......... 32
**3.5 Minoritní technologie** .......... **34**
**3.6 Shrnutí** .......... **34**
Použitá literatura .......... 34
**4 MOŽNOSTI KONFIGURACE A ZAČLENĚNÍ KNX/EIB DO SÍTĚ** .......... **35**
**4.1 ETS** .......... **35**
**4.2 Cvičný panel** .......... **36**
**4.3 Možnosti začlenění do sítě** .......... **38**
4.3.1 USB .......... 38
4.3.2 Ethernet .......... 39
4.3.3 Telefonní rozhraní .......... 40
4.3.4 Alternativní možnosti začlenění .......... 41
Použitá literatura .......... 41
**5 ŘEŠENÍ KE SJEDNOCENÍ TECHNOLOGIÍ** .......... **42**
**5.1 Princip KNX over IP** .......... **42**
**5.2 KNX at Home** .......... **45**
5.2.1 Calimero – KNXnet/IP .......... 45
5.2.2 Struktura KNX@Home .......... 45
5.2.3 Instalace a spuštění KNX@Home .......... 46
5.2.4 Tvorba vizualizace .......... 49
**5.3 Schéma navrhnutého řešení a jeho popis** .......... **52**
Použitá literatura .......... 54
**6 MODELOVÁ SIMULACE VE VHODNÉM NÁSTROJI** .......... **55**
**6.1 Opnet Modeler** .......... **55**
**6.2 Vytvoření modelu zkušební sítě** .......... **55**
Použitá literatura .......... 60
**ZÁVĚR** .......... **61**
**POUŽITÁ LITERATURA** .......... **62**
**SEZNAM ZKRATEK** .......... **64**

# SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1: Základní členění sítí dle rozlehlosti. 13
Obr. 2.1: Počet internetových přípojek a PC v domácnostech [11]. 17
Obr. 2.2: Podíl technologií [11]. 17
Obr. 2.3: FTTx technologie [3]. 19
Obr. 2.4: Klasická (nalevo) a systémová instalace (napravo). 21
Obr. 2.5: Příklad kombinované topologie. 21
Obr. 2.6: Oblastní (OS) a liniové (LS) spojky. 22
Obr. 2.7: KNX TP. 23
Obr. 2.8: Délka sběrnice. 23
Obr. 2.9: Přenos logických stavů [9]. 24
Obr. 2.10: Příklad logické topologie s individuálním adresováním [6]. 25
Obr. 3.1: Schéma RM ISO/OSI [20]. 26
Obr. 3.2: Typy konektorů, zleva RJ45, SC, LC. 30
Obr. 3.3: Typické služby PLC/BPL [4]. 32
Obr. 3.4: Outdoor BPL [4]. 33
Obr. 3.5: Indoor BPL [4]. 33
Obr. 4.1: KNX/EIB logo. 35
Obr. 4.2: Cvičný panel v nezapojeném stavu. 37
Obr. 4.3: Cvičný panel v provozu. 38
Obr. 4.4: Rozhraní USB/KNX [1]. 39
Obr. 4.5: Rozhraní Ethernet/KNX [1]. 40
Obr. 4.6: Rozhraní PSTN/KNX [1]. 40
Obr. 5.1: Klasická topologie KNX [10]. 43
Obr. 5.2: Nahrazení páteřní linky [10]. 43
Obr. 5.3: Nahrazení páteřní, hlavní a částečně i liniové linky [10]. 44
Obr. 5.4: Struktura KNX@Home [18]. 46
Obr. 5.5: Spuštění KNX@Home v terminálu. 48
Obr. 5.6: Přihlášení k webserveru KNX@Home, ▲Windows 7 (LAN), 48
Obr. 5.7: Hlavní menu. 49
Obr. 5.8: Přiřazení ovládání osvětlení skrze DPT. 50
Obr. 5.9: Vizualizace-Dům-Patro-Ložnice. 51

Obr. 5.10: Schéma zapojení. ..... 52
Obr. 5.11: Zachycení vysílání na skupinovou adresu 0/0/2. ..... 53
Obr. 5.12: Zachycení komunikace pomocí Wireshark. ..... 54
Obr. 5.13: Session ID. ..... 54
Obr. 6.1: Topologie zkušební sítě. ..... 57
Obr. 6.2: Vytížení spojovací linky router-router_0. ..... 57
Obr. 6.3: FTP provoz. ..... 58
Obr. 6.4: HTTP provoz. ..... 58
Obr. 6.5: Jitter VoIP. ..... 59
Obr. 6.6: KNX spojení, čas odpovědi. ..... 59

# SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1: Představitélé LAN technologií. ........................................................................ 14
Tab. 3.1: Přehled používaných typů Ethernet(ů) v domácnostech ................................. 30
Tab. 3.2: WiFi přehled specifikací........................................................................... 30
Tab. 4.1: Použité prvky na cvičném panelu................................................................... 37

# ÚVOD

Vysokorychlostní inteligentní sítě v domácnosti zabezpečují širokopásmový datový přístup a napomáhají k efektivnímu řízení i fungování budov. Tvoří vlastní infrastrukturu pro dílčí aktivní prvky, jež dohromady tvoří funkční celek. Jednotlivé prvky mohou zabezpečovat fungování domácí počítačové a telekomunikační sítě, multimediálního zázemí, zabezpečovací i požární techniky a dalších komfortních služeb. Mezi ty zahrnujeme např. vytápění, klimatizaci, větrání, rekuperaci, osvětlení, závlahu, aj. Tyto integrované sítě jsou zpravidla bránou napojeny k přístupovým a dále transportním sítím pro přístup do celosvětové sítě Internet. Díky tomu mohou být přenášena obecná data, audiovizuální služby, multimediální obsah i povely, které souží pro vzdálený dohled i ovládání domácnosti.

Celkové pojetí diplomové práce je zpracováno jako nastínění velmi obsáhlé problematiky a zmapování současného stavu s následným návrhem řešení ke sjednocení technologií. Řešení je realizované jako zkušební zapojení systémové instalace a její řízení skrze IP síť. Následně je implementovaná modelová situace domácí sítě simulačním nástrojem.

Práce je členěna do šesti kapitol. První z nich obsahuje úvod do vysokorychlostních a inteligentních sítí v domácnosti. Druhá kapitola analyzuje současný stav uživatelské počítačové a internetové základny v ČR. Obsahuje taktéž výčet nejpoužívanějších inteligentních systémů včetně specifikace systému KNX/EIB. Třetí část je rozbor referenčního modelu síťového provozu ISO/OSI v souvislostech s těmito sítěmi a používanými technologiemi pro přenos dat v domácnostech.

Možnosti konfigurace a začlenění systémové instalace KNX/EIB do sítě popisuje čtvrtá kapitola. Návrhu řešení ke sjednocení počítačových a systémových sítí se věnuje předposlední pátá kapitola. Řešení je rozděleno na teoretický základ a praktickou realizaci na zkušebním panelu.

Poslední částí je simulace v nástroji Opnet Modeler, ve kterém lze sledovat vliv zatížení datové sítě na fungování inteligentní instalace. Koncepce odpovídá modelovému domu, který plně využívá potenciálu vysokorychlostních i inteligentních sítí. Návrh je dimenzován tak, aby poskytoval dostatečnou kapacitu pro náročný provoz služeb sítě a zároveň vhodné a spolehlivé médium pro přenos povelů systémové instalace.

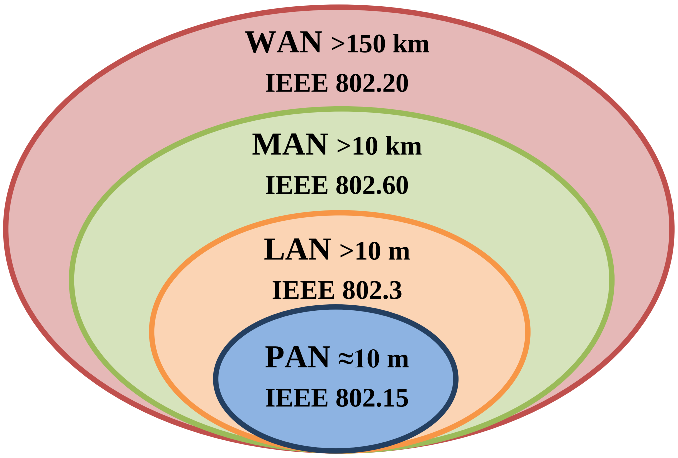
# 1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

## 1.1 Vysokorychlostní sítě obecně

Dnešní doba klade vysoké požadavky na přenos širokého spektra dat. Ty přenášíme pomocí sítí. Postupem doby se vyvinulo mnoho typů sítí. Hlavní představitelé z 19. století jsou zejména telegrafní a telefonní sítě. Dalším velkým milníkem v 70. letech byly sítě veřejné datové, které můžeme pokládat za předchůdce dnešních ATM, IP, mobilních sítí, jež zažily svůj dramatický vývoj převážně v letech 90. Příčinou je vysoká poptávka po integraci širokopásmových služeb, které jsou již neodmyslitelným článkem mnoha odvětví a oblastí lidské činnosti. Obzvláště sledované parametry jsou kapacita linek, doba odezvy, ztrátovost, dostupnost, míra zabezpečení, kolísání odezvy.

Pod pojmem vysokorychlostní sítě, si zpravidla představíme takové počítačové sítě, které dokáží v krátkém čase přenést velký objem dat. Typicky dosahované přenosové rychlosti sítí, které v současnosti nazýváme vysokorychlostní, jsou v řádech Mbit/s a vyšší. Nároky na šířku přenosového kanálu i ostatní parametry se postupem doby stále zvyšují. Příčinou je rostoucí poptávka, nasazení náročnějších aplikací a služeb, které nově vznikají. Zejména služby přenášející velké množství dat nebo multimediálního obsahu ve vysoké kvalitě dokáží plně využít potenciál dnešních vysokorychlostních sítí.

Ty můžeme členit podle mnoha parametrů. Jeden z nich je členění dle rozlehlosti (PAN, LAN, MAN, WAN) viz Obr. 1.1 s příkladem použité technologie při orientačních vzdálenostech.




Obr. 1.1: Základní členění sítí dle rozlehlosti.

### 1.1.1 PAN

Personal Area Network sítě jsou určeny pro komunikaci na krátké vzdálenosti v blízkosti osoby, která je využívá. Typicky jimi jsou vybaveny přenosné komunikátory, mobilní telefony a PC. Do sítí s osobní rozlehlostí, jak zní anglický překlad patří např. USB, FireWire, Bluetooth, IrDa, ZigBee, Wireless Hart, aj.

### 1.1.2 LAN

Local Area Network propojují dvě i více komunikujících zařízení a jejich rozlehlost odpovídá desítkám metrů až jednotkám kilometrů. Svými službami mohou obsluhovat například kanceláře, budovy a menší města. Účastníci už nejsou tak omezeni pohybem jako u PAN. Mohou být tedy stále v lokálním spojení. Některé představitele uvádí Tab. 1.1.

Tab. 1.1: Představitélé LAN technologií.

| **Název technologie** | **Standard** |
|---|---|
| Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet | IEEE 802.3 |
| Token Bus | IEEE 802.4 |
| Token Ring | IEEE 802.5 |
| IsoEthernet | IEEE 802.9 |
| Bezdrátové sítě | Wi-Fi, IEEE 802.11 |
| 100VG-AnyLAN | IEEE 802.12 |
| Fiber distributed data interface | FDDI, ISO/IEC 9314, ANSI X3.x |
| Fibre Channel | ANSI X3.x |

### 1.1.3 MAN

Metropolitan Area Network, nachází své uplatnění jako sítě propojující města a široké území. Rozšiřují působnost a konektivitu LAN. MAN využívají např. WiMAX (IEEE 802.16) sítě, které jsou typicky soukromé a jejich pronájem a služby jsou účtovány.

### 1.1.4 WAN

Geograficky nejrozlehlejší typ sítě WAN spojuje MAN celky a hraje velkou roli pro přístup k celosvětové komunikační síti Internet. Dosahované přenosové rychlosti se

mohou velmi lišit v závislosti na technologii přenosu. Mezinárodní spojení může být relativně pomalé (např. 56Kbit/s modem, GPRS) nebo naopak vysokorychlostní (ATM, SDH, WDM, Frame Relay).

## 1.2 Vysokorychlostní sítě v domácnosti

Využití vysokorychlostních sítí v domácnosti roste a zažívá velký rozmach. Typickým představitelem je LAN, tedy místní síť. S masovým rozšířením výpočetní a multimediální techniky vzrostly nároky na tyto sítě v domácnosti, skrze které se přenáší veškerý elektronický obsah. Velké množství přenášených dat klade přirozeně i velké nároky na síť. Ta musí být patřičně dimenzována, tak aby nedošlo k nežádoucímu poklesu kvality poskytovaných služeb. Další skutečností je, že síť by nejlépe měla být naddimenzovaná anebo snadno modifikovatelná, aby mohla svou funkci plnit i v dohledné budoucnosti s co nejmenšími zásahy [14].

Současný trh umožňuje volbu technologie a provedení tak, aby se síť co nejvíce mohla přizpůsobit požadavkům uživatele domácnosti. Případně lze kombinovat výhody jednotlivých řešení a spojit je do jednoho komplexně fungujícího celku. Velmi podstatným faktorem při realizaci je místo realizace. Staré objekty i plánované novostavby nesou své vlastní specifika, které je třeba zohlednit. Také jednotlivé dostupné technologie se sebou nesou jisté výhody a nevýhody. Některé umožňují dosáhnout např. vyšší rychlosti, snadnější instalace, vysoké stability, bezdrátové mobility, nižších nákladů a jiných výhod.

Díky standardizaci a vzájemné vhodně zvolené kompatibilitě se dnes typicky setkáváme s kombinací více technologií v objektu. Ty se zájmem sjednocujeme a umožňujeme tak vzájemný požadavek interakce. Z těchto důvodu je nutné striktně dodržovat definované standardy. Při síťové komunikaci nám k tomu slouží referenční model ISO/OSI [17] viz kapitola 3.1. Její následující součástí je i rozbor nejčastěji používaných technologií pro přenos dat v domácnosti.

## 1.3 Spojení vysokorychlostní a inteligentní sítě v domácnosti

Vysokorychlostní inteligentní sítě v sobě integrují provoz klasické vysokorychlostní datové sítě a provoz inteligentní domácí instalace. Z laického pohledu se na takové sítě můžeme dívat tak, jako kdyby tvořily univerzální komunikační

prostředek pro veškeré instalované i budoucí systémy v objektu. Inteligentní domácí instalace může sloužit ve starších zástavbách nebo plánovaných novostavbách. A to formou částečně integrace, nebo může plně nahradit instalaci klasickou. Ta se od inteligentní liší hlavně strohými možnostmi, nižší rozmanitostí konfigurace, ale nejpatrnější je odlišný způsob řízení spotřebičů. Ty jsou nově řízeny sběrnicí nejčastěji pomocí bezpečného nízkého napětí SELV [19]. Existují také systémy s řízením bezdrátovým nebo po silových vodičích. Inteligentní prvky automatizují anebo jinak zjednodušují ovládání, zvyšují komfort, umožňují začlenění a kooperaci se zabezpečovací a požární technikou. V neposlední řadě dokážeme řídit celé objekty efektivněji a můžeme tak realizovat specifické požadavky zákazníka, které byly dříve nemožné nebo velmi komplikované. Tímto jsme také schopni snížit spotřebu energie a zabezpečit řízení technologií z vnějšího světa. Blíže se inteligentní instalaci věnuje kapitola 2.2. Dáleo její implementaci do vysokorychlostní počítačové sítě pojednává kapitola 5.

### 1.3.1 Výhody integrace

Mezi nesporné výhody se řadí komplexnost a flexibilita při ovládání při zachovaném vysokém uživatelském komfortu. Při vhodné realizaci to přináší odvozené výhody z hlediska bezpečnosti, návratnosti investice, monitoringu objektu a energetického managementu. Případné budoucí modifikace lze snadno realizovat.

### 1.3.2 Nevýhody integrace

Jedna z hlavních nevýhod je složitost a finanční náročnost. U menších systémových objektů je návratnost delší než u velkých správních celků. Tyto systémy také přinášejí vyšší rizika z pohledu bezpečnosti. Neautorizovaná osoba, které by se podařilo vniknout do konfigurace inteligentních systémů, může napáchat velké škody. Velikost škody je úměrná typu objektu. Např. při záměrném přetopení rodinného domu vznikne menší škoda než u průmyslového objektu s teplotně závislou výrobní linkou.

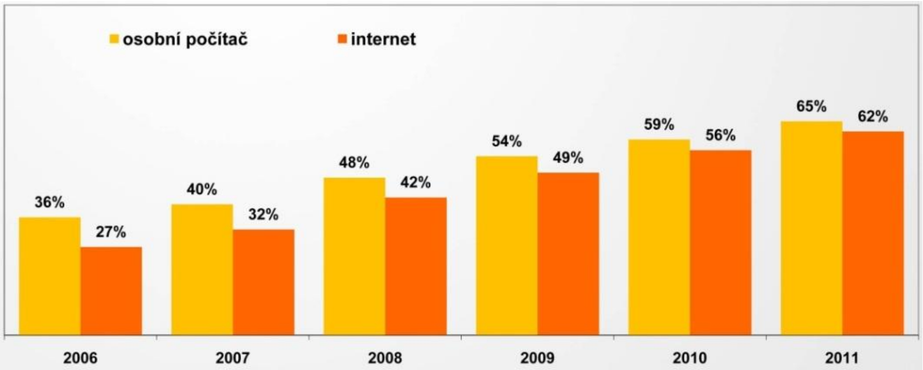
### Použitá literatura

Potřebné informace k první kapitole jsou čerpány z publikací [2], [17], [19].

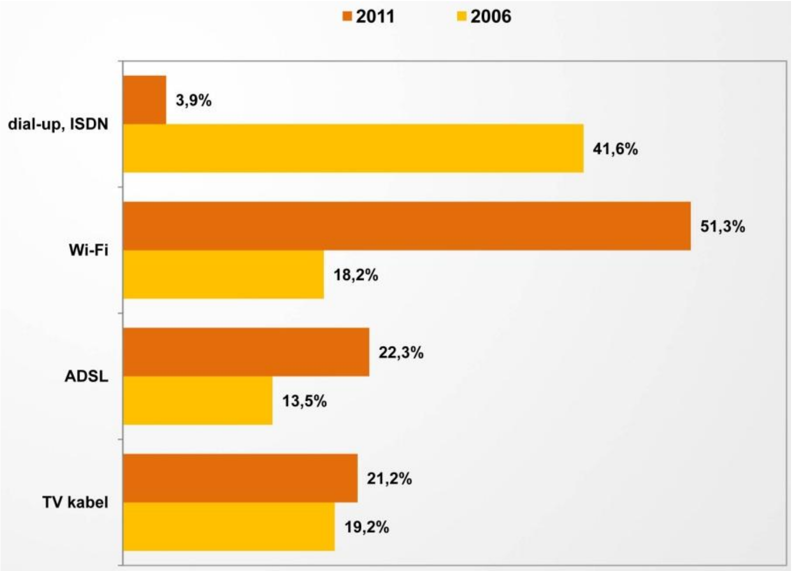
# 2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU VYSOKORYCHL. A INTELIGENTNÍCH SÍTÍ V DOMÁCNOSTI

## 2.1 Osobní počítače a internetové přípojky v domácnosti

Podle údajů Českého statistického úřadu [11] viz Obr. 2.1 disponuje 65% českých domácností osobním počítačem a 62% internetovým připojením. Podle Obr. 2.2 lze vyčíst i podíl jednotlivých technologií v roce 2011 a 2006. Z těchto informačních zdrojů je patrné, že penetrace osobních počítačů připojených do internetové sítě má stále vzrůstající charakter. Rozložení typů technologie připojení se podle Obr. 2.2 také změnil. Zvýšil se razantně počet vysokorychlostních přípojek. Díky tomuto faktu je vhodné mít připravené i domácí sítě. Ze strany poskytovatelů dochází k neustálým inovacím, ale na straně domácností se o to musí postarat samotní uživatelé.




Obr. 2.1: Počet internetových přípojek a PC v domácnostech [11].




Obr. 2.2: Podíl technologií [11].

Z výše uvedených statistických údajů je jasné, že cca dvě třetiny domácností provozují počítačovou síť. Z větší části případů se jedná o jednoduché sítě, které byly dodatečně instalovány do domácností, protože s nimi při stavbě nebylo počítáno.

Dnes se ovšem situace změnila a je potřeba současné a budoucí sítě pečlivě navrhnout tak, aby byly vysoce spolehlivé a dostatečně dimenzované pro provoz. Návrh a simulaci při daných požadavcích zákazníka je třeba naprojektovat za pomocí vhodných nástrojů. Toto je velmi důležitá část, jelikož počítačové sítě už nejsou pouze počítačovou doménou, ale mohou zajištovat rozličné důležité funkce pro celý objekt. Tím se dostáváme k integraci inteligentních sítí a prvků, o kterých pojednává kapitola 2.2.

Současný rychlý vývoj datové komunikace koresponduje s rozšiřující se implementací nových, datově náročných aplikací a služeb. Aktuální trend je budování takových domácích sítí, které uživateli budou sloužit pro komunikaci, zábavu a správu nemovitosti [19]. Současně je dbáno na zachování vysokého stupně bezpečnosti.

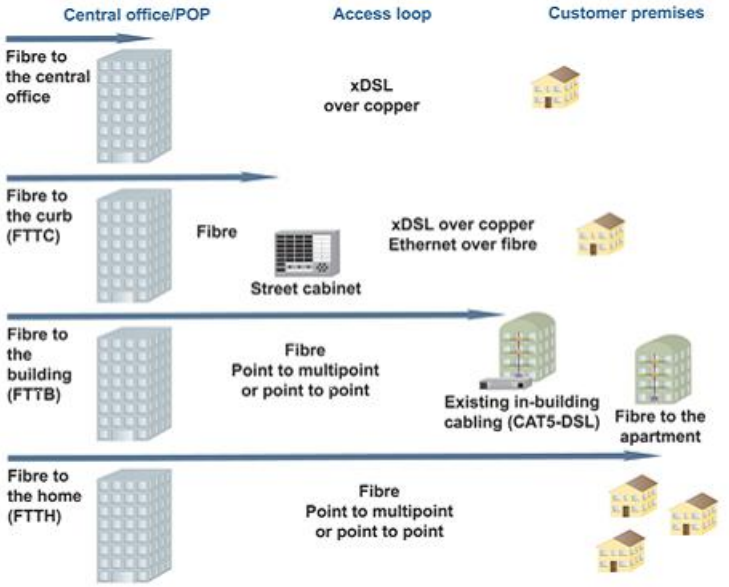
Tyto požadavky musí reflektovat použitá technologie. Síť v rámci nemovitosti je investor schopný dostatečně dimenzovat tak, aby odpovídaly náročným přenosovým požadavkům. Naopak sítě, které spojují domácnosti s celosvětovou sítí investor tak snadno ovlivnit nemůže. Zpravidla si může vybrat z nabídky několika místních ISP (Internet Service Provider), která je omezena použitou technologií.

Dle Obr. 2.2 je jasně patrné, které technologie a jak se podílely na rozložení internetových přípojek v rámci České republiky. V roce 2006 byly dominující z 41,6% vytáčené a ISDN linky, přičemž nyní jejich podíl klesnul na 3,9%. Vytáčenou technologii dial-up a ISDN vystřídal bezdrátový přístup WiFi s 51,3%. Ostatní technologie distribuce jako ADSL a přes TV kabel zaznamenaly nárůst řádově v procentech.

Protože současně dominující přístupová technologie WiFi řešící z pravidla problematiku „poslední míle“ je na svém technologickém maximu, musíme počítat s její postupnou stagnací a vzít v potaz i nové alternativní technologie. WiFi nyní má velké problémy s obsazeností a zarušením frekvenčního pásma, což je pro bezlicenční pásmo typické.

Prognózy pro přístupové sítě hovoří o postupném ústupu individuálních bezdrátových připojení každé domácnosti ve prospěch nejperspektivnější technologie přenosu dat po optickém vlákně. Toto řešení byť je náročné na realizaci funguje již v mnoha lokalitách. Jedná se zejména o technologii FTTH/FTTB (Fiber To The Home/Building) případně FTTN (Fiber To The Node) [3], odkud je dále vedeno do domácnosti metalické vedení. Tyto technologie poskytují velmi široké přenosové pásmo a díky metodám jako WDM i budoucí rozšiřitelnost. Typickým příkladem realizace je např. pokládka optických kabelů při rekonstrukci kanalizace/vodovodu.

V rámci domácího prostředí je stále plně vyhovující a typicky využívána strukturovaná kabeláž o přenosových rychlostech 100 Mbit/s nebo až 1 Gbit/s v kombinaci s WiFi bezdrátovým přístupem pro mobilní zařízení. V budoucnosti je také počítáno s optickými vlákny i v rámci domácností.




Obr. 2.3: FTTx technologie [3].

## 2.2 Inteligentní sítě v domácnosti

Inteligentní domácnosti jsou ty, které využívají systémových instalací a sítí. Vlastní stupeň „inteligence“ závisí na vhodné implementaci pro daný objekt. Jejich hlavním úkolem je integrace řízení, technologií a procesů v objektech do jednoho funkčního celku. Běžně se můžeme setkat s ovládáním osvětlení, vytápění, klimatizace, oken a okenních rolet, závlahového systému, bran, ale i kamerového nebo požárního

systému. Tyto sítě můžeme členit podle mnoha aspektů. Například podle míry centralizace, podle typu komunikačního média a protokolu.

Současný přehled vycházející ze statistik developerů o penetraci inteligentních systémů v novostavbách ukazuje, že 2% tuzemských investorů a až 40% investorů západní Evropy implementuje nebo připravuje objekty pro inteligentní sítě. Zde je patrný vysoký potenciál v nadcházejících letech.

### 2.2.1 Nejpoužívanější typy systémů

Hlediskem o vhodnosti využití může být např. velikost budovy. Ty dělíme na systémy pro velké účelové budovy a samostatné domy. Tyto jsou často obsluhovány proprietárním řešením, které je levnější. Bohužel ale neposkytují tak širokou škálu možností jako mezinárodní standardizované systémy. Mezi nejrozšířenějších systémy z první kategorie patří: KNX/EIB, LonWorks, BACnet. Naopak v domácnostech se můžeme setkávat nejčastěji s realizacemi NikoBus, Xcomfort, Ego-n, Inels, Domintell, Devilink, Synco Living, MyHome a další. U těchto systému je vhodné volit desetiletím ověřené firmy, u kterých je větší jistota, že budou i nadále existovat a udržovat podporu své proprietní platformy.

S ohledem na skutečnost, že systém KNX/EIB je objektem pro sjednocení technologií, čili universálním standardem, bude mu v této práci věnována hlavní pozornost.

### 2.2.2 KNX/EIB

Někteří výrobci implementovali svůj proprietární protokol/sběrnici, na rozdíl od EIBA (European Installation Bus Association), která nabízí otevřený a mezinárodně normalizovaný systém již od roku 1990. Během jeho existence došlo ke sloučení s několika dalšími organizacemi a nyní je na trhu znám pod jménem KNX/EIB. KNX je zkratkou pro organizaci Konnex, která vznikla fúzí EIBA s dalšími organizacemi v květnu 1999.

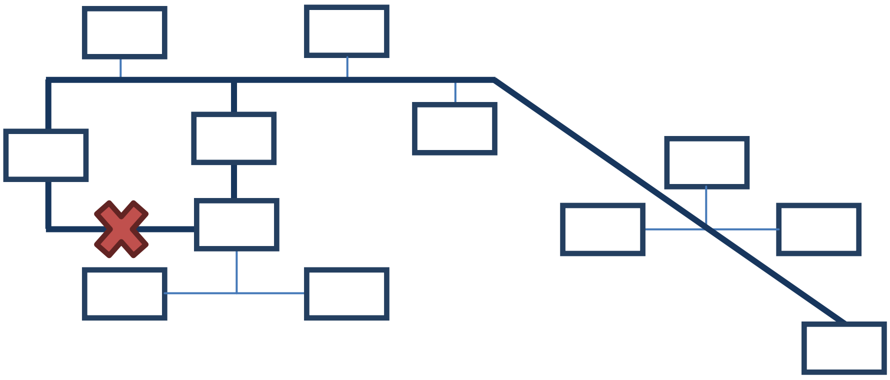
Evropská instalační sběrnice je decentralizovaný systém inteligentní instalace. Oproti klasické instalaci odděluje stejnosměrnou řídící sběrnici a střídavou silovou část. Konvenční instalace využívá řízení silovou částí a musí být přivedena do všech ovládacích prvků. Nastínění této skutečnosti je patrné viz Obr. 2.4.

Pro svou komunikaci mezi inteligentními prvky definuje pět typů fyzických vrstev.

Obr. 2.4: Klasická (nalevo) a systémová instalace (napravo).

### a) Topologie

Topologii je možno volit téměř libovolným způsobem až na jediné omezení spočívající v tom, že sběrnice nesmí být uzavřena. Spojení do sběrnice, hvězdy nebo stromu jsou povoleny. Na obrázku Obr. 2.5 je nedovolené uzavření vyznačeno.

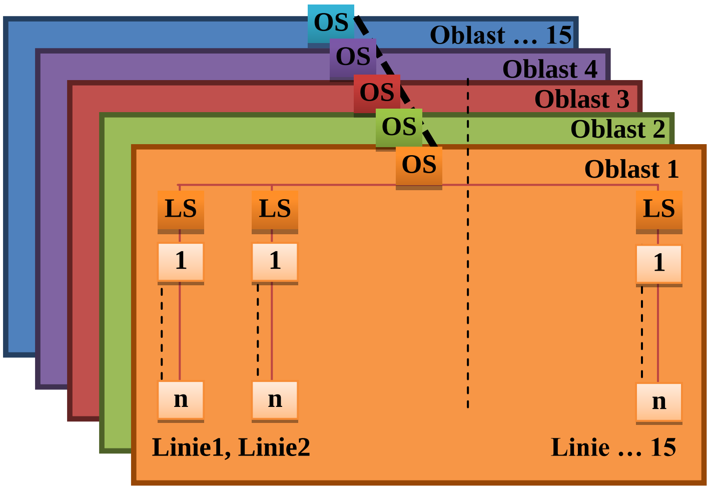


Obr. 2.5: Příklad kombinované topologie.

Systém KNX/EIB pracuje s liniemi, což je celek, který může například představovat obývací pokoj. Jedna linie může obsahovat až 256 přístrojů, které jsou připojeny hlavní linií do jedné oblasti. Oblastí jsou typicky jednotlivá patra nebo logické celky jako kanceláře. Maximálně je možné spojit 15 linií do oblasti, které dále

tvoří napojení na linii páteřní. Ty mohou pracovat až s 15ti oblastmi. Celkem tímto uspořádáním jsme schopni adresovat 57600 přístrojů [9].

Propojení oblastí je realizováno liniovými spojkami. Spojky filtrují provoz, který není určen pro konkrétní oblasti či větve a tvoří galvanické oddělení.




Obr. 2.6: Oblastní (OS) a liniové (LS) spojky.

### b) Typy fyzických médií a komunikace po TP

**PL:** Komunikační médium KNX/PL (Power Line) využívá neobvyklý přístup k jednotlivým prvkům, a to konkrétně přes silové elektrické vedení při komunikační rychlosti 1,2 Kbit/s (KNX PL110) nebo 2,4 Kbit/s (KNX PL132) [8]. Přístup ke sběrnici systémové instalace je možné i bezdrátově. Přenos rádiovými vlnami definuje KNX RF (Radio Frequency) při přenosové rychlosti 16,384 Kbit/s [8]. Přenos je realizován na frekvenci 868 MHz (VKV pásmo). Další bezdrátový přístup mohou tvořit prvky komunikující v infračerveném spektru. Nově se vyskytují i moduly pro přenos KNX sběrnice po optických kabelech, kde je potlačena možnost elektromagnetického rušení.

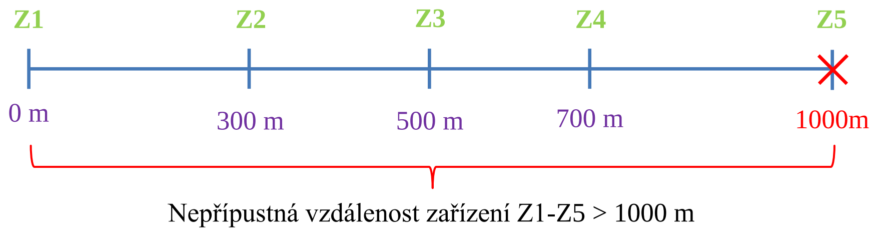
**IP:** Druhým možným přístupem je pomocí Ethernetu KNXnet/IP (Internet Protokol). Tento způsob využívá téměř všudypřítomné počítačové sítě. Tato implementace dokáže KNX telegramy vysílat jako součást IP telegramů, což může přinášet mnohé výhody. Jedna z nich je možnost přenášet KNX datagramy IP sítěmi napříč technologiemi fyzické vrstvy. Díky této lze sjednotit prvky systémové instalace s datovými rozvody. Myšlenkou sjednocení těchto technologií se zabývá kapitola 5.

**TP:** Nejčastějším typem média je KNX/TP (Twisted Pair) využívající propojení krouceným párem. Přenosová rychlost činí 9,6 Kbit/s. Hojně využívaný je certifikovaný sběrnicový kabel typu KSK224 sloužící k propojení jednotlivých zařízení v systému KNX. Je určen pro aplikace bezpečného malého napětí SELV. Jedná se o stíněný kabel typu YCYM 2x2x0,8. Jeho skladba je patrná viz Obr. 2.7.

Obr. 2.7: KNX TP.

Skládá se ze dvou párů vzájemně kroucených vodičů. Hlavní pracovní pár červená/černá je v případě porušení či potřeby nahrazen náhradním žluto/bílým. Páry jsou opleteny kovovou fólií, která ve spolupráci se speciálním vodičem vyrovnává potenciál, přičemž vlastní pracovní vodiče jsou kryté další plastovou fólií.

KNX sběrnice slouží pro napájení i pro přenos informací mezi účastníky sběrnice. Její maximální délka je omezena na 1000 m v rámci jedné linie a 700 m mezi přístroji. Maximální vzdálenost od zdroje je sociací Konnex dána 350 m [7].



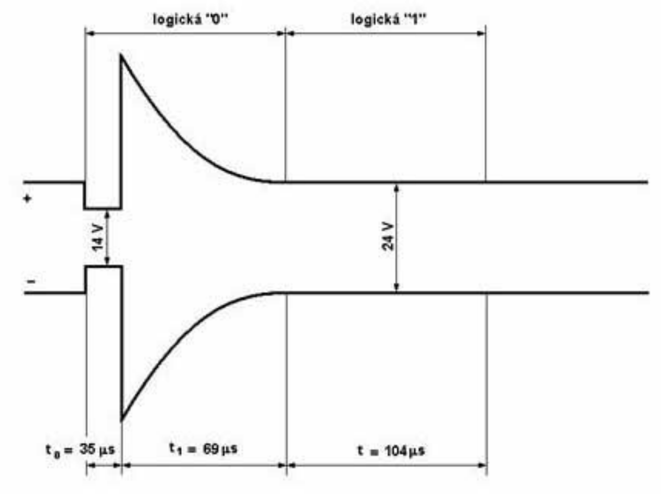

Obr. 2.8: Délka sběrnice.

Komunikace mezi účastníky probíhá pomocí skupinových adres, které lze pomocí programovacího nástroje ETS zvolit dvou nebo tříúrovňové. Příklad tříúrovňového může být členění objektu na patra, pokoje a konkrétní funkce v nich. Tyto funkce jsou aktivovány nejčastěji senzory, které vysílají telegramy skupinovým adresám (DPT). Jeden senzor může vyslat telegram maximálně na jeden aktor. Naopak aktor, který telegramy od senzorů přijímá, může vykonávat činnost spínání, rozepínání, stmívaní aj. na základě povelů od více senzorů.

Přenos telegramů je ošetřen proti kolizi na společném médiu metodou CSMA/CA [6]. Pokud účastník má data k odeslání, tak nejprve naslouchá, zda-li nebyla po dobu $t_1$ zachycena komunikace. Pokud ne, začne vysílat a za dobu $t_2$ od vysílání bude

očekávat potvrzení. Dojde-li k vysílání dvou účastníků ve stejný čas, dostane přednost ten telegram, u kterého jeho bitová posloupnost bude mít dříve načtenou log 0. Příkladem může být současná komunikace účastníku A (1101) a účastníka B (1100). Dominantní bude účastník B, protože na čtvrté pozici má 0 bit. Proto bude jeho telegram přenesen a účastník A vyšle telegram později, zpravidla se vysílání může až 3x opakovat.

Napětí na sběrnici je 24 V ss. Tolerance je + 6 V a – 4 V [7]. Vlastní telegramy jsou vysílány pomocí digitálních signálů. Konkrétně symetrickým vychýlením úrovně na vodiči CE + a CE – viz Obr. 2.9.




Obr. 2.9: Přenos logických stavů [9].

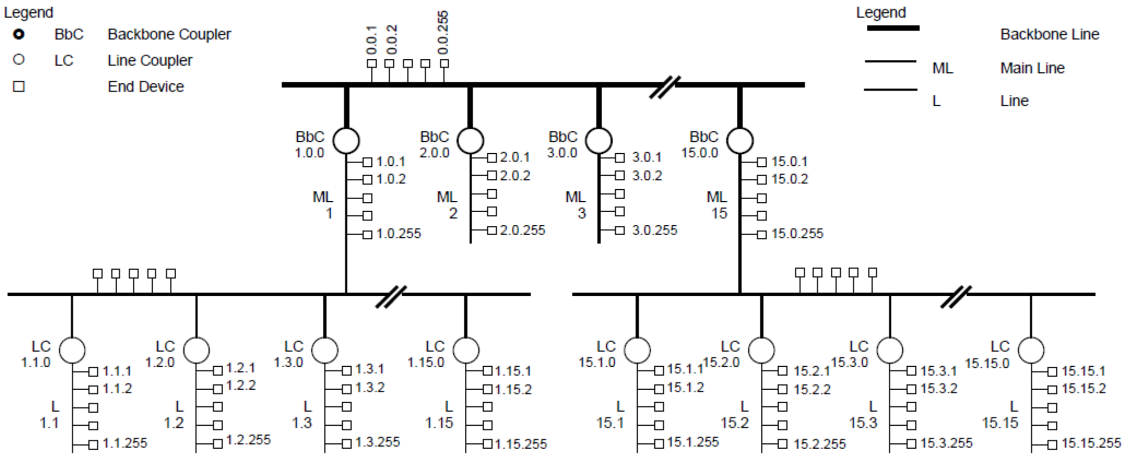
Potřebná doba pro přenos jednoho bitu je dána vztahem 2.1, který je odvozen od přenosové rychlosti 9,600 Kbit/s.

$$t_{1bit} = \frac{1}{9600} = 104\,\mu s. \qquad (2.1)$$

Typická doba přenosu telegramu je 20-40 ms v závislosti na počtu přenášených informací. Obecně lze tedy říct, že můžeme přenést až 40 telegramů za vteřinu, což je v rámci domácího prostředí zcela dostačující. Zpoždění v rámci sběrnice je i v případě kolize rovno maximálně stovkám milisekund [12]. Při zatížené síti se tomuto parametru věnuje simulace viz kapitola 6.

## c) Adresování

Podobně jako v IP sítě, tak i inteligentní systémy využívají adresaci [6]. Tvoří ji celkem 16 bitů. První 4 bity adresují oblast, další 4 linii a posledních 16 samotný přístroj v linii. Např. máme-li adresu 4.8.15, tak je patrné, že se jedná o 15. přístroj v 8. linii a 4. oblasti. Adresy 0 jsou vyhrazeny pro hlavní linie, které propojují oblast liniovými spojkami.




Obr. 2.10: Příklad logické topologie s individuálním adresováním [6].

## d) Profily

Definice profilů vychází z požadavku jednoduché integrace zařízení do KNX sběrnice. Rozeznáváme tři základní módy, ze kterých je možno si vybírat při začleňování prvků do instalace.

System mode devices - systémový mód využívá výkonný nástroj ETS s PC pro plně univerzální a multifunkční konfiguraci procesů.

A-mode devices – představuje inteligentní automatický mód, jenž by měl sám vyhledat patřičné spojení. Vhodné pro dočasné/často modifikující se systémy.

Easy mode devices – je určen pro snadnou instalaci podle specificky daných akcí (např. podržením tlačítka) na jeden logický segment sítě.

### Použitá literatura

Potřebné informace k druhé kapitole jsou čerpány z publikací [3], [6], [7], [9], [11], [12], [19].

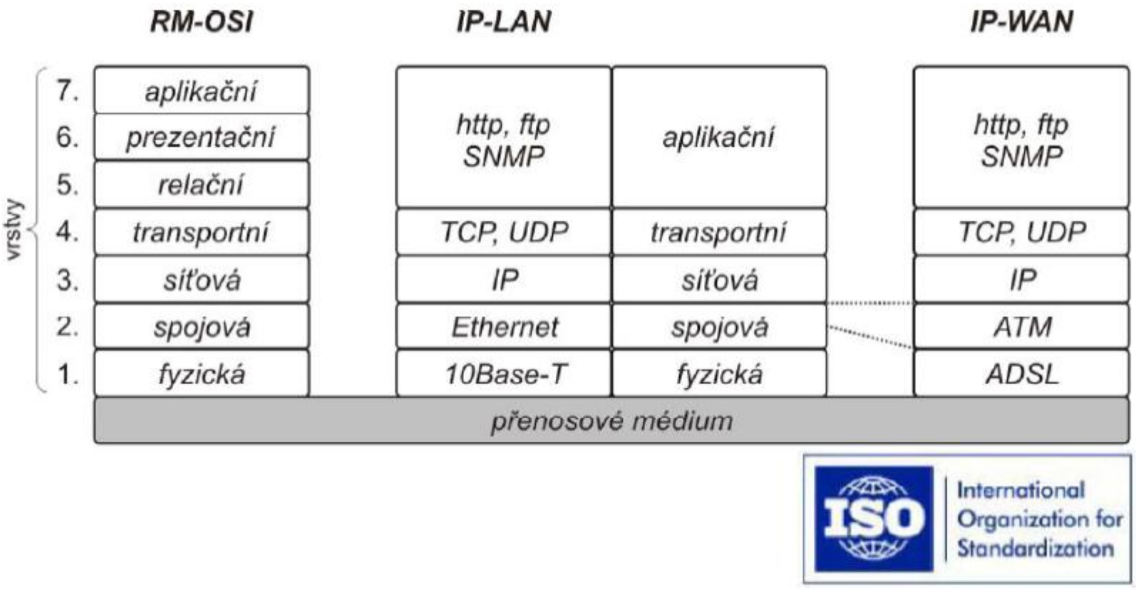
# 3 TECHNOLOGIE PRO PŘENOS DAT V DOMÁCNOSTI

Kapitola obsahuje shrnutí a informace týkající se nejpoužívanějších technologií pro přenos dat v domácnostech. Je poukázáno na specifické vlastnosti a okolnosti, které hrají roli při budování těchto sítí.

## 3.1 Referenční model ISO/OSI

Vznik referenčního modelu OSI byl zapříčiněn potřebou vytvořit soubor operací, podle kterých by se dalo obecně postupovat při přenosu dat. Model ISO/OSI je vrstvový model komunikačního schématu, který je rozdělen na dílčí funkční části. Ty se dělí na 7 vrstev: aplikační, prezentační, relační, transportní, síťovou, spojovou, fyzickou [17].

Každá z nich má podle standardizačního výboru organizace ISO své jasně dané funkce. Není zde daný postup, jak se operace mají provádět, ale pouze to, co mají zajistit. Díky tomuto členění je možné vzájemně komunikovat bez ohledu na výrobce a typ fyzické vrstvy. Jde tedy o určitý stupeň standardizace celého komunikačního řetězce zpracování dat.




Obr. 3.1: Schéma RM ISO/OSI [20].

### 3.1.1 Fyzická

Jejím úkolem je zajistit přenos jednotlivých bitů mezi odesílatelem a příjemcem. Tato vrstva bezprostředně řídí přenosové cesty, definuje typ fyzického média a jeho

parametry. Musí tedy řešit logické úrovně jedničky a nuly, délku trvání bitu, typ kabelů a konektorů, časové rozložení signálu, impulzní masku aj. Mezi nerozšířenější přenosové cesty patří měděné vodiče, optické kabely, družicové a radioreléové spoje.

Představiteli jsou např.: RS232, 10Base-T, aj. Na fyzické vrstvě pracují rozbočovače a opakovače.

### 3.1.2 Spojová

Spojová vrstva, nebo někdy též zvaná linková je bezprostředně nadřazena fyzické vrstvě. Zajišťuje bezchybný přenos dílčích dat a nastavení parametrů linky. Data jsou seskupována do rámců, které jsou velké řádově stovky bytů. Velmi důležitou operací spojové vrstvy je kontrola rámců, zda neobsahují chyby. Ta je zajištěna např. pomocí kontrolního součtu CRC, Hammingova kódu, parity atd. Dojde-li k detekci chyby, vrstva se nejdříve snaží chybu odstranit. V případě neopravitelné chyby je rámec zahozen a je vyžádán požadavek na opětovné vyslání. Bezchybné přijetí rámců je odesílateli potvrzeno. Chybné rámce se pak zahodí a data vyšlou opakovaně. Rámce jsou fyzicky adresovány nezaměnitelnou fyzickou (MAC) adresou, která identifikuje příjemce/odesílatele. Samotná vrstva je členěna na dvě podvrstvy. Podvrstvu Media Access Control jenž řídí přístup k médiu a Logical Link Control. Ta se stará o multiplexaci, demultiplexaci, řízení toku a zabezpečení (např. pomocí CRC).

Představiteli jsou IEEE 802.2, Ethernet, PPP, aj. Fyzicky jsou to přepínače a mosty.

### 3.1.3 Síťová

Síťová vrstva umožňuje přenos celých rámců z nižší spojové vrstvy, ale přitom umožňuje přenos i mezi uzly, které nejsou spojeny přímou linkou. To by samotná spojová vrstva neumožnila. Chybí ji k tomu potřebné směrování přenášených rámců, které jsou dále označovány jako pakety. Síťová vrstva navíc pakety neboli datagramy vybavuje adresou, podle které je možné paket v síti dále směrovat. Směrování zabezpečují směrovací protokoly. Např. BGP, OSPF, RIP. Díky nim síťová vrstva tedy může znát topologii sítě. Mezi protokoly využívající tuto vrstvu patří např. IP, ARP, ICMP, aj. Síťová služba zajišťuje službu se spojením nazývanou spolehlivá a službu bez spojení označovanou jako nespolehlivou, datagramovou. Hlavním cílem

vrstvy je zabezpečit komunikaci na rozdílných typech síťových technologií a vytvořit tak unifikované rozhraní. Fyzickým představitelem je směrovač.

### 3.1.4 Transportní

Zajišťuje transparentní přenos paketů s definovanou kvalitou mezi libovolnými uzly sítě a vytváří iluzi přímého spojení komunikujících uzlů. Nezabezpečuje přepojování ani směrovací techniky. Zabývá se tedy jen komunikací koncových účastníků. Stará se o navazování, udržování a ukončování transportních spojení nebo v případě nespojově orientované služky o přenos bloků. Při přijmu vyjímá data z paketů a při odesílání data do nich vkládá. Díky tomu zpráva může mít rozličnou velikost.

Představitelem spojově orientované služby je TCP protokol a naopak nespojově orientované UDP. Spojově orientované služby využíváme tam, kde je nutné zabezpečit spolehlivost doručených dat. Představiteli jsou FTP, HTTP. Opačným pohledem může být stream zvuku nebo videa, kde nepotřebujeme potvrzování (UDP). V takových aplikacích malé ztráty neohrozí přenos dat.

### 3.1.5 Relační

Jak již je z názvu patrné, vrstva pracuje s relacemi mezi koncovými účastníky. Zabezpečuje tedy výměnu dat mezi aplikacemi. Její vhodné přirovnání je k moderátorovi diskuze, který otevírá a uzavírá relaci, obnovuje spojení a určuje, kdo kdy má vysílat. Představiteli jsou např. SSL, RPC, NetBIOS.

### 3.1.6 Prezentační

Tato vrstva slouží pro zabezpečení správnosti reprezentace dat. Tím rozumíme to, aby na všech komunikujících zařízení měla přenášená data stejný význam. To je možné napříč různými architekturami, které využívají odlišné znakové kódy. Dnes je nejrozšířenější kód ASCII. Dalším posláním je kontrola integrity, případně komprese, šifrování a digitální podepisování. Typickým příkladem je správné řazení bitů, aby nedošlo k záměně MSB/LSB. Protokol fungující na této vrstvě je Samba.

### 3.1.7 Aplikační

Nejvýše postavenou vrstvou je sedmá aplikační. Tato vrstva vytváří jednotný formát rozhraní k vlastním programům, aby bylo možné data na koncová zařízení interpretovat. Zabezpečuje tedy aplikacím přístup ke komunikačnímu systému. To lze protokoly, které zajišťují např. webové služby (HTTP), přenosy souborů (FTP), elektronickou poštu (POP3, IMAP), DHCP, SSH, Telnet aj.

## 3.2 Ethernet

Jedná se o nejrozšířenější síťovou technologii v LAN definovanou standardy IEEE 802.2, 802.3, Ethernet II. [14]. Ve skutečnosti název Ethernet je souhrnné označení pro více typů a verzí, které se postupně vyvinuly. V modelu ISO/OSI zaujímá pozici pro fyzickou vrstvu a spojovou. Rané verze využívaly nejprve koaxiální kabely a sběrnicovou topologii. Třídění paketů pak probíhalo na základě MAC adres, kdy všechny stanice, vyjma cílové, paket zahodily. Jen v případech speciálních stanic určených pro monitorování provozu sítě bylo využito režimu, který přijímal vše.

Proto, aby nedocházelo ke kolizím při současném pokusu stanic o vysílání, zavedla se metoda CSMA/CD. Tato metoda funguje na principu ověření dostupnosti na přenosovém médiu a v případě, že je volno, začíná vysílat. Dojde-li k situaci, kdy se toto vysílání střetne s dalším např. vlivem zpoždění, tak stanice vyšlou jam signál a po náhodné době se realizuje vysílání opakovaně.

Jak již bylo dříve, do přenosových médií patří dnes už nevyužívaný koaxiální kabel, velmi využívaná kroucená dvojlinka a velmi perspektivní optická vlákna. Z hlediska domácích LAN sítí je plně dostačující metalická podoba, která poskytuje dostatečně velkou šířku pásma a je ekonomicky dostupná. Zároveň odpadají problémy se svařováním vláken a opakovaným optoelektrickým převodem.

Optická vlákna pro změnu nabídnou velmi vysokou datovou propustnost, nulové rušení při souběhu inženýrských sítí a investici do budoucnosti. Ceny již nejsou tak vysoké a rychle klesají, přesto je ale potřeba pro instalaci speciální a nákladné vybavení.

Dosahované rychlosti pro jednotlivé dnes nejpoužívanější typy Ethernetu shrnuje Tab. 1.1. Existuje sice více typů, ale buď se již nepoužívají, nebo nejsou ještě běžně nasazené v domácím prostředí. Nejběžnější konektory pro metalické a optické spojení jsou zobrazeny na Obr. 3.2.

Tab. 3.1: Přehled používaných typů Ethernet(ů) v domácnostech

| Typ | Médium | Rychlost | Doplň. informace |
|---|---|---|---|
| 10BaseT | kroucená dvoulinka | 10Mbit/s | již nepoužívaný |
| 100BaseTX | UTP, STP, cat. 5, 2 páry | 100Mbit/s | Fast Ethernet |
| 100BaseFX | 2x opt. vlákno | 100Mbit/s | / |
| 1000BaseT | UTP, STP, cat. 5e, 4 páry | 1000Mbit/s | Gigabit Ethernet |
| 1000BaseSX(LX) | MM,(SM) opt. vlákna | 1000Mbit/s | Gigabit Ethernet |

Obr. 3.2: Typy konektorů, zleva RJ45, SC, LC.

## 3.3 WiFi

Bezdrátový přístup do domácích sítí LAN zabezpečuje nejčastěji technologie WiFi. Někdy je také známá pod označením WLAN. Využito je bezlicenčního 2,4/5 GHz ISM (Industry, Science, Medical) pásma, které poskytuje vhodné prostředí pro provoz bezdrátových datových sítí. První mezinárodní standard pro tyto sítě byl publikován v roce 1997, pod označením IEEE 802.11.

Díky WiFi alianci, která testuje a schvaluje zařízení s propůjčeným logem „WiFi“ se tyto sítě velmi rychle rozšířily a staly se vzájemně kompatibilní. To se postupem času projevilo na dostupnosti i ceně . Nyní je IEEE 802.11 rozšířeno o několik dalších specifikací viz Tab. 3.2.

Tab. 3.2: WiFi přehled specifikací.

| Specifikace | Přenosová rychlost | Frekvenční pásmo | Technika přenosu |
|---|---|---|---|
| 802.11 | 2 Mbit/s | 2,4 GHz | DSSS |
| 802.11a | 54 Mbit/s | 5 GHz | OFDM |
| 802.11b | 11 Mbit/s | 2,4 GHz | DSSS |
| 802.11g | 54 Mbit/s | 2,4 GHz | OFDM |
| 802.11n | 600 Mbit/s | 2,4 / 5 GHz | DSSS, MIMO |

Fyzické médium tvoří „éter“ a rozlišujeme mezi několika technikami přenosu. DSSS využívá techniku přímého rozprostřeného spektra a OFDM ortogonální multiplex s kmitočtovým dělením [16].

Struktura sítě je buď typem Ad-hoc, kdy účastnící komunikují mezi sebou napřímo nebo Infrastructure. Druhý typ je tvořen přístupovými body AP (Acess Point), na který jsou připojeni klienti. To znamená, že veškerá komunikace není přímá, ale přes prostředníka AP. K identifikaci WiFi sítí slouží SSID (Servise Set Identifier), který obsahuje řetězec maximálně 32 ASCII znaků. V některých případech může být konfigurací zakázané vysílat SSID identifikátor do okolí. Je to jedna z možností jak znesnadnit neautorizovaný vstup do sítě.

Zabezpečení je mnohdy uživateli podceňováno. Velká část dnešních domácností používá WiFi routery, které jsou od výrobce nezabezpečeny. Pro neznalého uživatele, který zařízení jen fyzicky zapojí, to může představovat bezpečnostní rizika. Ty můžeme eliminovat zabezpečovacími technikami. Nejpoužívanější je WEP, WPA, WPA2, 802.1X a další jako např. filtrování MAC adres, Radius server, VPN tunelování aj.

WiFi může být použita jako technologie poslední míle nebo zároveň i přístupová technika do místní sítě v rámci budovy. První varianta počítá se směrovými anténami, se kterými je dle okolních podmínek možno realizovat spoje až na jednotky km. Druhý přístupový režim v rámci budovy poskytuje jen omezený dosah, rámcově v desítkách metrů. Velmi záleží na konstrukci a dispozici budovy. Pro tyto účely se využívá malých všesměrových antén, které dosahují parametrů 1-3 dBi. Pro rozšíření rádiového dosahu je vhodná instalace opakovačů.

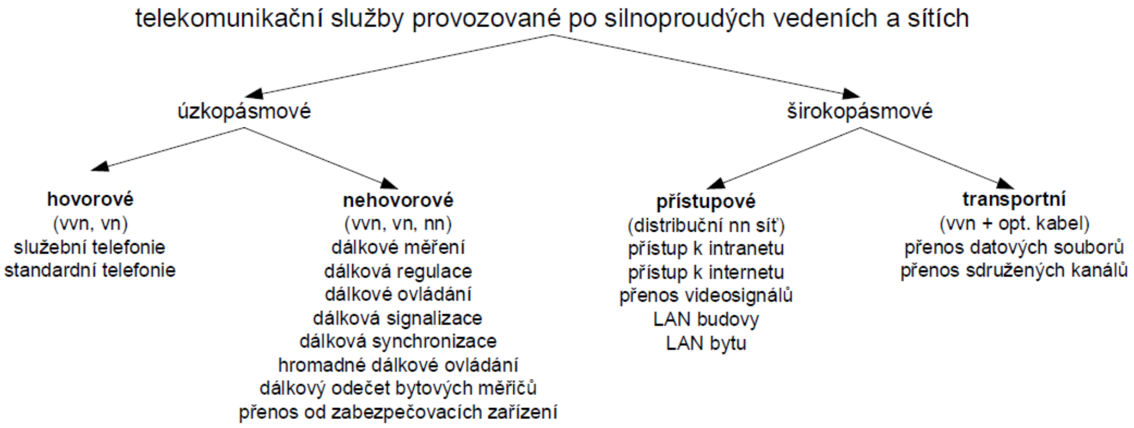
## 3.4 PLC

Technologie pro přenos dat po elektrické síti, anglicky též PLC (Power Line Communication). Během postupného vývoje byla tato technologie využita zejména v energetice, kde sloužila jako médium pro služební signalizaci, telemetrii, mezirozvodnovou telefonii a HDO (Hromadné Dálkové Ovládání). Rokem 2004 byl spuštěn projekt OPERA (Open PLC European Research Alliance), který měl za úkol vytvořit systém přenosu dat. Nyní je technologie běžně využívána tam, kde není vhodné budovat WiFi nebo pokládat strukturovanou kabeláž. Instalace je typu „PnP“

a umožňuje kooperaci několika PLC modemů současně. Modemy jsou vybaveny konektory RJ45 pro Ethernet (Fast Ethernet). Přivedená data se následně vysokofrekvenční modulací superponují na síťové napětí 50Hz [20].

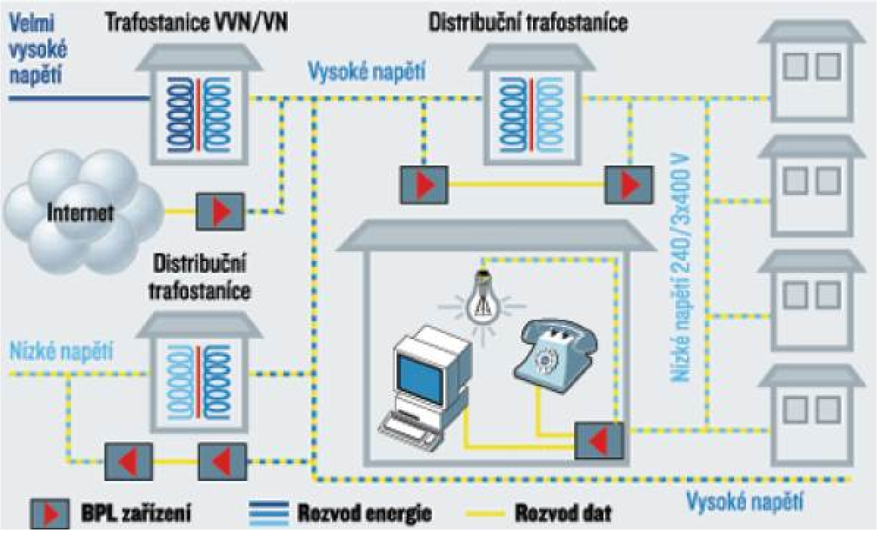
### 3.4.1 Provozované služby

Služby provozované po elektrických rozvodných sítích dělíme na úzkopásmové a širokopásmové (BPL) [20]. První z nich (hovorové) slouží pro služební a standardní telefonii. Nehovorové úzkopásmové služby zprostředkovávají dálkové měření, regulaci, ovládání, synchronizaci nebo dálkový odečet bytových měřičů. Širokopásmové pracují pro transportní provoz. Tedy přenosy datových souborů a sdružených kanálů. Naopak širokopásmové přístupové služby PLC umožňují přístup k internetu, intranetu nebo síťové propojení LAN, viz Obr. 3.3.

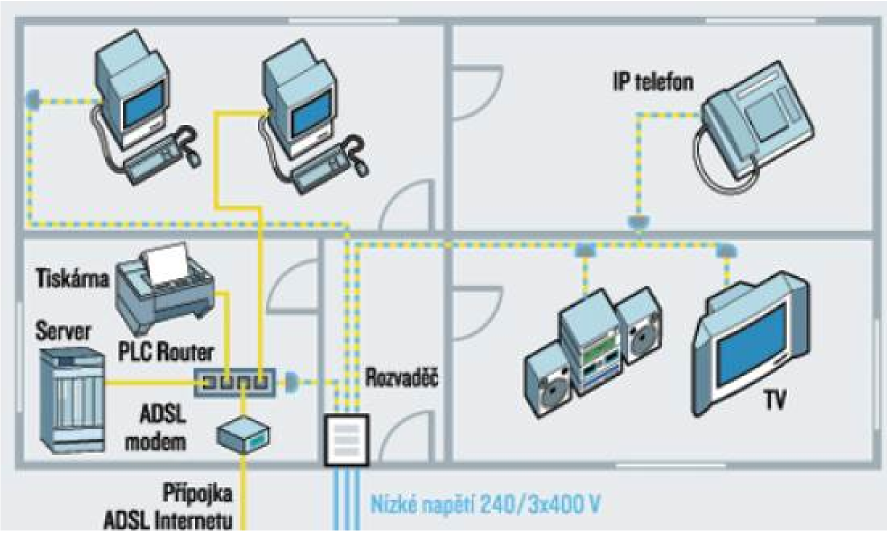



Obr. 3.3: Typické služby PLC/BPL [4].

Původní záměr počítal s využitím širokopásmové technologie PLC/BPL jako prostředníkem mezi koncovým uživatelem a přístupovou sítí. Tento přístup se označuje jako outdoor (Obr. 3.4) systém, který se na našem území nerozšířil. Druhý typ indoor (Obr. 3.5) se naopak uplatňuje v domácnostech a kancelářích. Jeho velkou výhodou je snadná bezkonfigurační instalace. Modely se z pravidla kupují v páru a mohou být už přednastavené včetně zabezpečovací techniky.




Obr. 3.4: Outdoor BPL [4].




Obr. 3.5: Indoor BPL [4].

Architektura BPL se skládá z hlavní stanice (HE - Headend). HE řídí provoz a přiděluje kapacitu pro zařízení. Umísťuje se do trafostanice (outdoor) nebo paty budovy (indoor). Koncové zařízení (CPE – Customer Premises Equipment) jsou uživatelské modemy vybavené rozhraním pro datovou linku. Nejčastěji USB, RJ45, RJ11. Opakovače (REP - Repeater) tvoří regenerační jednotky a zvyšují maximální dosažitelnou vzdálenost přenosu [4].

Otázka zabezpečení a šifrování dat je řešena symetrickou šifrou DES 56bitů, 3DES (2 až 3 nezávislé klíče) 112/68 bitů a WEP.

Hlavním nedostatkem systémů PLC obecně je existence velkého počtu zdrojů rušení a samotným přenosovým médiem, které není primárně určené pro datový provoz.

Přenosová rychlost rychle klesá se zvyšující se vzdáleností (indoor systémy bez opakovačů). V rámci domu z jednotek Mbit/s na stovky Kbit/s a méně (v závislosti na typu modemů a instalaci). Zřejmě i proto se tato technologie v domácnostech příliš nerozšířila.

## 3.5 Minoritní technologie

V závislosti na pokročilých stupních implementace embedded systémů a integrovaných řešení se můžeme stále častěji setkávat s nízkovýkonnými bezdrátovými prvky. Ty byly dříve výsadou průmyslového nasazení. V zásadě je můžeme chápat jako technologie pro přenos dat, i když slouží zejména jako senzorové a monitorovací sítě, často využívající mesh topologii. Tato energeticky efektivní řešení nabízí efektivní pro sběr dat z čidel, měřidel, ale nachází své využití i v rámci přenosu povelů systémových sběrnic. Přenosově nejsou určené pro masivní datové objemy, ale v rámci specifických požadavků zastupují důležitou roli. Jejich pracovní pásma jsou provozována nejčastěji v bezlicenčních rádiových frekvencích 433MHz, 868 MHz (916 MHz USA) a 2,4 GHz.

Mezi představitele patří: Bluetooth, ZigBee, WirelessHart, IQRF, 6lowPAN, ISA100.11, OASiS aj.

## 3.6 Shrnutí

Pro domácí instalace je nejvhodnější využití převážně 100/1000 Mbit/s Ethernetu pro jeho vysokou spolehlivost, cenovou nenáročnost a dosahované vysoké přenosové rychlosti [16]. Jako sekundární médium pro přístup k síti prostřednictvím mobilního zařízení je vhodná technologie 802.11n, která využívá techniku MIMO (Multiple Input - Multiple Output). Díky ní dosahuje vysoké přenosové propustnosti.

### Použitá literatura

Potřebné informace k třetí kapitole jsou čerpány z publikací [2], [4], [14], [16] [17], [20].

# 4 MOŽNOSTI KONFIGURACE A ZAČLENĚNÍ KNX/EIB DO SÍTĚ

Pro cvičnou konfiguraci a demonstraci funkčnosti zamýšlených principů v praxi byla zvolena názorná ukázka. Testovací topologii tvoří jednoduchý panel s KNX prvky viz Tab. 4.1. Topologie panelu je znázorněna na Obr. 4.2.

Jedná se o decentralizovaný inteligentní systém domácího řízení s komponenty ABB. Tato kapitola pojednává o způsobu programování a možnostech lokální i vzdálené správy a řízení.

Obr. 4.1: KNX/EIB logo.

## 4.1 ETS

Aplikační nástroj ETS (Engineering Tool Software) je v rámci KNX sběrnice plnou softwarovou podporou pro konfiguraci všech schválených zařízení KNX asociací. V současnosti je na trhu cca 250 certifikovaných výrobců, kteří dodávají nepřeberné množství typů a modifikací tlačítek, senzorů, akčních členů, napájecích zdrojů, displejů, a dalších prvků KNX/EIB sběrnice.

Pod pojmem plná softwarová podpora se skrývá univerzální nástroj pro implementaci a realizaci projektů za využití importovaných databází pro jednotlivá zařízení, jež dodávají jejich výrobci. Všechna zařízení KNX sběrnice od různých výrobců můžeme pohodlně konfigurovat, řídit, ovládat a monitorovat z jednoho aplikačního centra. Kompatibilita je garantována standardizací. Všichni systémoví integrátoři na světě tedy disponují stejným nástrojem.

V současnosti je na trhu již verze ETS4, která je čtvrtou evolucí prostředí, které se vyvíjí od roku 1993. Kompatibilita uložených projektů napříč verzemi je zabezpečena od verze ETS2.

Vývojové verze jsou k dispozici pro začátečníky i velmi zkušené KNX instalační partnery [5].

| | |
|---|---|
| ETS4 Demo: | bezplatná testovací verze pro velmi malé projekty |
| ETS4 Lite: | určeno pro malé až střední projekty |
| ETS4: Professional: | projekty všech rozsahů, plná funkčnost |

ETS Professional je silný nástroj pro integraci automatizace. Umožňuje plánování a design projektu, uvedení systému do provozu, projektovou dokumentaci, diagnostiku a řešení vzniklých poruch a chyb.

Pro vyzkoušení je možné si stáhnout ETS4 Demo zdarma z oficiálních stránek KNX asociace www.kng.org. Samotnou konfiguraci KNX prvků pomocí ETS nástroje diskutuje [12].

## 4.2 Cvičný panel

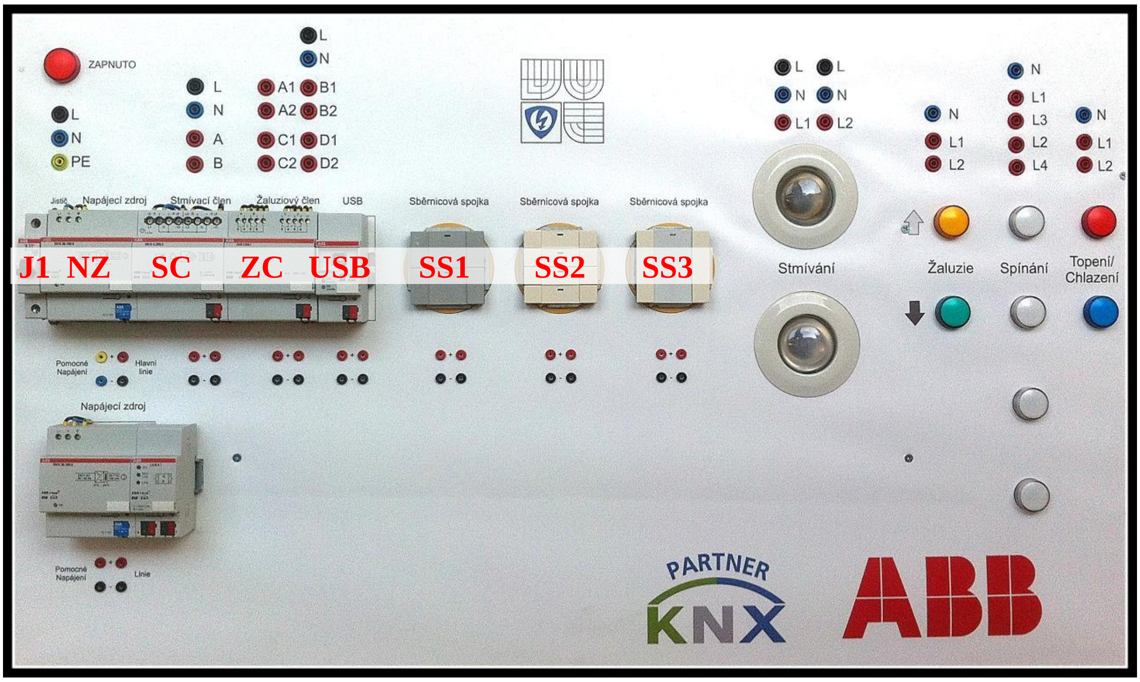
Na vstupu panelu je hlavní jistič, jenž dále napájí silové části. Pro napájení datové sběrnice KNX/EIB slouží zdroj SV/S 30.320.5, který dodává 30 V/320 mA. Z tohoto zdroje jsou napájeny sběrnicové spojky, USB rozhraní aj. Stmívací člen UD/S 2.300.2 disponuje dvěma výstupy. Dokáže tedy samostatně a plynule regulovat dva světelné zdroje. Napravo od stmívacího členu je panel osazen žaluziovým čtyř-výstupovým členem JA/S 4.230.1, který slouží pro ovládání pohonu žaluzií, ale lze jej využít např. i pro spínání ventilátoru, klapek vytápění aj.

Následně pro vyslání povelů ke stmívacímu nebo žaluziovému členu slouží sběrnicové spojky, na které jsou připojeny tlačítkové snímače. Snímače jsou vybaveny signalizačními diodami a ty lze naprogramovat tak, aby hlásily požadované stavy systému. Pro testovaní výstupu slouží na panelu bodové žárovky a kontrolky pohonu žaluzií, spínání a topení/ chlazení.

V rámci práce byla navázána komunikace s Fakultou strojního inženýrství, odkud byl Ing. Tomášem Maradou, Ph.D zapůjčen modul IP rozhraní. Díky němu mohlo být implementováno zamýšlené řízení sběrnice po IP síti.

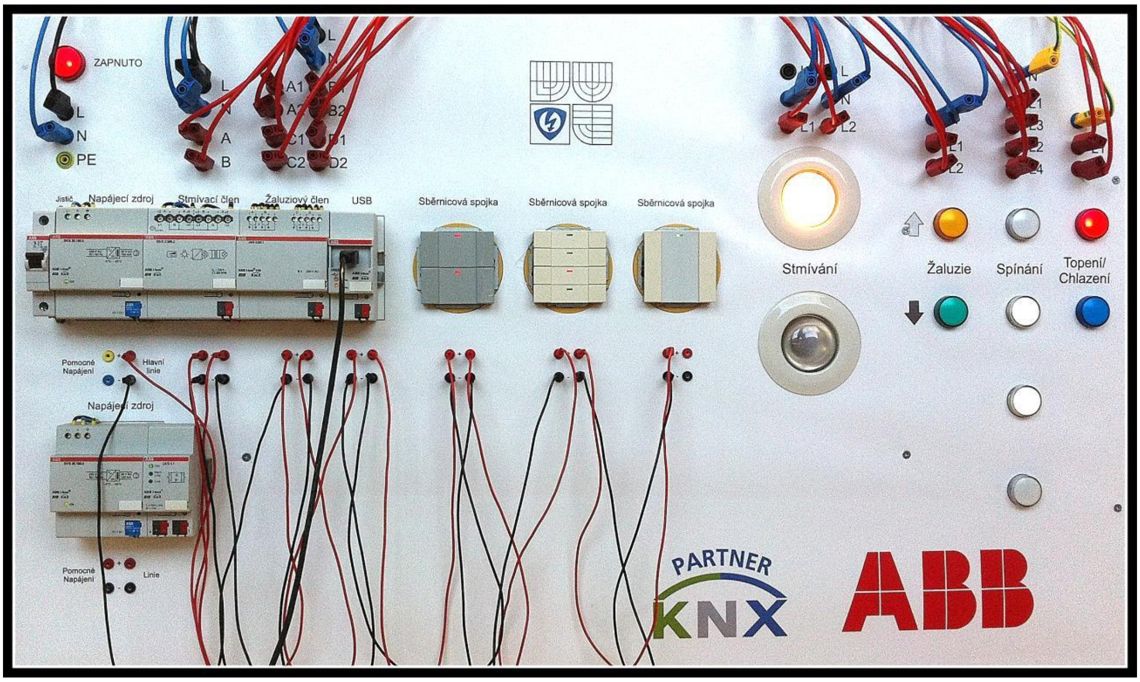
Tab. 4.1: Použité prvky na cvičném panelu.

| Pořadí | Název | Výrobní označení | Označení ve schématu |
|---|---|---|---|
| **1** | Jistič | S201-C 2A | J1 |
| **2** | Napájecí zdroj | SV/S 30.320.5 | NZ |
| **3** | Stmívací člen | UD/S 2.300.2 | SC |
| **4** | USB rozhraní | USB/S 1.1 | USB |
| **5** | IP rozhraní | IPS/S 2.1 | (IP) |
| **6** | Sběrnicová spojka | 6120 U-102-500 | SS1 |
| **7** | Dvoutlačítkový snímač | 6126 | SS1 |
| **8** | Sběrnicová spojka | 6120 U-102-500 | SS2 |
| **9** | Čtyřtlačítkový snímač | 6127MF | SS2 |
| **10** | Sběrnicová spojka | 6120 U-102-500 | SS3 |
| **11** | Jednotlačítkový snímač | 6125 | SS3 |
| **12** | Žaluziový člen | JA/S 4.230.1 | ZC |




Obr. 4.2: Cvičný panel v nezapojeném stavu.

IP rozhraní bylo připojeno pomocí sběrnice a systémových konektorů mimo cvičný panel, protože muselo být během tří dnů navráceno Fakultě strojního inženýrství.




Obr. 4.3: Cvičný panel v provozu.

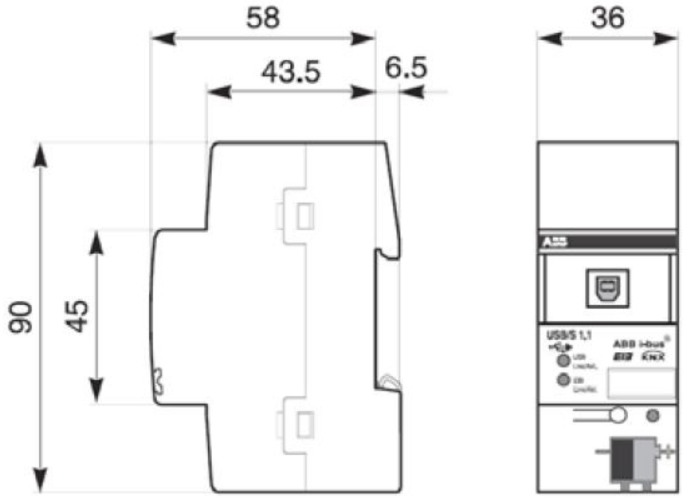
## 4.3 Možnosti začlenění do sítě

Začlenění do domácí sítě lze realizovat několika způsoby. Každý z nich nese své přednosti i určitá omezení. V následujících podkapitolách jsou uvedeny nejpoužívanější komunikační rozhraní a spojky. Začlenění je zamýšleno pro možný vzdálený přístup na sběrnici KNX/EIB.

### 4.3.1 USB

Prvním způsobem může být využitím rozhraní USB v kombinaci domácího serveru. Jestliže je v rámci domácí sítě používán server pro sdílení dat a dalších služeb, můžeme jej využít a získat pomocí USB přístup ke KNX/EIB sběrnici. Toto řešení naráží ale i na své nevýhody. Je nutný běh serveru, a nebo jeho spuštění na vyžádání. To nese své další komplikace. Neustálý běh nemusí být ve všech případech zcela nutný a vyžadoval by zvýšenou energetickou náročnost. Existují ale i relativně úsporné platformy, které nabízí základní konektivitu (USB/LAN, WLAN, COM), dostatečný výpočetní výkon a architekturu x86 (dnes nejčastěji CPU Intel Atom). V těchto případech je zabezpečena neustálá konektivita ke sběrnici. Na ni můžeme přistupovat vzdáleně pomocí IP rozhraní a směrovacích technik.

Pro USB konektivitu slouží např. USB/S 1.1 přístroj výrobce ABB, který umožňuje komunikaci mezi PC a KNX systémovou instalací a na kterou chceme přistupovat. Pro propojení slouží KNX sběrnicová svorkovnice a USB type B zásuvka. Zařízení je určeno pro montáž do rozvaděčů.




Obr. 4.4: Rozhraní USB/KNX [1].

### 4.3.2 Ethernet

V rámci sjednocení a vzájemné interakce domácí datové sítě se systémovou instalační sběrnicí KNX/EIB tvoří rozhraní Ethernet velmi vhodnou cestu pro systémovou integraci. Jak bude nastíněno v kapitole 5, tunelování KNX/EIB sběrnice skrze IP sítě probíhá za pomoci KNXnet/IP routerů [10]. To jsou zařízení, která konvertují telegramy z protokolu KNX na telegramy, které lze dále přenášet pomocí sítě Ethernet. Díky tomu můžeme využít veškerých výhod, které silně rozšířené IP sítě umožňují. Lze tedy v rámci rozdílných IP sítí přenášet KNX telegramy, jež mohou spojovat logické celky, patra, budovy, pobočky firem, aj. Typicky tyto přístroje slouží jako liniové nebo oblastní spojky.

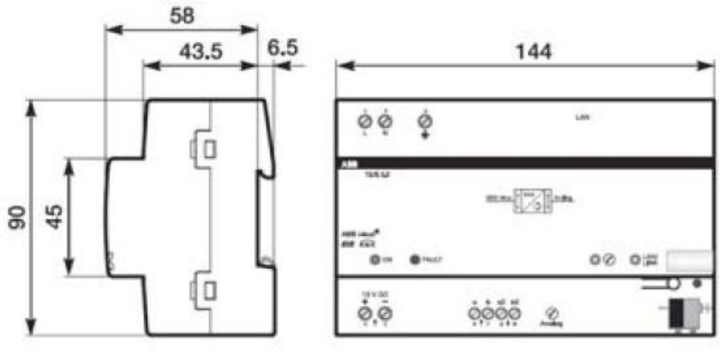
Zástupcem KNXnet/IP routeru od výrobce ABB je zařízení IPR/S 2.1, které umožňuje konfiguraci prostřednictvím ETS z LAN sítě [1]. Pro propojení slouží KNX sběrnicová svorkovnice a RJ45 zásuvka pro Ethernet. Zařízení je určeno pro montáž do rozvaděčů. Disponuje vlastní statickou IP adresou nebo přidělenou adresou DHCP serverem. Pro přístup k IP rozhraní v privátní síti je potřeba se nacházet v jejím adresním rozsahu.

Obr. 4.5: Rozhraní Ethernet/KNX [1].

### 4.3.3 Telefonní rozhraní

V rámci monitorování, vzdáleného hlášení a diagnostiky událostí lze využít i komunikace po PSTN (Public Switched Telephone Network). Veřejná telefonní sít disponuje velmi hustou infrastrukturou a díky tomu je lze velmi snadno využít pro KNX komunikaci.

Zástupcem pro komunikaci KNX/PSTN je např. zařízení TG/S 3.2 výrobce ABB, které mimo jiné umožnuje i vzdálené řízení a zpracování příkazů pro přístroje připojené ke KNX sběrnici [1].




Obr. 4.6: Rozhraní PSTN/KNX [1].

Současnou výhodou je trvalý přístup k LAN. Pro propojení slouží KNX sběrnicová svorkovnice a RJ11 zásuvka pro PSTN a RJ45 pro LAN. Zařízení je určeno pro montáž do rozvaděčů.

### 4.3.4 Alternativní možnosti začlenění

Alternativní možnosti pro začlenění KNX rozhraní do sítě nabízí bezdrátové a optické technologie. V zásadě k těmto možnostem může být přistupováno prostřednictvím některé z výše uvedených typů pro začlenění, který dále budeme implementovat pro specifické vlastnosti optické nebo bezdrátové sítě. Typickým příkladem by mohl být wireless bridge (bezdrátový most) pomocí 802.11x, který by využíval KNXnet/IP routeru a jeho ethernetového portu pro bezdrátový přenos sběrnice IP sítí.

Konkrétním příkladem může být proprietní přenos pomocí KNX kompatibilního zařízení LSBG2041WW prostřednictvím Bluetooth gateway. Touto cestou se vydala např. německá firma Jung. Pro její ovládací prvky kompatibilní s touto technologií dodává i speciální aplikace pro mobilní Windows based PDA zařízení.

Dalším příkladem může být přenos KNX sběrnice na delší vzdálenosti po optickém vláknu. Toto řešení s výhodami implementace do jednoho zařízení nabízí výrobce ABB u zařízení LL/S 1.1 [1]. Přenos probíhá na vlnové délce 850 nm. Tímto typem přenosu lze docílit delší překlenuté vzdálenosti (oproti TP) a vyhnout se i rušivým vlivům, přepětí nebo elektrickým výbojům.

Všechny zmíněné možnosti začlenění KNX/EIB sběrnice do domácí vysokorychlostní sítě s sebou nesou určité výhody a nevýhody. Pokud je požadován universální přístup, jeví se jako nejlepší varianta využít Ethernet. Značná výhoda je ta, že není nutno být fyzicky přítomen v blízkosti modulu. Současně je lokální přístup stejně uživatelsky snadný jako USB varianta. Teoretickou nevýhodou může být potenciální zneužití přístupu k datové síti v rámci budovy. To lze řešit šifrovanými VPN tunely s podporou autentizace a vhodně nastavenými pravidly ve firewallu.

### Použitá literatura

Informace ke čtvrté kapitole jsou čerpány z publikací [1], [5], [8], [12], [18].

# 5 ŘEŠENÍ KE SJEDNOCENÍ TECHNOLOGIÍ

V předchozí kapitole uvedený základní rozbor referenčního modelu položil základ standardizované komunikace mezi prvky sítě. Díky tomuto mohou rozliční výrobci na trh uvádět vzájemně kompatibilní zařízení, která v rámci technologie a komunikačních standardů spolupracují.

Avšak nastane-li situace, kdy potřebujeme uskutečnit vzájemnou komunikaci mezi zařízeními, která nenesou společnou technologii, musíme hledat řešení ke sjednocení. Teoreticky se při pohledu na vrstvový referenční model ISO/OSI musíme dostat na dostatečně vysokou úroveň tak, abychom nebyli závislí na nekompatibilitě přenosového média a dalších specifických vlastnostech osobité technologie.

Vhodným příkladem pro sjednocení technologií při použití v inteligentních domácnostech je přenos systémové sběrnice KNX/EIB skrze hojně používanou datovou síť. Toto sjednocení spojuje dva velmi odlišné typy sítí, kdy první z nich představuje datové spojení inteligentních prvků, nejčastěji pomocí krouceného páru TP1 s ethernetovým rozhraním.

Sběrnice KNX/EIB je evropská instalační sběrnice [9] pro systémovou instalaci fungující na otevřeném přístupu, který umožňuje mnoha výrobcům využívat výhod její standardizace. To koncový zákazník využije v podobě velkého množství kompatibilního zařízení pro své realizace. Z tohoto důvodu bylo vybráno rozhraní KNX/EIB jako objekt sjednocení.

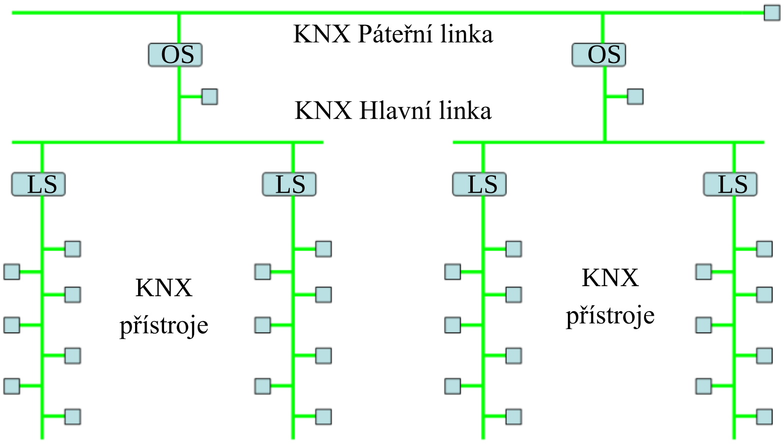
Implementace KNX/EIB sběrnice je podporováno ze strany asociace Konnex. Ta současně vydala i rozšíření z původních používaných komunikačních linek i na specifikaci KNXnet/IP. Podrobněji viz podkapitola 5.1.

## 5.1 Princip KNX over IP

Smyslem této kapitoly je naznačit základní princip a pravidla, která je nutno dodržet. Vnitroprotokolové podrobnosti jsou k dispozici po zakoupení patřičné licence.

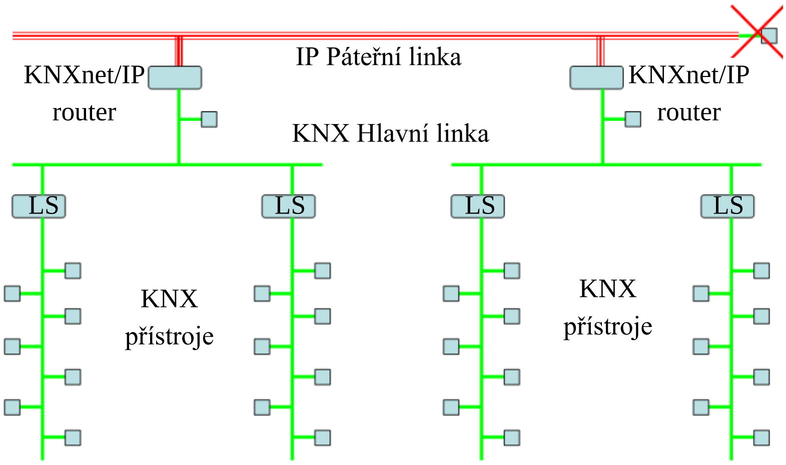
Tunelování sběrnicového systému KNX/EIB do IP sítí bylo implementováno standardy EN 13321-2 [10]. Díky nim je možné využít všudypřítomných IP sítí pro přenos systémové sběrnice KNX. Ten je realizován pomocí KNXnet/IP routerů, které lze najít v nabídce výrobců. Samotný přenos (mezi systémy KNX-KNX) je typu „peer

to peer“ (klient – klient). Po zapouzdření lze KNX datagram libovolně směrovat a přenášet IP sítěmi. Pro využití IP sítí jako média pro KNX je nutno brát do úvahy koncept, systémové zásady a potenciální problémy s adresací a směrováním. Klasická topologie viz Obr. 5.1 slouží k porovnání změn s kombinovanou KNXnet/IP topologií.




Obr. 5.1: Klasická topologie KNX [10].

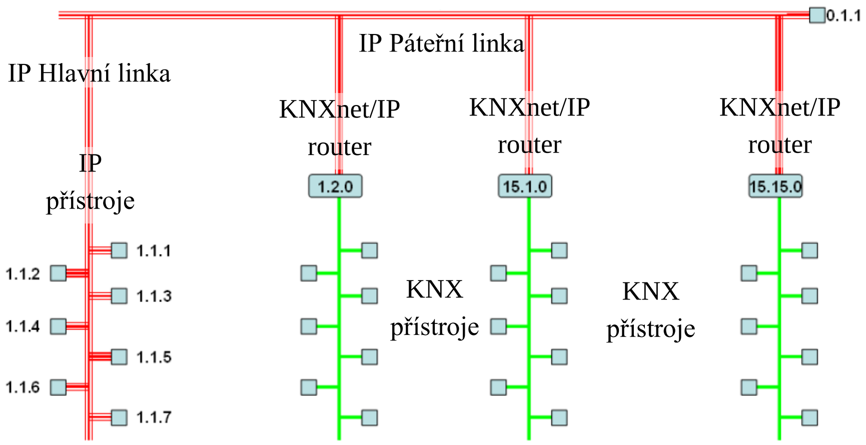
Topologie při nasazení techniky KNXnet/IP se změní tak, že na místě oblastních spojek (OS) se budou vyskytovat KNXnet/IP routery. To znamená, že páteřní komunikace by byla plně v režii IP viz Obr. 5.2. Protokol, který je k tomu využit se jmenuje KNXnet/IP Routing protocol.




Obr. 5.2: Nahrazení páteřní linky [10].

Situace může být ovšem i taková, že KNXnet/IP routery budou nahrazovat i linkové spojky (LS). Další variantou je přímá komunikace po páteřní IP síti, jež může být navázána i se zařízeními, které už disponují pouze fyzickým rozhraním pro IP. Zde

IP tvoří náhradu za páteřní i hlavní linii. Zpětnou kompatibilitu a kooperaci s klasickými KNX zařízeními zprostředkovávají KNXnet/IP routery viz Obr. 5.3.




Obr. 5.3: Nahrazení páteřní, hlavní a částečně i liniové linky [10].

Pro předcházející topologie je potřeba dodržet několik pravidel [10]. KNXnet/IP router muže být ve funkci páteřní nebo linkové spojky s individuální adresou v rozsahu x.y.0. Přičemž x, y je v rozmezí 0 a 15. Dále jestliže KNXnet/IP router je použit jako páteřní spojka s adresou x.0.0., pak žádný další KNXnet/IP router s adresou x.y.0 nesmí být topologicky pod ním. Následně je-li KNXnet/IP router např. s adresou 1.2.0, pak nesmí být použit žádný KNXnet/IP router s individuální adresou např. 1.0.0. Poslední z hlavních pravidel říká, že pokud použijeme KNX IP zařízení např. s adresou 1.0.1, pak podsíť i vyšší podsíť musí používat jen KNX IP zařízení.

Tunelování KNX over IP je rozsáhlá problematika, která musí řešit mnoho problémů. Mimo jiné sem patří případy kolizí a vlastní zabalování KNX datagramů do IP paketů. Tyto informace lze vyčíst viz [10]. Příkladným zástupcem KNXnet/IP routeru je např. Siemens N146.

## 5.2 KNX at Home

KNX@Home, jak se v původním názvu označuje projekt vyvinutý na německé University of Applied Sciences in Deggendorf, je volně šiřitelný řídící server pro domácí automatizaci, založený na KNX sběrnici. Jelikož domácí systémové instalace jsou pro investory již při nákupu komponentů citelně dražší než klasické elektroinstalace, můžeme díky bezplatnému KNX@Home využít přístup ke sběrnici KNX/EIB prostřednictvím IP přístupu, a to bez dalších nákladných řídících a vizualizačních aplikací. Tímto jsme se dostali k určení KNX@Home. Dokáže jednoduše ovládat KNX/EIB systémovou sběrnici prostřednictvím kteréhokoliv zařízení, které je schopno přistupovat k IP sítím.

Díky tomu je tento bezplatný projekt přesně vhodný pro domácí instalace, kdy by se použití komerčních alternativ neúměrně prodražilo vzhledem k rovnocenné užitné hodnotě. Můžeme jej tedy použít jako objekt pro sjednocení technologií domácí vysokorychlostní sítě a systémové instalační sběrnice KNX/EIB.

### 5.2.1 Calimero – KNXnet/IP

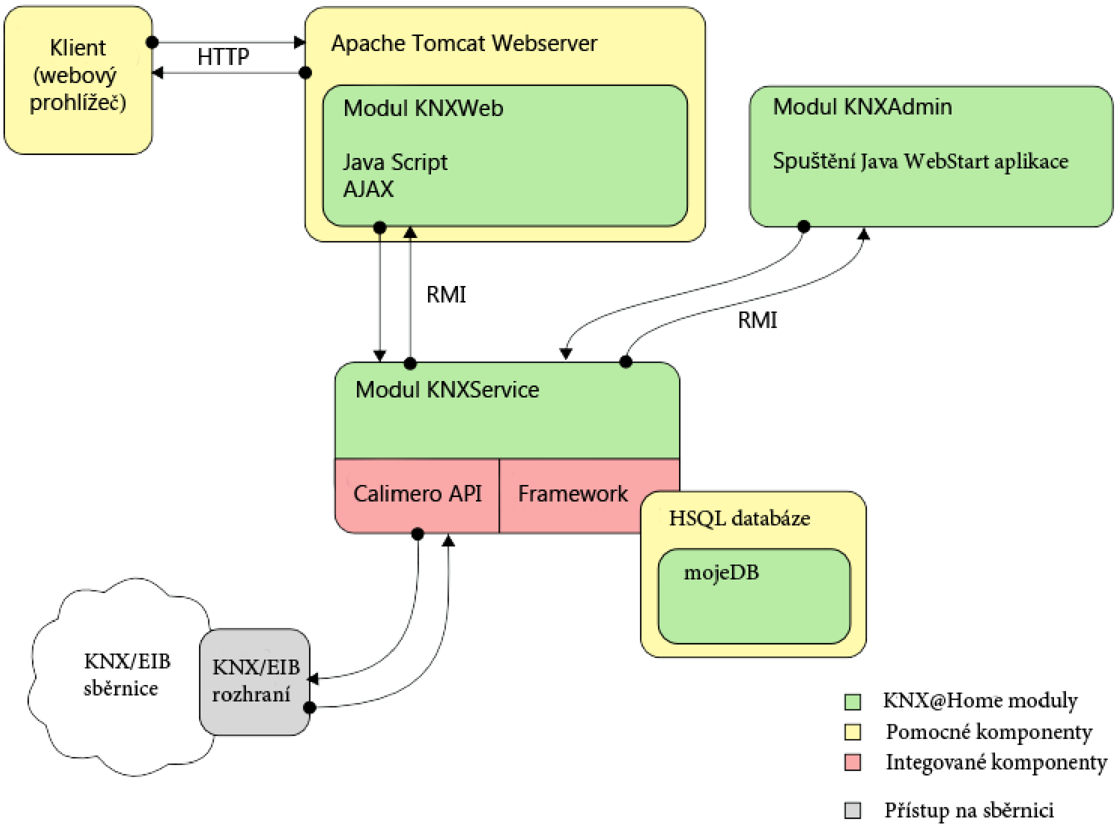
Na základě evropské standardizace EN 13321-2:2006 (Open Data Communication in Building Automation, Controls and Building Management - Home and Building Electronic Systems - Part 2: KNXnet/IP Communication) víme, že KNXnet/IP umožňuje tunelování KNX/EIB sběrnice skrze IP sítě.

Využitím této skutečnosti mohl vzniknout Calimero Java API [18] , který umožňuje použití pro KNX/EIB aplikace, včetně vzdáleného přístupu a řízení. Jedná se o čisté Java knihovny pro přístup a management KNX sběrnice. Projekt Calimero je open source projekt s licencí GPL a byl vytvořen A-Lab, Automation Systems Group, Vienna University of Technology. Této přístupové knihovny je využito v projektu KNX@Home.

### 5.2.2 Struktura KNX@Home

Celá funkční struktura se skládá ze tří propojených částí. První z nich je KNXService, která úzce souvisí s Calimero Java API, skrze kterou můžeme přistupovat na KNX sběrnici IP rozhraním. Zároveň obsahuje HSQLDB Java server s uživatelskou

databází. Zbývající dvě části KNXAdmin a KNXWeb se dělí o role administrační pro java aplikaci a roli a běh webserveru s klientskou aplikací. Struktura je naznačena na Obr. 5.4.




Obr. 5.4: Struktura KNX@Home [18].

### 5.2.3 Instalace a spuštění KNX@Home

Pro prostředí linux neexistuje žádný kompaktní installer, ale stačí provést několik dílčích kroků pro kompletní zprovoznění KNX@Home - pro linuxové prostředí viz [18]. Použitá a ověřená distribuce je Ubuntu 8.10 a vyšší, nicméně implementace do jiných distribucí je také možná. Nejdříve je však třeba ověřit přítomnost Java JRE v sytému. K tomu můžeme využít konzolový příkaz:

```
java – version
```

V případě, že výstupem je obdobný výpis jako:

```
java version "1.5.0_15"
Java (TM) 2 Runtime Enviroment, Standard Edition (build 1.5.0_15-b04
```

měla by být v systému Java Runtime Enviroment připravena pro běh KNX@Home. Dalším krokem je stažení a instalace HSQLBD do domovského adresáře */home/USERNAME/knxathome/hsqldb*. Stažení je možné z oficiálního webu *http://www.hsqldb.org*. Dále pro běh webserveru je nutný Apache Tomcat, který lze získat na *http://www.tomcat.apache.org*. Po jeho rozbalení je nutné jeho službu umístit do domovského adresáře */knxathome* stejně jako HSQLDB.

Nyní je systém připraven pro instalaci vlastních komponentů KNX@Home, které získáte viz [18], sekce download page. První z nich je komponent *knxathome.war*, je určen pro Tomcat webserver a je třeba ho uložit do složky */webapps* Tomcat serveru. Druhý komponent *KNXService-1.0-beta.zip* obsahující databázi, knihovnu a vlastní služby KNX je třeba rozbalit do domovského adresáře */knxathome*.

Příkaz pro spuštění HSQLDB databáze:

```
java -cp ~/knxathome/hsqldb/lib/hsqldb.jar org.hsqldb.Server -
database.0 ~/knxathome/KNXService-1.0-beta/db/mydb -dbname.0 mydb
```

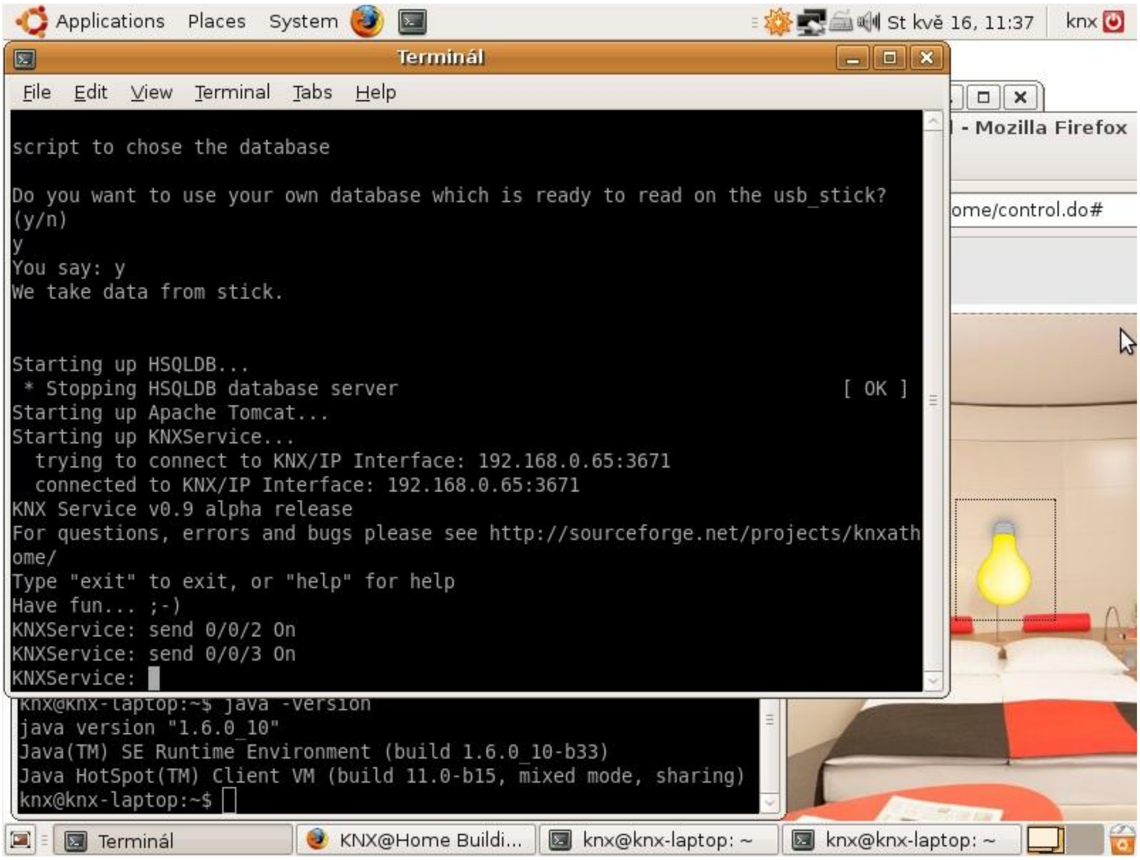
Příkaz pro spuštění Apache webserveru serveru:

```
~/knxathome/apache-tomcat-6.0.32/bin/startup.sh
```

Příkaz pro spuštění KNXService:

```
java -jar ~/knxathome/KNXService-1.0-beta/KNXService/KNXService.jar
```

Alternativní možností k výše popsanému procesu instalace a spuštění KNX@Home je stažení LiveCd KNXatHome_live_cd_0.30.iso z [18]. LiveCd je třeba nabootovat po startu pc nebo využít virtualizačních nástrojů typu VirtualBox, VMware aj. Spustění LiveCd distribuce Ubuntu je přednastaveno uživatelské jméno i heslo na „knx“. Pro spuštění jednotlivých prvků je na ploše připravený skript „KNX@Home Start“. Jeho poklepáním spustíme databázi HSQLDB, Apache Tomcat webserver a KNXService viz Obr. 5.5. Zde je mimo jiné vidět, že KNXnet/IP rozhraní je dostupné z 192.168.0.65 lokální sítě na portu 3671.




Obr. 5.5: Spuštění KNX@Home v terminálu.

Pro nastavení IP adres je třeba provést editací souboru *please change knxservice.properties*, který se nachází na ploše. Pro přístup k spuštěnému webserveru je třeba zadat do webového prohlížeče adresu lokálního pc, port a umístění webapps např. 192.168.1.4:8080/KNXHome viz níže.

Obr. 5.6: Přihlášení k webserveru KNX@Home,

▲Windows 7 (LAN),

► Apple iPhone 4 (WLAN).

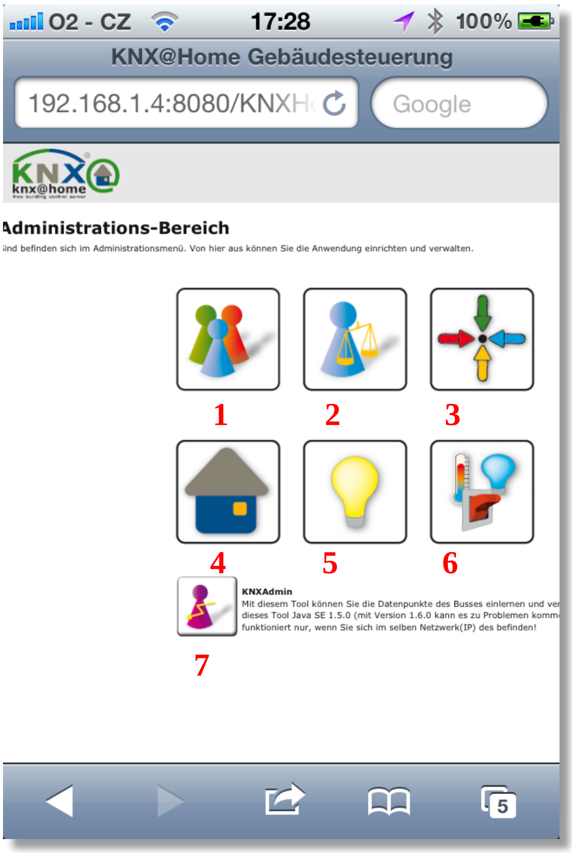
Přihlášení probíhalo v rámci lokální sítě a byly vyzkoušeny dvě technologie fyzické vrstvy. V případě připojení webovým prohlížečem z Windows 7 bylo využito metalické verze Ethernetu 802.3, v případě Apple iPhone 4 WiFi 802.11g.

Díky tomuto spojení Calimero + KNX@Home jsme schopni dále tvořit vizualizaci, které následně přiřadíme DPT, které budou odpovídat skupinovým adresám KNX sběrnice. To znamená, že jednotlivé povely budeme moci ovládat z rozhraní webserveru skrze IP rozhraní.

Tento systém jako celek zabezpečuje přístup ke KNX/EIB instalační sběrnici bez ohledu na použitou technologii fyzické vrstvy, z níž přicházejí povely. Dostupnost je zajištěna prostřednictvím techniky IP směrování. Díky tomu jsme schopni ke konkrétní KNX sběrnici v budově přistupovat odkudkoliv na světě.

### 5.2.4 Tvorba vizualizace

Po přihlášení do webserveru KNX@Home se ocitneme v nabídce o 7 volbách. První z nich slouží pro správu uživatelů, druhá obsluhuje uživatelská práva, třetí spravuje datové body, čtvrtá, vizualizuje nemovitosti, pátá nastavuje akční elementy s datapointy, šestá ovládací prvky systému a poslední KNXAdmin slouží pro přidání datových bodů. Popsaná nabídka viz Obr. 5.7.




Obr. 5.7: Hlavní menu.

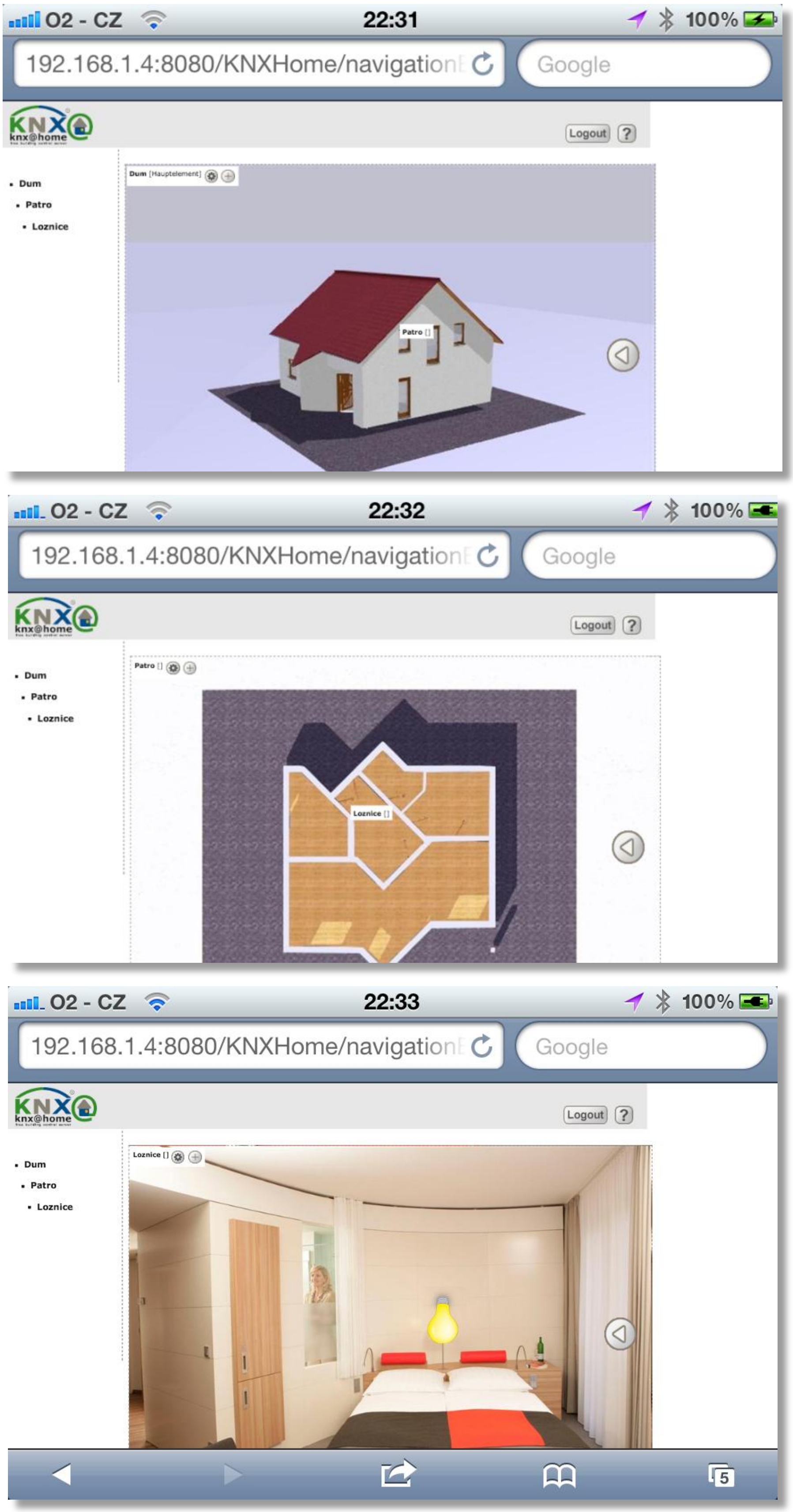
Pro samotnou tvorbu vizualizace slouží čtvrtá ikonka domečku. Kliknutím na ni se dostaneme do prázdné čtvercové sítě, ve které vlevo nahoře bude umístěný symbol ⚙ . Kliknutím na něj se nám otevře nabídka. První pole je název, druhé popis, třetí informace o obrázku a poslední cesta k němu. Jako výchozí cesta je přednastavena */home/knx/knxathome/default/userfiles_default*. V defaultním profilu

stačí uvést jen název souboru ve výše uvedené složce. Pro ukázku můžeme využít defaultních obrázků. Jako první si vytvoříme pohled na nemovitost, která je uložena v *haus1.jpg* a potvrdíme

Pro vnoření pohledu do nemovitosti klikneme a tahem vybereme požadovanou oblast. V našem případě první patro a potvrdíme opět symbolem, který se nachází dole pod mřížkou. Obdobným způsobem dále pojmenujeme vrstvu a vyplníme název obrázku, který ji odpovídá. Chronologicky dále můžeme pokračovat jednotlivými pokoji a přízemím. Výsledný stav by mohl vypadat jako Obr. 5.8.

Jedním z nejdůležitějších kroků je vytvoření vizualizace a přiřazení příslušných DPT (datapointů). Datapointy odpovídají skupinovým adresám, které byly nakonfigurovány při sestavování a konfiguraci KNX systému prostřednictvím nástroje ETS. Skupinové adresy/DPT jsou tedy svázány s jednotlivými zařízeními sběrnice a odpovídají naprogramovaným akcím. Příkladem může být stisk tlačítka, který odpovídá DPT 0/0/2 a je k němu přiřazena akce stmívacího členu. Ten sepne/rozepne žárovku na výstupu. Konkrétním příkladem ve vizualizaci je umístění ovládacího prvku pro lampu v ložnici dle Obr. 5.8.

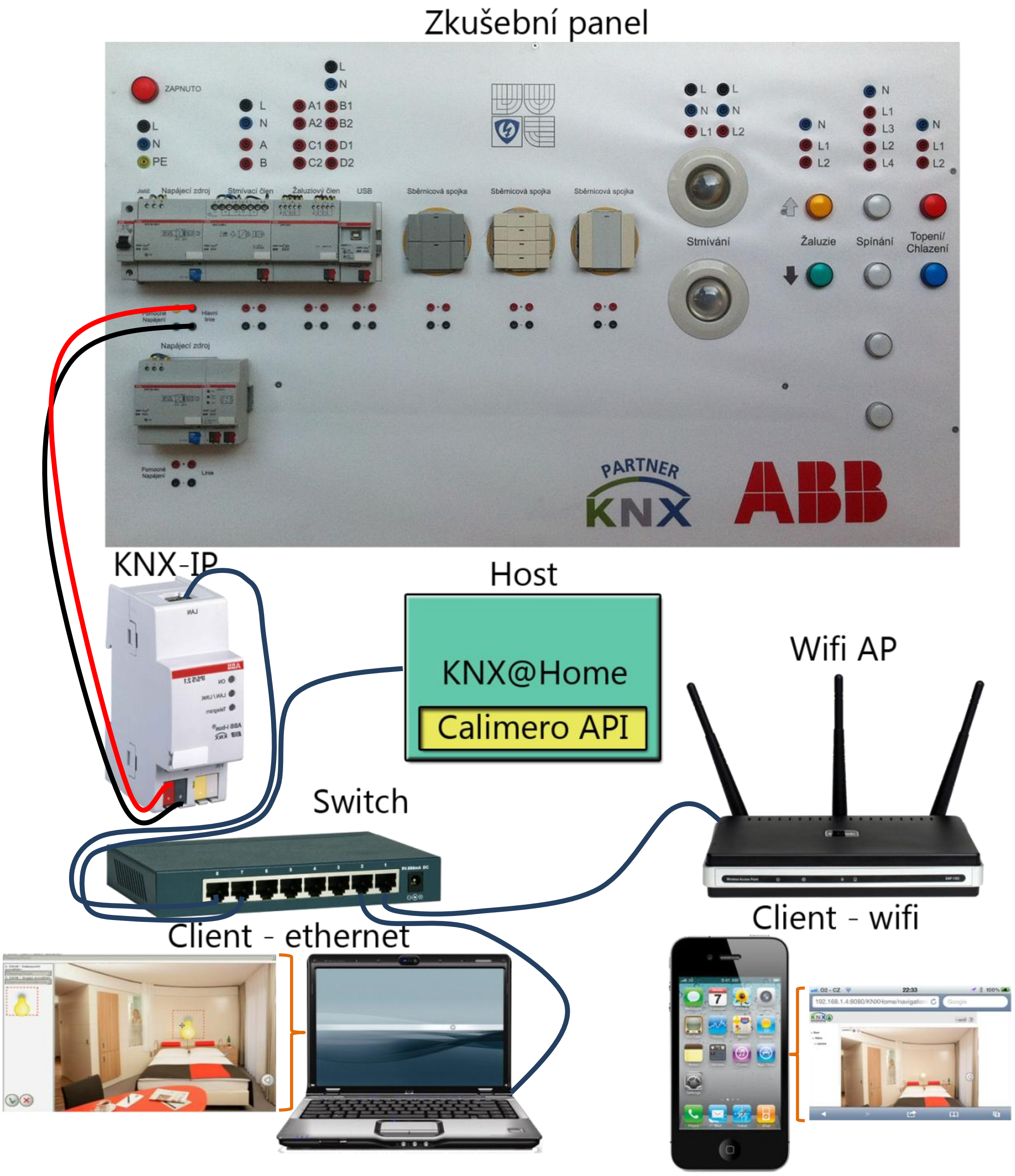
Obr. 5.8: Přiřazení ovládání osvětlení skrze DPT.




Obr. 5.9: Vizualizace-Dům-Patro-Ložnice.

## 5.3 Schéma navrhnutého řešení a jeho popis

Jelikož předchozí kapitoly pojednávaly o dílčích částech, potřebných pro celkovou funkčnost zamýšleného řešení ke sjednocení technologií, kapitola 5.3 uvádí komplexní schéma řešení jako celku.



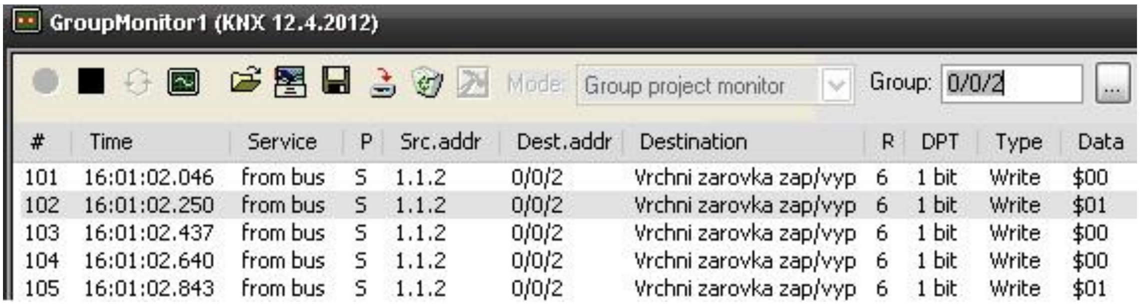

Obr. 5.10: Schéma zapojení.

Pokud bychom chtěli schéma stručně popsat, mohlo by to vypadat následovně. Topologie zkušebního panelu obsahuje prvky systémové instalace vzájemně propojené evropskou instalační sběrnicí KNX/EIB (černo/červené kabely). Tento panel je pomocí

dvouvodičové KNX sběrnice připojen ke KXP/IP rozhraní ISP/S 2.1, které je dále prostřednictvím ethernetového switche připojeno k místní IP síti 192.168.0.1/24 (modré kabely). KNX/IP rozhraní se stará o konverzi KNX telegramů do IP sítě. KNX@Home skrze Calimero API a dokáže komunikovat přímo s KNX/IP rozhraním na základě požadavků předaných webserverem. Webserver je dílčí část KNX@Home a tvoří vizualizační prostředí pro intuitivní ovládání instalace z klientských stanic, které lze libovolně připojovat do lokální sítě.

Zaznamená-li webserver změnu ovládacího prvku ve vytvořené vizualizaci, tak předá požadavek prostřednictvím komponentu KNXWeb k KNXService. Ta si pomocí databáze zjistí, jaká skupinová adresa odpovídá přijatému požadavku DPT a prostřednictvím API Calimero vyšle patřičnou odpověď směrem k KNX-IP rozhraní. Dále je odpověď převedena z IP paketu na KNX telegram, na který dokáže už zareagovat např. stmívací člen sepnutím žárovkového okruhu.

Pro ověření správné komunikace a injektace telegramů do KNX sběrnice bylo využito group monitoru, jenž je součástí aplikace ETS. Komunikace byla zachytávána pomocí USB rozhraní a modulu USB/S 1.1.

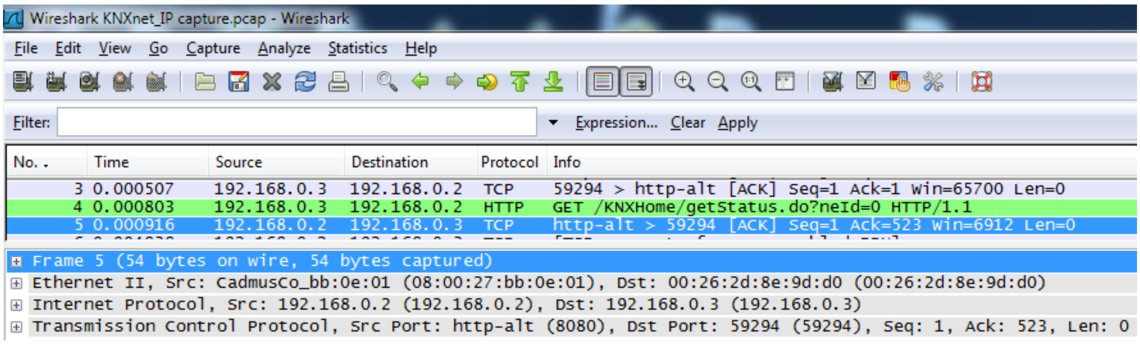



| # | Time | Service | P | Src.addr | Dest.addr | Destination | R | DPT | Type | Data |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 101 | 16:01:02.046 | from bus | S | 1.1.2 | 0/0/2 | Vrchni zarovka zap/vyp | 6 | 1 bit | Write | $00 |
| 102 | 16:01:02.250 | from bus | S | 1.1.2 | 0/0/2 | Vrchni zarovka zap/vyp | 6 | 1 bit | Write | $01 |
| 103 | 16:01:02.437 | from bus | S | 1.1.2 | 0/0/2 | Vrchni zarovka zap/vyp | 6 | 1 bit | Write | $00 |
| 104 | 16:01:02.640 | from bus | S | 1.1.2 | 0/0/2 | Vrchni zarovka zap/vyp | 6 | 1 bit | Write | $00 |
| 105 | 16:01:02.843 | from bus | S | 1.1.2 | 0/0/2 | Vrchni zarovka zap/vyp | 6 | 1 bit | Write | $01 |

Obr. 5.11: Zachycení vysílání na skupinovou adresu 0/0/2.

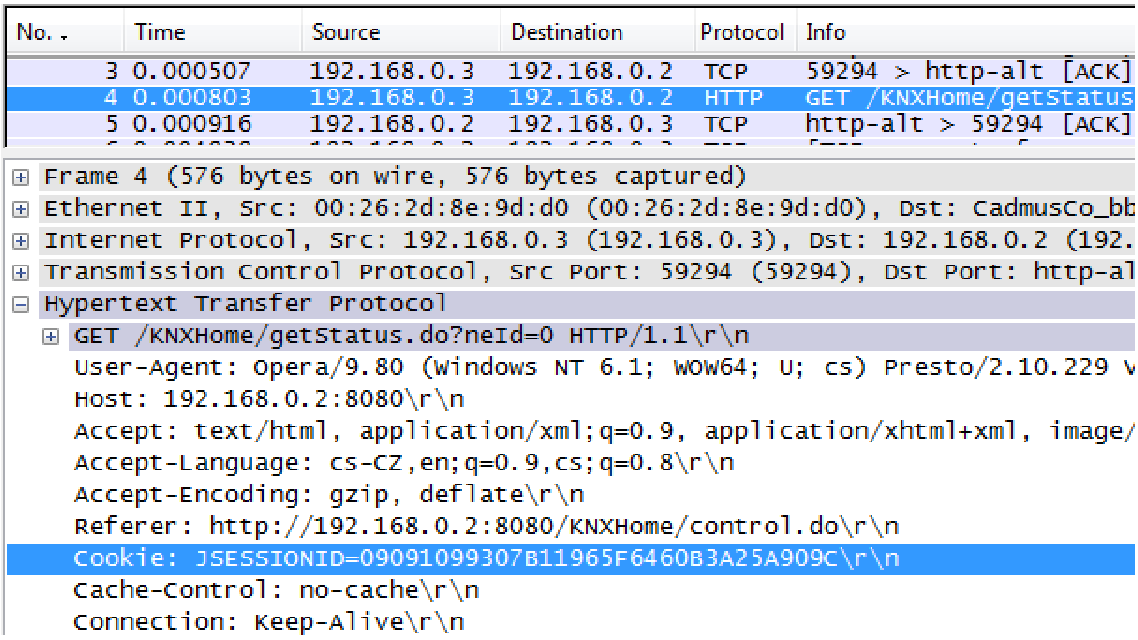
DPT 0/0/2 je adresa, která byla nakonfigurována pro spínání vrchní žárovky na testovacím panelu. Sepnutí je ovládáno 1 bitovou instrukcí $01/$01, viz zachycené vysílání Obr. 5.11. Povely byly vyslány prostřednictvím KNX@Home příkazy *send 0/0/2 On* a *send 0/0/2 Off.* Vyslání příkazů je rovnocené s využitím vizualizace webserverem.

IP komunikaci, která byla vyslána z klientské ovládací stanice směrem na adresu KNX@Home serveru, bylo možné zachytit v prostřední Wireshark (Obr. 5.12).




Obr. 5.12: Zachycení komunikace pomocí Wireshark.

Při prozkoumání HTTP paketu je patrné, jak se prostřednictvím webserveru Tomcat předávají změny akčních prvků. Děje se to prostřednictvím systémové proměnné org.apache.catalina.SESSION_COOKIE_NAME. Díky tomu jsou povely identifikovány jako součásti cookie v prefixu cesty viz Obr. 5.12.




Obr. 5.13: Session ID.

### Použitá literatura

Potřebné informace k páté kapitole jsou čerpány z publikací [6], [7], [9], [10], [15], [19].

# 6 MODELOVÁ SIMULACE VE VHODNÉM NÁSTROJI

Jako modelový případ jsem si vybral volně stojící rodinný dům, který je vizualizován viz Obr. 5.9. Obytnou část objektu tvoří přízemí a podkroví. Místnosti jsou vybavené přípojkami RJ45 k domácí síti a bezdrátovou technologií WiFi pro distribuci síťové konektivity pro mobilní zařízení. Celá stavba je před realizací, při které investor chce kompletně zaimplementovat vysokorychlostní a inteligentní sítě. Účelem simulace je ověřit funkčnost a chování sítě v mezních stavech, kdy bude zatížena nad míru běžného zamýšleného síťového provozu. Prioritou je zachování spolehlivosti systémové instalace KNX, jež je tunelována skrze domácí datovou infrastrukturu.

Simulace je koncipována z hlediska ověření, zda je navrhnuté koncepční řešení dostatečné a nenaráží-li na technologické limity sítě. Pro samotnou simulaci jsem vybral nástroj Opnet Modeler.

## 6.1 Opnet Modeler

Opnet Modeler je program vyvinutý firmou OPNET Technologies Inc., umožňující analýzu a design komunikačních sítí [13]. Uživatelé mohou simulovat síť ve virtuálním prostředí, bez nutnosti nákladné výstavby a testování sítě reálné. Mezi jeho hlavní vlastnosti patří rozsáhlé možnosti při zpracovávání širokého spektra statistik, které nemusí za běžných okolností nastat. Jsme tedy schopni vyzkoušet si mezní nechtěné stavy, proti kterým můžeme síť lépe zabezpečit tak, aby k nim nedošlo.

## 6.2 Vytvoření modelu zkušební sítě

Úkolem zkušební sítě je analýza jejich hlavních parametrů a simulace před realizací investorem. Vytvořený model sítě obsahuje simulaci síťového provozu, která bude mít charakter HTTP, FTP, VoIP a databázového zatížení. Vliv zatížení je analyzovaný a současně se sleduje jeho vliv při implementaci tunelování sběrnice KNXnet/IP. Topologie (Obr. 6.1) se skládá z 20 klientů, kteří komunikují v rámci sítě VoIP, FTP, HTTP provozem a KNX přístupem k databázi. Klientské stanice se skládají z pěti osobních počítačů, pěti notebooků, pěti smartPhone a pěti smartTV.

Vnitřní síť je typu Ethernet 100BaseTX, což je nejběžněji používaná varianta v domácnostech. Distribuci konektivity pro mobilní zařízení smartPhone a notebooky

zajišťují 802.11n WiFi prvky. Prostřednictvím všech klientských zařízení je možný přístup na KNX sběrnici pomocí KNXnet/IP rozhraní, které transformuje datagramy KNX směrnice do sítě IP a naopak. Zatížení je voleno a spouštěno tak, aby se zajistil opakovaný a vhodně spouštěný tok zátěže, který by se mohl přiblížit situaci těžce vytížené domácí sítě. Svým charakterem je jedná o nejvyužívanější aplikace.

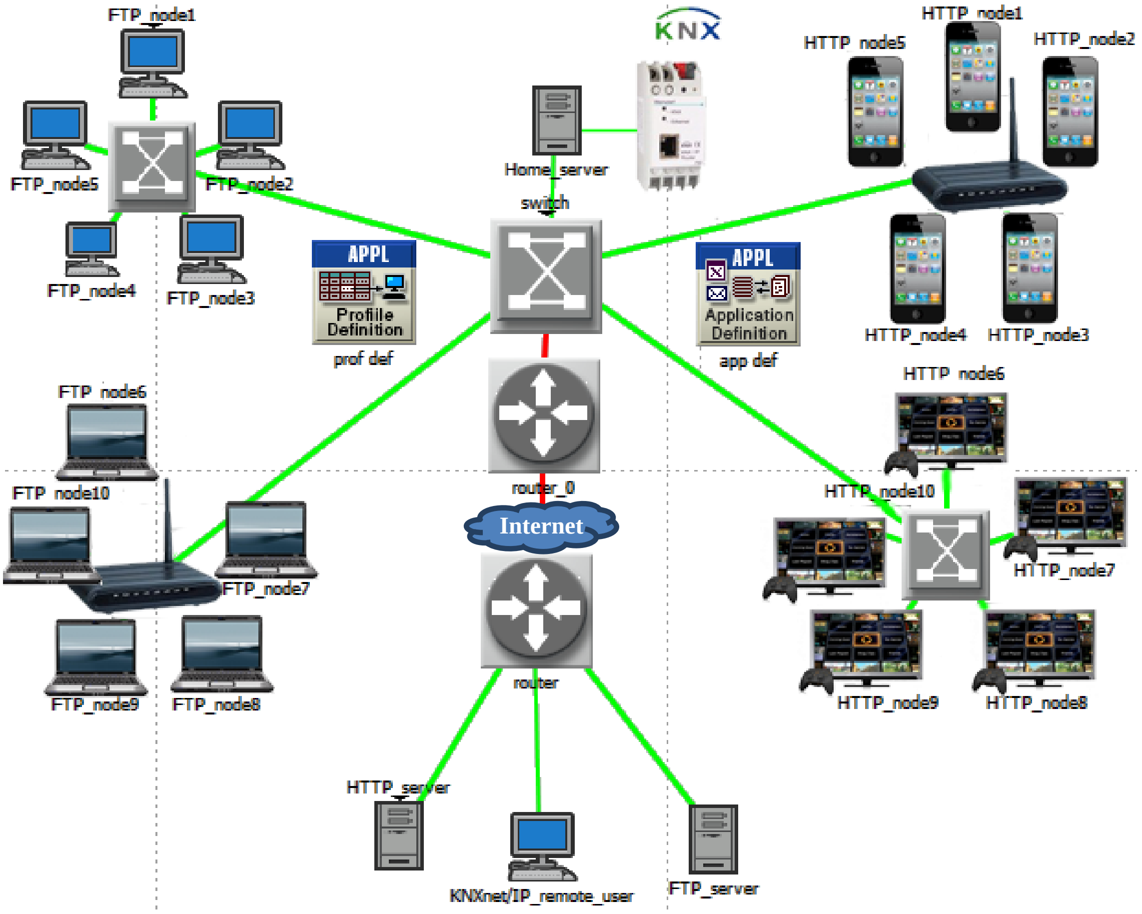
Databázový provoz probíhající mezi serverem Home_server a klientem KNXnet/IP_remote_user představuje emulaci spojení KNXnet/IP sběrnic. Toto spojení je dimenzováno pro rychlost 9600 bit/s, jež odpovídá přenosové rychlosti směrnice KNX/TP1. Spojení mimo rámec čtyř hlavních klientských větví, které představují domácí část je realizováno pomocí Ethernetu 10BaseT (lineky mezi routery). Důvodem je skutečnost, že 100Mbit konektivitu do domácnosti vlastní jen velmi malé procento domácností. Proto 10 Mbit konektivita může vhodněji reflektovat současný modelový příklad skutečnosti. Linka mezi routery tvoří přístup do internetu.

Mezisíťové provozy FTP a HTTP jsou směrovány od jednotlivých klientů. Jediný FTP klientský tok představuje 1 Mbyte exponenciálně rozložené zátěže, která je po 20 s taktéž exponenciálního průběhu opakovaně spouštěna. HTTP vytížení klientem je realizováno 3 Mbyte velikostí objektu z celkového pětiobjektového weibull rozložení na stránku.

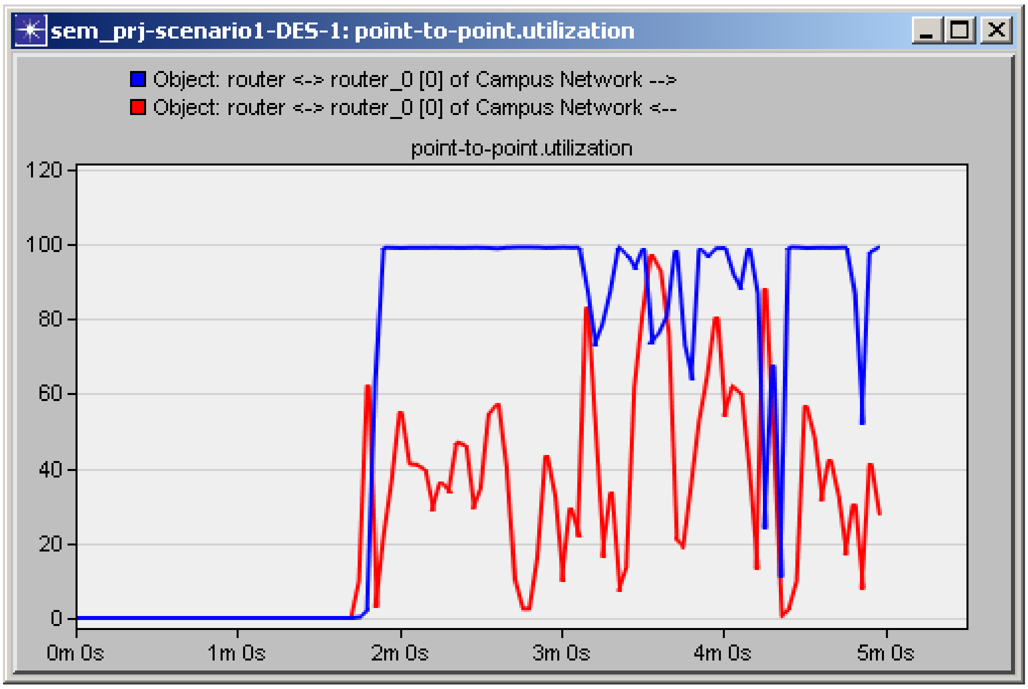
VoIP telefonie je stanovena vždy mezi dvojicemi klientských stanic. To tedy představuje 10 VoIP spojení kodekem G.729A při dvou zvukových rámcích na paket.

Všechny provozy jsou třídy Best Effort(0) jen KNXnet je reserved(7). Doba trvání simulace je 5 minut.

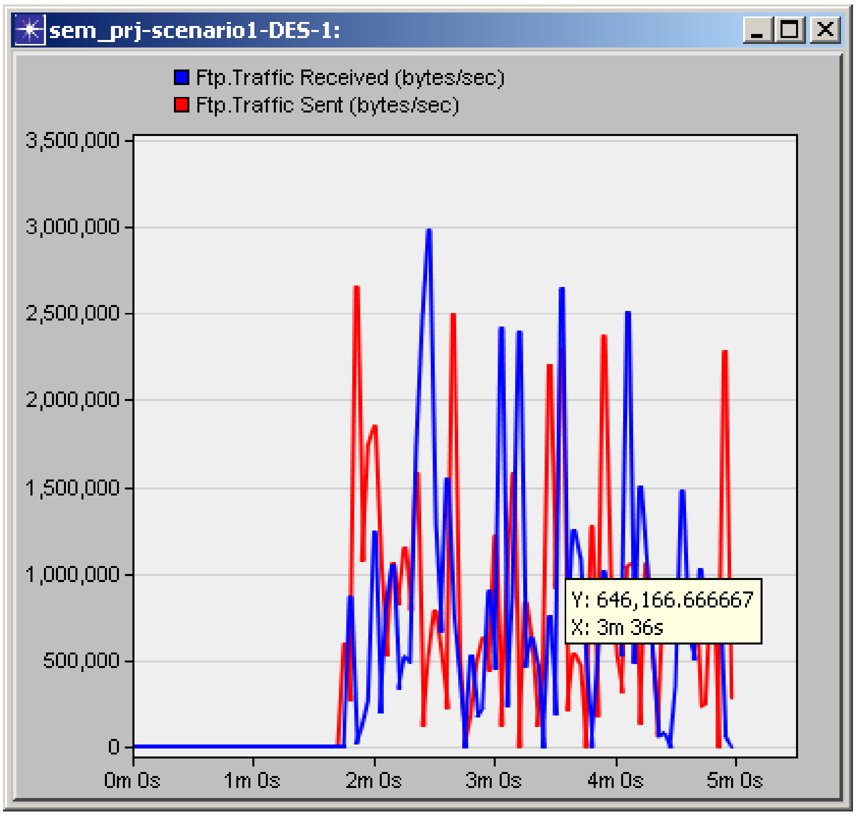
Všech výše zmiňovaných služeb lze využívat prostřednictvím pc i moderních smartPhone a smartTV, které z hlediska využití síťových prostředků můžeme brát jako plnohodnotné klientské stanice.



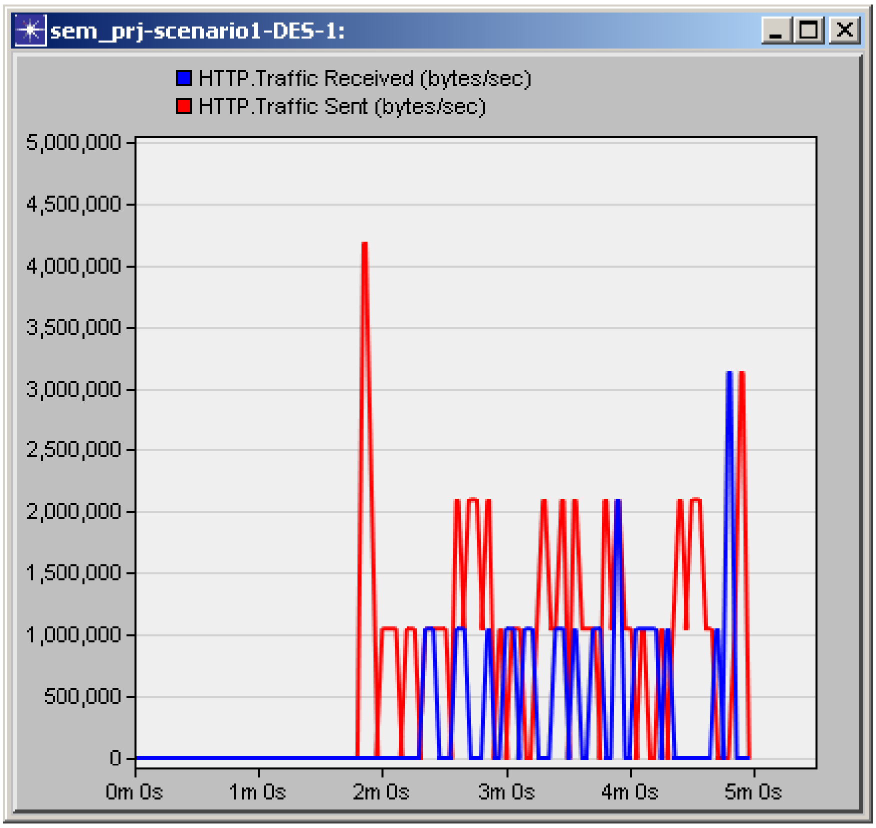

Obr. 6.1: Topologie zkušební sítě.



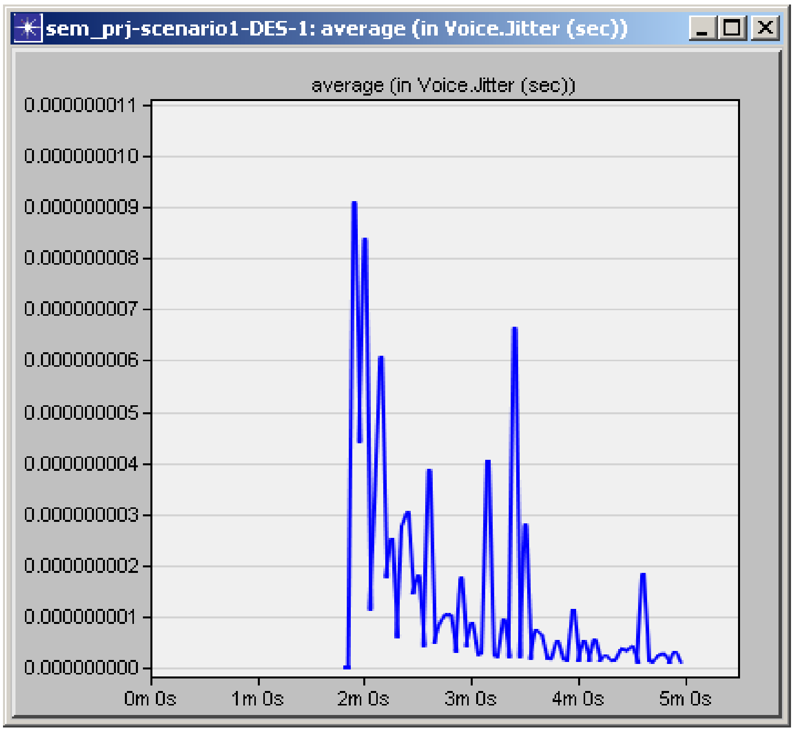

Obr. 6.2: Vytížení spojovací linky router-router_0.



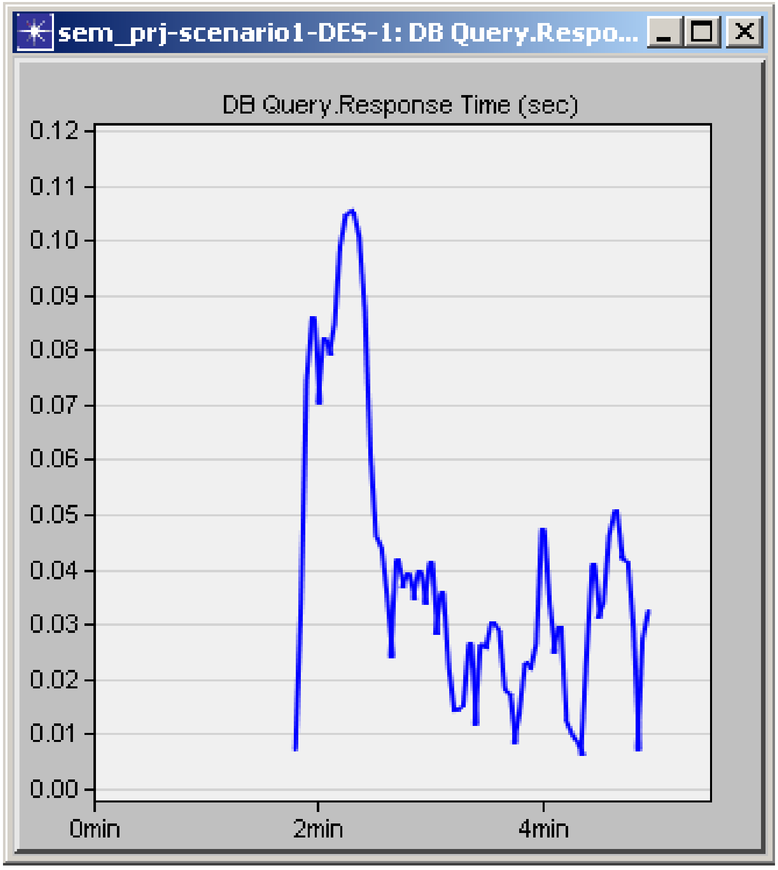

Obr. 6.3: FTP provoz.




Obr. 6.4: HTTP provoz.




Obr. 6.5: Jitter VoIP.




Obr. 6.6: KNX spojení, čas odpovědi.

Z výsledných statistik simulace je patrné, že páteřní linka spojující obě sítě je provozem značně využita. Využití je patrné viz Obr. 6.1, kde barva linky mezi routery je červená, což odpovídá průměrné zátěži 75% a větší. Toto plné využití bylo záměrem a sledovaným parametrem byla zejména doba odezvy a ztrátovost KNXnet/IP spojení. Smyslem bylo vyzkoušet, jestli i přes vhodnou konfiguraci prvků nedojde k neúměrnému zatížení linky a ztrátě KNXnet/IP datagramů. To by mohlo vést ke ztrátě kontroly nad systémovou sběrnici. Důsledkem by pak byly nepříjemné situace, kdy by investor nemohl mít plnou kontrolu nad nemovitostí. K tomu ale v simulaci nedošlo. Po dočasném nárůstu došlo ze strany aktivních prvků ke korekci a zpoždění tunelovaného telegramu se pohybovalo v očekávaných mezích 20-40 milisekund. Zpoždění tedy nenabylo nepřípustných hodnot.

Simulační doba byla zvolena tak, aby vlastní simulace netrvala příliš dlouho. Důvodem to, že sledovaný stav je patrný ihned po zatížení páteřní linky.

### Použitá literatura

Potřebné informace k šesté kapitole jsou čerpány z publikací [6], [13], [14], [10].

# ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo shrnutí současného stavu vysokorychlostních inteligentních sítí v domácnosti. V souvislosti s těmito sítěmi byla pozornost zaměřena na seznámení s referenčním modelem ISO/OSI a používanými technologiemi pro přenos dat v domácnostech. Získané vědomosti byly využity při návrhu řešení sjednocení a vzájemné interakce komunikujících zařízení.

Následně na to byla vypracována první kapitola, jež pojednává o diferencích mezi vysokorychlostními sítěmi obecně a jejich nasazení pro inteligentní systémovou domácnost. Druhá kapitola je odpovědí na první cíl v zadání práce, tedy analyzuje dnešní stav vysokorychlostních sítí v domácnosti a zavádí základní informace o inteligentních instalacích. Zejména se věnuje evropské instalační sběrnici KNX/EIB. Třetí kapitola uvádí základní specifikace pro technologie přenosu dat v domácnostech a s nimi spjatou souvislost s referenčním modelem ISO/OSI. Čtvrtá kapitola diskutuje možnosti začlenění KNX/EIB sběrnice do IP sítí. Ohled je zde brán na odlišné vlastnosti technik a vhodnost řešení v domácím prostředí. Pátá kapitola navazuje na předcházející a získané informace sdružuje pro použití konkrétního řešení ke sjednocení technologií. V ní je popsán princip tunelového spojení KNX/EIB sběrnice se všudypřítomnými IP sítěmi, a to bez závislosti na technologii fyzické vrstvy. Následuje praktická část, která využívá zkušební panel s KNX prvky technikou KNXnet/IP. Současně byla vytvořena vizualizace objektu a bylo testováno ovládání pomocí webového prohlížeče a mobilního zařízení.

Poslední šestá kapitola vyvozuje výsledek simulace zatížené datové sítě a vliv na prvky inteligentní instalace. Výstupem je graf celkového vytížení páteřní linky a jednotlivých zátěžových služeb. Při těchto okolnostech bylo sledovaným parametrem zejména vyhrazené KNXnet/IP spojení a rozložení jeho dosahovaného zpoždění. To nedosáhlo nepřípustných mezí, kdy by došlo k nespolehlivosti KNX/EIB sběrnice.

Vlastní přínos práce je soustředěný na možnost ovládaní KNX/EIB systémové sběrnice skrze IP síť s možností vizualizace pomocí KNX@Home. Dosud se touto problematikou Ústav UTKO ani UEEN Fakulty FEKT nezabývaly, nicméně UEEN zamýšlí navazující využití. Práce je zpracovaná jako náhled do problematiky s praktickým ověřením funkčnosti. Na základě této práce může být problematika blíže zkoumána.

# POUŽITÁ LITERATURA


[1] ABB GROUP. *Návody k použití přístrojů pro systémovou elektrickou instalaci ABB i-bus® KNX/EIB* [online]. 2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: http://www117.abb.com

[2] DOBEŠ, Josef a Václav ŽALUD. *Moderní radiotechnika*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 767 s. ISBN 80-730-0132-2.

[3] FTTH COUCIL EUROPE. *FTTH Handbook* [online]. 2012 [cit. 2012-04-25]. 5. Dostupné z: http://wiki.ftthcouncil.eu/index.php/FTTH_Handbook

[4] HRAD, Jaromír. Telekomunikační technologie: PLC systémy: přednáška. In: [online]. Praha, 2009, s. 23 [cit. 2012-04-14]. Dostupné z: http://www.comtel.cz/files/download.php?id=4589

[5] KNX ORGANISATION. KNX-Tool, ETS4 description. [online]. [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: http://www.knx.org/knx-tools/ets4/description

[6] KONNEX ASSOCIATION. Logical Topology. [online]. 2005 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: http://www.knx.org/fileadmin/downloads/03%20%20KNX%20Standard/KNX%20Standard%20Public%20Documents/FAQ%20Logical%20Topology.pdf

[7] KOZÁK, Jiří. *Instalační sběrnice v inteligentních budovách*. Brno, 2011. 59 s. Bakalářská práce. VUT v Brně.

[8] KUCEK, Viliam. *Multimediální průvodce ETS a KNX*. Zlín, 2010. 91 s. Diplomová práce. UTB Zlín. Vedoucí práce Karel Perůtka.

[9] KUNC, Josef. ABB. Topologické uspořádání KNX/EIB. [online]. [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: http://elektrika.cz/data/clanky/abbsystemove-elektricke-instalace-knx-eib-2013-10cast/view

[10] LANGELS, Hans. *KNX IP – Using IP networks as KNX medium*: *Sesion2*. 2010. Dostupné z: http://www.knx.org/fileadmin/downloads/05%20%20KNX%20Partners/03%20-%20Becoming%20a%20KNX%20Scientific%20Partner/201011%20Conference/Presentations/Session%202.pdf

[11] MALEČKOVÁ, ROMANA. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. Internet v českých domácnostech 2006-2001: Tisková konference. 2011, s. 13. Dostupné z: http://www.czso.cz/csu/tz.nsf/i/prezentace_z_tk_internet_v_ceskych_domacnostech/$File/csu_tk_internet_prezentace20111129.pdf

[12] MAŠEK, J. *Počítačové řízení a programování prvků inteligentní elektroinstalace KNX*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 57 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Branislav Bátora.

[13] MOLNÁR, Karol, Otto ZEMAN a Michal SKOŘEPA. *Moderní Síťové technologie* [online]. 2. vyd. Brno, 2008, 101 s. [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: http://www.utko.feec.vutbr.cz/~molnar/mmos/MMOS_lab.pdf

[14] PERLMAN, Radia. *Interconnections: bridges, routers, switches, and internetworking protocols*. 2nd ed. Boston: Addison-Wesley, c2000, xiii, 537 s. Addison-Wesley professional computing series. ISBN 02-016-3448-1.

[15] SIEMENS AG. Katalog GAMMA Gebäudesystemtechnik. [online]. 2009, s.4 [cit. 2012-04-19]. Dostupné z: http://www.automation.siemens.com/mcms/infocenter/dokumentencenter/lv/Documentsu20Brochures/gamma_5WG1_IP-Interface-IP-Router_pi_de.pdf

[16] SÝKORA, Jan. *Teorie digitální komunikace*. Dotisk 1. vyd. Praha: ČVUT, 2005, xiii, 329 s. ISBN 80-010-2478-4.

[17] ŠKORPIL, Vladislav. *Digitální komunikační technologie: Učební texty*. 1. vyd. Brno: VUT FEKT ÚTKO, 2002, 133 s. ISBN 80-214-2244-0.

[18] UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES DEGGENDORF. *KNX@Home Wiki*: *The documentation of the project* [online]. [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: http://knxathome.fh-deggendorf.de/wiki

[19] VAŇUŠ, Jan. *Systémová technika budov*: *Přednáška* [online]. Ostrava [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: http://jan.vanus.sweb.cz/Systemova%20technika%20budov/Prednasky/1%20prednaska%20uvod.pdf

[20] ZEMAN, Otto. VUT. *Vyšší techniky datových přenosů*: *přednáška MVDP_1a* [online]. Brno, 2011, 50 s. [cit. 2012-04-11].

# SEZNAM ZKRATEK

| | |
|---|---|
| ADSL | Asymmetric Digital Subscriber Line<br>Asymetrická Digitální Účastnická Linka |
| BGP | Border Gateway Protocol<br>Směrovací protokol (hraniční/bránový) |
| BPL | Broadband over Powerline<br>Širokopásmo přes Silové Vodiče |
| DPT | Datapoint<br>Přístupový bod/adresa sběrnice KNX/EIB |
| EIB(A) | European Instalation Bus (Association)<br>Evropská Instalační Sběrnice (Asociace) |
| FTP | File Transfer Protocol<br>Protokol pro Přenos Souborů |
| HTTP | Hypertext Transfer Protocol<br>Protokol Přenášející Hypertext |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers<br>Institut pro Elektrotechnické a Elektronické Inženýrství |
| IP | Internet Protocol<br>Internetový Protocol |
| ISDN | Integrated Services Digital Network<br>Integrovaná Síť Digitálních Služeb |
| KNX | Worldwide Standard for home and building control<br>Celosvětový Standard pro řízení domácností a budov |
| LAN | Local Area Network<br>Lokální Síť |
| MAN | Metropolitan Area Network<br>Metropolitní Síť |
| PAN | Personal Area Network<br>Osobní Síť |
| PC | Personal Computer<br>Osobní Počtač |
| PLC | Power Line Communication<br>Komunikace po Silových Vodičích |
| RIP | Routing Information Protocol<br>Směrovací Protokol (informační) |
| SELV | Safety Extra-Low Voltage<br>Bezpečné Extra-Lízké Napětí |
| VoIP | Voice Over Internet Protocol<br>Hlas prostřednictvím Internetového Protokolu |
| WAN | Wide Area Network<br>Sítě velké Rozlehlosti |