

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra měření

K13138

Bakalářská práce

A0B38BAP

Intelligentní rozvaděč pro instalaci standardu KNX



Ladislav Trejtnar

Vedoucí práce:

Ing. Jaromír Doležal Ph.D.

2014



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Ladislav Trejtnar**

Studijní program: **Kybernetika a robotika**
Obor: **Senzory a přístrojová technika**

Název tématu česky: **Inteligentní rozvaděč pro instalaci standardu KNX**

Název tématu anglicky: **Smart Switchboard for KNX Installation**

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte a implementujte SW pro „inteligentní rozvaděč“ standardu řízení budov KNX. Inteligentní rozvaděč (server, umístěný v rozvaděči) bude umožňovat řízení instalace systému KNX, monitorování stavu instalace, a poskytovat historické hodnoty pro zpětnou analýzu provozu a spotřeby energií.

1. Seznamte se se standardem řízení inteligentní instalace budov KNX [1][2][3].
2. Navrhněte jednoduché IP rozhraní pro komunikaci s klientskými zařízeními.
3. Implementujte SW pro rozvaděč v jazyce JAVA za použití JAVA API [4].

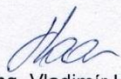
Seznam odborné literatury:

- [1] *Standard řízení inteligentních budov KNX* [online]. <<http://www.knx.org>>
- [2] Valeš, M.: *Inteligentní dům*. 1. vyd. Brno: ERA, 2006 s. 104. ISBN 80-7366-062-8.
- [3] Toman, K. - KUNC, J.: *Systémová technika budov: elektroinstalace podle standardu EIB*. 1. vyd. Praha: FCC Public, 1998 s. 87. ISBN 80-901985-4-6.
- [4] *Calimero JAVA APIs for KNX/EIB applications* [online]. <<http://calimero.sourceforge.net/>>

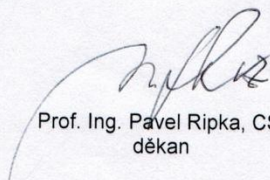
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaromír Doležal, Ph.D. (K 13133)

Datum zadání bakalářské práce: 10. prosince 2013

Platnost zadání do¹: 30. ledna 2015


Prof. Ing. Vladimír Haasz, CSc.
vedoucí katedry




Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan


V Praze dne 10. 12. 2013

¹ Platnost zadání je omezena na dobu dvou následujících semestrů.

Čestné prohlášení autora práce

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 16.5.2014


.....
Podpis autora práce

Anotace

V Bakalářské práci byl vyvinut inteligentní rozvaděč pro standard řízení inteligentních budov standardu KNX. Inteligentním rozvaděčem se myslí software, který umožňuje řízení instalace koncovými klientskými zařízeními (tablet, chytrý telefon, apod.).

Rozvaděč poskytuje zařízením potřebná data o instalaci ve formě XML souboru a zároveň zpracovává příkazy přijaté od klientských zařízení.

Inteligentní rozvaděč navíc umožňuje sledovat provoz instalace díky nepřetržitému monitorování událostí na sběrnici instalace, a ukládá historii pro vizualizaci a statistiky provozu.

Historická data jsou poskytována klientským zařízením opět za pomoci jednoduchého rozhraní. Všechny funkce rozvaděče byly odzkoušeny na reálném systému inteligentní KNX instalace.

Práce také předkládá minimální popis standardu KNX nutný pro řízení instalace a monitorování sběrnice.

Abstract

This thesis deals with developed Smart switchboard for the KNX standard of intelligent buildings. The Smart switchboard is a software which allows controlling of KNX installation via client devices (Tablet, smart phone, etc.).

The Smart switchboard provides all the necessary data about the installation to the client devices in a form of XML file, and also processes control commands from the clients.

The Smart switchboard also allows to observe states of the installation and saves its history for statistics visualization thanks to non-stop events monitoring of the KNX bus.

The Data are provided to the clients through a simple interface. All functions of the Smart switchboard were tested on real system of KNX intelligent installation.

The thesis also presents a minimal description of the KNX installation standard necessary for monitoring and control.

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval především Ing. Jaromíru Doležalovi Ph.D. za připomínky, prospěšné nápady, cenné rady, pomoc při praktických testech a za čas strávený při konzultacích. Dále bych rád poděkoval za poskytnutý hardware a vybavení v CAT, FEL, ČVUT. V neposlední řadě určitě děkuji rodině a všem, co mne během studia podporovali.

Obsah

1 Úvod	17
2 Inteligentní dům	18
3 Systém KNX	20
3.1 Historie	20
3.2 Charakteristika KNX.....	20
3.3 Hardwarová specifikace	22
3.3.1 Přenosová média.....	22
3.3.1.1 Twisted pair TP1	22
3.3.1.2 Internet protokol KNXnet/IP	22
3.3.1.3 Ostatní média.....	23
3.3.2 Přístroje na sběrnici	23
3.3.3 BCU spojka	24
3.4 Topologie.....	24
3.4.1 Spojování linií	25
3.5 Telegramy a adresování.....	25
3.5.1 Individuální adresy (fyzické adresy)	25
3.5.2 Skupinové adresy (logické adresy).....	26
3.5.3 Datové typy (DPT)	26
3.5.4 Telegramy a komunikace	27
3.5.3 Flags	30
3.6 Propojení se zabezpečovacím systémem.....	30
3.7 Software ETS (Engineering tool software)	31
4 Inteligentní rozvaděč	32
4.1 Calimero API.....	32
4.2 Rozhraní	33
4.2.1 Rozhraní pro načtení konfigurace	33
4.2.2 Rozhraní pro načtení historických dat	33
4.2.3 Rozhraní pro řízení	34
4.3 Datové struktury pro rozhraní	34
4.3.1 Struktura dat pro řízení.....	34
4.3.2 Struktura dat konfigurace instalace	34
4.3.2.1 Zdroj dat	34
4.3.2.2 Formát	35
4.3.2.2.1 Textový soubor „.txt“	35
4.3.2.2.2 XML soubor	35

4.3.2.3	Možnosti práce s XML.....	35
4.3.2.3.1	Calimero.xml.....	35
4.3.2.3.2	Knihovny pro práci s xml.....	35
4.3.2.3.3	Využití XSLT šablony.....	36
4.3.2.4	Implementace parseru.....	37
4.3.2.3.4.1	Konverze skupinových adres.....	37
4.3.2.5	Poskytovaná data.....	37
4.4	Komunikace s klientskými zařízeními	39
4.5	Zpracování příkazů od klientských zařízení.....	39
4.6	Sběr historických hodnot.....	40
4.6.1	Možnosti odposlechu sběrnice	40
4.6.1.1	Network Link Listener	40
4.6.1.2	Process Listener.....	40
4.6.2	Ukládání historických hodnot.....	41
4.6.2.1	Ukládání do textového souboru.....	41
4.6.2.2	Ukládání do datového souboru	41
4.6.3	Implementace odposlechu	41
4.7	Spouštění a řešení pádu aplikace.....	42
5	Testování	43
5.1	Test ovládání instalace	43
5.1.1	Ovládání zjednodušené instalace.....	43
5.1.1	Ovládání instalace v CAT	43
5.2	Odposlech sběrnice.....	44
5.2.1	Logování telegramů na sběrnici	45
5.2.2	Demo – „hlídač“ lednice	46
5.2.3	Vizualizace hodnot získaných monitorováním.....	46
6	Závěr.....	49
7	Seznam použité literatury	50
8	Seznam příloh	52

Seznam obrázků

<i>Obrázek 1 – Rozdělení spotřeby energie v průměrné domácnosti v ČR [3].</i>	19
<i>Obrázek 2 – Logo KNX [4].</i>	20
<i>Obrázek 3 – Srovnání „klasické“ a KNX instalace [6].</i>	21
<i>Obrázek 4 – kombinace KNXnet/IP a TP1 [8].</i>	23
<i>Obrázek 5 – Příklad KNX sběrnice [9].</i>	24
<i>Obrázek 6 – Topologie přípustné pro KNX (NZ – napájecí zdroj, US – účastník na sběrnici) [5].</i>	25
<i>Obrázek 7 – Rozdělení bitů skupinové adresy pro dvě a tři úrovně [11].</i>	26
<i>Obrázek 8 – Telegram zachycený osciloskopem. Červeně datový telegram, zeleně zpětné hlášení. ...</i>	28
<i>Obrázek 9 – Detail bitů telegramu TP1 KNX sběrnice (S – start/stop bit, P – parita, B – významový bit, kde B7=MSB a B0=LSB).</i>	29
<i>Obrázek 10 – Vývojový diagram přístupu ke sběrnici CSMA/CA [10].</i>	30
<i>Obrázek 11 – Schéma zapojení inteligentního rozvaděče.</i>	32
<i>Obrázek 12 – Logo Calimero API [14].</i>	33
<i>Obrázek 13 – Příklad xml souboru upraveného podle ets4_calimero_gui.xml.</i>	36
<i>Obrázek 14 – XML soubor pro interface rozvaděče.</i>	38
<i>Obrázek 15 – Hierarchie skupinových adres implementovaná v xml.</i>	39
<i>Obrázek 16 – Testování ovládání lokální základní instalace.</i>	43
<i>Obrázek 17 – Výpis rozvaděče do konzole během provozu v CAT. Software běží v Netbeans. Zobrazeny jsou odchycené telegramy.</i>	44
<i>Obrázek 18 – Měření telegramu TP1 osciloskopem. Výsledek je analyzován v příloze A – A.2.....</i>	45
<i>Obrázek 19 – Ukázka vypsání telegramů z datového souboru za pomoci jednoduché aplikace. Vpravo část indexovacího souboru s příslušnými vypsány telegramy.....</i>	45
<i>Obrázek 20 – Zachycené telegramy uložené v CSV souboru.</i>	46
<i>Obrázek 21 – Nahoře vizualizace vývoje venkovní teploty v Dejvicích dne 24.4. podle dat získaných z rozvaděče. Dole graf vývoje teploty z meteorologické stanice ve Stromovce v tentýž den. Hodnoty extrémů se mírně liší, ale tvar průběhu je téměř stejný.</i>	47

Obrázek 22 – Vizualizace venkovního osvětlení ze dnů 16.4.-26.4. 2014 v Praze, Dejvicích - ČVUT FEL. Použita data získaná monitorováním sběrnice.	47
Obrázek 23 – Nahoře vizualizace vývoje venkovního osvětlení v Dejvicích dne 24.4. podle dat získaných z rozvaděče. Dole graf vývoje intenzity slunečního světla z meteorologické stanice ve Stromovce v tentýž den.	48

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Použité datové typy v CAT projektu.	27
Tabulka 2 – Seznam URL pro rozhraní historických hodnot. Údaje o datu jsou ve tvaru dd-den, mm- měsíc, yy – rok.	34

1 Úvod

Přestože se první myšlenky o plné automatizaci budov objevily již v polovině minulého století, s rozvojem technologií si můžeme jejich rozšíření z komerčních a průmyslových objektů na menší rodinné stavby všimnout zejména v posledním desetiletí. Hlavní výhodou pro uživatele inteligentního bydlení je velké zvýšení jejich komfortu a především zlepšení ekonomické efektivity s využitím automatického řízení instalace domu.

V dnešní době se pro inteligentní budovy využívá hlavně zavedených standardů, které dodržují příslušní výrobci jednotlivých částí instalace. Pro většinu současných systémů je charakteristický decentralizovaný princip činnosti. Největším decentralizovaným světovým standardem je dnes KNX systém asociace sdružení výrobců KONNEX.

Ke zlepšení a zjednodušení ovládání inteligentní instalace v poslední době napomáhá velký rozvoj v oblasti klientských zařízení - chytrých telefonů a tabletů. K umožnění ovládání domu za pomoci těchto přístrojů je třeba poskytnout aktuální informace o instalaci, tedy vytvořit rozhraní a navázat spojení mezi domem a klientským zařízením.

Důležitou funkcí pro zpětnou analýzu provozu a zlepšení efektivity spotřeby je pak ukládání historických hodnot. Historii provozu je třeba monitorovat 24 hodin denně, proto musí být monitorující přístroj neustále připojen ke KNX sběrnici. Poté je možno hodnoty získané při odposlechu sběrnice využít pro analýzu z hlediska ekonomického i bezpečnostního.

Tyto důvody vedou k myšlence vytvoření softwaru - „Inteligentního rozvaděče“, který bude schopen za pomoci bezdrátové sítě komunikovat s externími klientskými zařízeními a poskytovat jak aktuální data o stavu instalace, tak i historické hodnoty přístrojů na KNX sběrnici.

K možnosti reálného vyzkoušení softwarové části projektu slouží inteligentní byt s KNX instalací v Centru asistivních technologií ČVUT (CAT). Objekt se nachází ve 3. patře budovy elektrotechnické fakulty v Dejvicích v bloku A4.

2 Inteligentní dům

První myšlenky domu, který sám automaticky řídí topení, osvětlení a disponuje uklízacími roboty, vznikly již v padesátých letech minulého století. V současnosti je inteligentní dům chápán jako velice široký pojem zahrnující jednak jednoduché budovy s bezpečnostními kamerovými systémy a strukturovanou kabeláží, jednak domy s nejmodernější technologií z oblasti automatického řízení. V nejširším slova smyslu tedy můžeme o inteligentní budově mluvit jako o stavbě, která je vybavena počítačovou a komunikační technikou, s jejíž pomocí reaguje na potřeby obyvatel s cílem zvýšení komfortu, ekonomické efektivnosti, poskytnutí zábavy a zajištění bezpečnosti [1]. Pro takto široký význam definice je míra inteligence domu odstupňována do pěti kategorií [2]:

1. Obsahující inteligentní zařízení a systémy – v objektu fungují inteligentní zařízení a systémy pracující nezávisle na ostatních.
2. Obsahující inteligentní komunikující zařízení a systémy – v objektu fungují inteligentní zařízení a systémy, které spolu komunikují a vyměňují si zprávy.
3. Propojený dům – systémy v domě jsou vzájemně propojeny. Propojení s vnějškem umožňuje vzdálené ovládání a získávání dat pro uživatele nacházející se mimo dům.
4. Učící se dům – systém zajišťuje provoz domu z dat zaznamenaných v historii užívání domu
5. Pozorný dům – řízení probíhá v reálném čase. Je vyhodnocován aktuální stav objektu a podle předvídaných potřeb je nastavena instalace.

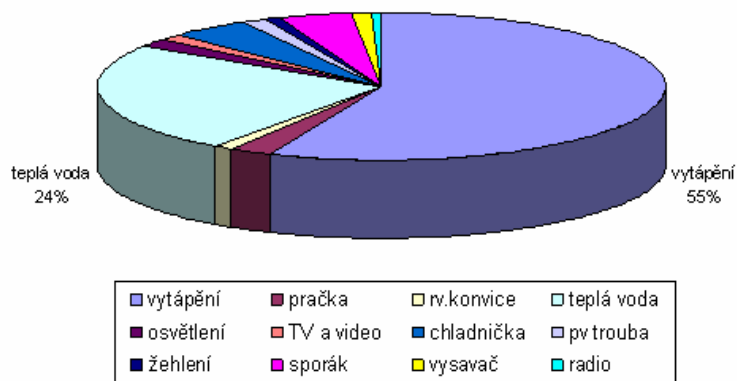
Komerčněji nejvyužívanějšími kategoriemi jsou kat. 2 a 3, na které je vztažena i tato práce.

Výhody pro uživatele inteligentního domu vycházejí ze základní myšlenky sjednocení a integrace elektrické instalace a spotřebičů. Propojení instalovaných zařízení vede k možnosti výměny informací a dat usnadňující automatizaci procesů v objektu.

Jednou z hlavních výhod je zlepšení komfortu obyvatel domu. Jedná se hlavně o „chytré“ intuitivní ovládání. Na rozdíl od manuálního ovládání jednotlivých částí instalace je zde možnost využití režimů (scén). Zmačknutím jediného tlačítka lze takto nastavit libovolné množství zařízení do předem definovaného stavu, např. pro návštěvu, spánek atd. Funkce tlačítek také nemusí být předem určené a dají se nastavit až po čase užívání domu. Další výhodou ovládání domu je možnost využití „klientských zařízení“, jako jsou dotykové obrazovky, televize, chytré telefony, tablety a počítače. Ovládání usnadní i možnost vzdáleného přístupu přes internetovou nebo telekomunikační síť. Inteligentní dům dále nabízí automatizování činností na základě údajů ze senzorů nebo internetu, jako automatické zavření oken v případě deště nebo spuštění bezpečnostního systému po opuštění objektu.

Další velkou výhodou inteligentní instalace je značná úspora energií při automatické regulaci zařízení. Podíváme-li se na graf obrázku 1, vidíme, že hlavní podíl na spotřebě energie nese vytápění budovy.

Celkově ovlivňuje termoregulaci především stavební řešení objektu a způsob získávání tepla. Samotná regulace pomocí inteligentního systému má v tomto případě menší význam. Přesto pomocí automatické regulace uspoří uživatel až jednu třetinu nákladů oproti stavbě bez regulace, nemluvě o opětovném zvýšení komfortu při automatické obsluze. Dalšími funkcemi, které mohou přispívat ke zvýšení ekonomické efektivity, jsou regulace intenzity osvětlení, práce některých spotřebičů v čase, kdy jsou náklady menší apod. [1].



Obrázek 1 – Rozdělení spotřeby energie v průměrné domácnosti v ČR [3].

3 Systém KNX

3.1 Historie

Snaha o automatizaci za účelem úspor započala počátkem 70. let. Velkým průlomem v oblasti řízení inteligentních bytů bylo začlenění mikroprocesorů do jednotlivých komponent. První systémy byly závislé na funkci centrální řídicí jednotky. Nevýhodou těchto systémů byla závislost na centrálním uzlu. Proto se postupně ke slovu dostávaly decentralizované systémy.

U těchto systémů bylo třeba sjednotit požadavky a tedy i základní programové vybavení. Proto byla roku 1989 založena mezinárodní asociace EIBA se sídlem v Bruselu. V roce 1991 představila EIBA software ETS a jednotliví výrobci v Evropě zahájili produkci přístrojů systému EIB. V roce 2001 proběhl první kongres nově vzniklé asociace KONNEX v Bruselu, která sjednocuje nejen decentralizované systémy v Evropě, ale i některé asijské. Standardem této asociace je systém zvaný KNX, jenž se stal Evropským standardem, který může využít prvky od většiny Evropských výrobců, např. ABB, Bosch, Siemens, Toshiba, Lutron, Control4 EMEA a další. Dnes je systém KNX již světovým standardem a sdružuje přes 38 000 partnerů ze 120 zemí světa [4].



Obrázek 2 – Logo KNX [4].

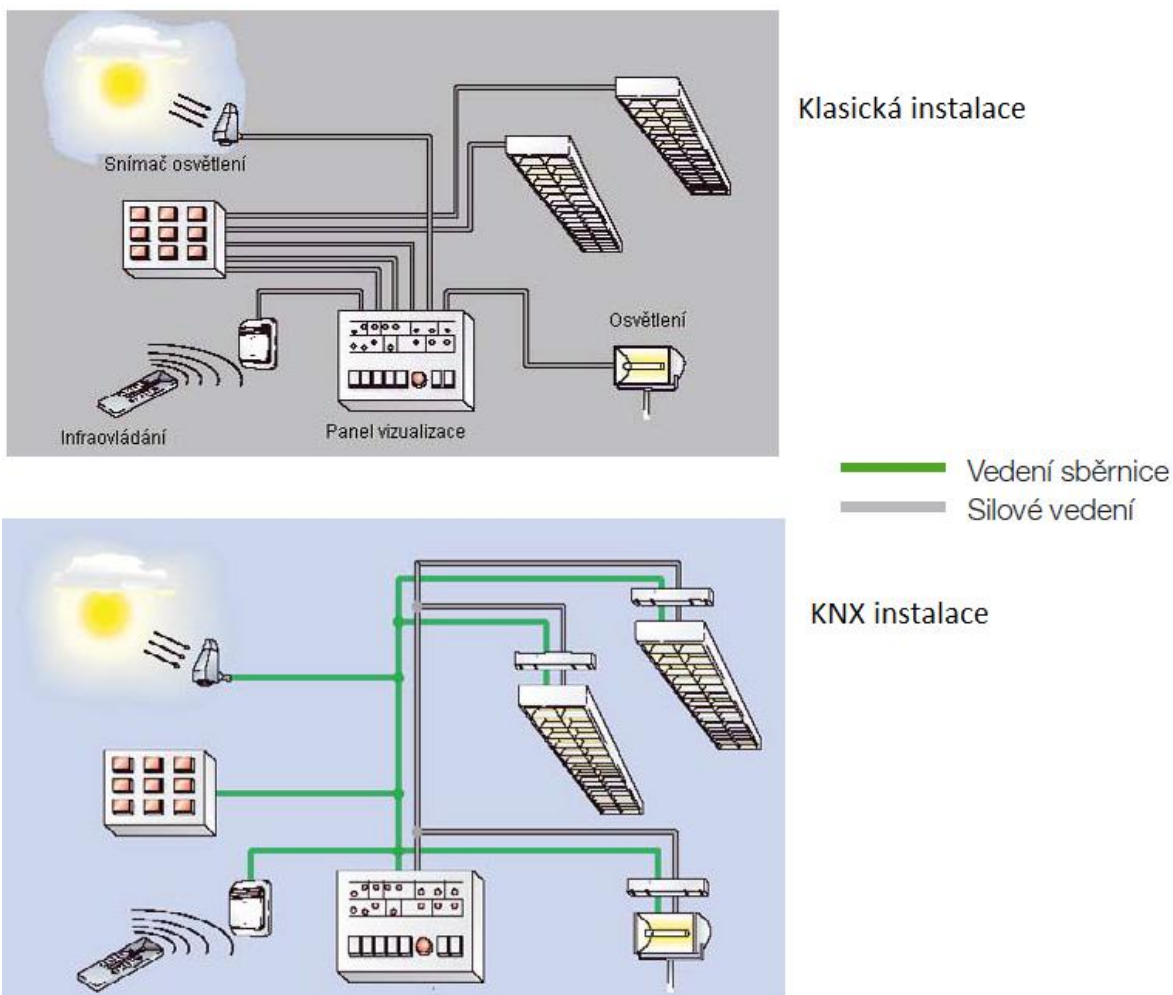
3.2 Charakteristika KNX

Základní charakteristikou KNX instalace je, že se jedná o decentralizovaný systém. Není zde tedy zapotřebí samostatný centrální uzel (řídicí jednotka). Veškeré funkce jsou tak uloženy v jednotlivých zařízeních a komunikují spolu po sběrnici. Data jsou přenášena v tzv. datových telegramech. Silové vedení není vedeno ke všem členům, ale pouze k těm, kteří to vyžadují. Ostatní části instalace jsou napájeny přímo ze sběrnice.

Vzhledem ke specifčnosti každé instalace nelze vždy přesně určit výhody a nevýhody KNX. Je tak lepší mluvit spíše obecně o vlastnostech a rozdílech. Při úvaze většího komerčního projektu může vlastní charakteristika vypadat asi takto [5]:

- Při změně požadavků na funkci instalace není třeba vést nové vedení. Jde pouze o softwarovou změnu.

- Úspora kabelových spojů oproti „klasické“ instalaci. Není třeba vést drát pro každou funkci. Viz Obrázek 3.
- Možnost využití bezdrátových technologií.
- Možnost rozdělení instalace do menších celků, optimalizace a regulace spotřeby energie. Ekonomická efektivita.
- Možnost vzdáleného přístupu a dálkových odečetů.
- Možnost vzdáleného a „pohodlnějšího“ ovládání instalace.
- Vzájemná kompatibilita přístrojů od velkého množství výrobců z KNX.
- ✗ Vyšší pořizovací náklady.
- ✗ Výpadek napájení linie způsobí její nefunkčnost.
- ✗ Nutná odborná pomoc i při drobných opravách.



Obrázek 3 – Srovnání „klasické“ a KNX instalace [6].

3.3 Hardwarová specifikace

3.3.1 Přenosová média

KNX nabízí několik možností technické realizace přenosu dat kvůli možnosti odlišných požadavků instalace. Jednotlivé typy komunikačních rozhraní je možné libovolně kombinovat.

3.3.1.1 *Twisted pair TP1*

Využívá klasický kroucený pár vodičů. V současné době nejrozšířenější medium. Dosahuje vysoké kvality přenosu a nízkých nákladů na hardware. Skládá se z dvou párů žil, které jsou ve vedení odstíněné. Jeden pár se využívá pro napájení a přenos dat současně. Druhý pak slouží jako rezerva, např. v případě přídavného napájení. Rychlost přenosu je pak zpravidla 9600 baud [7].

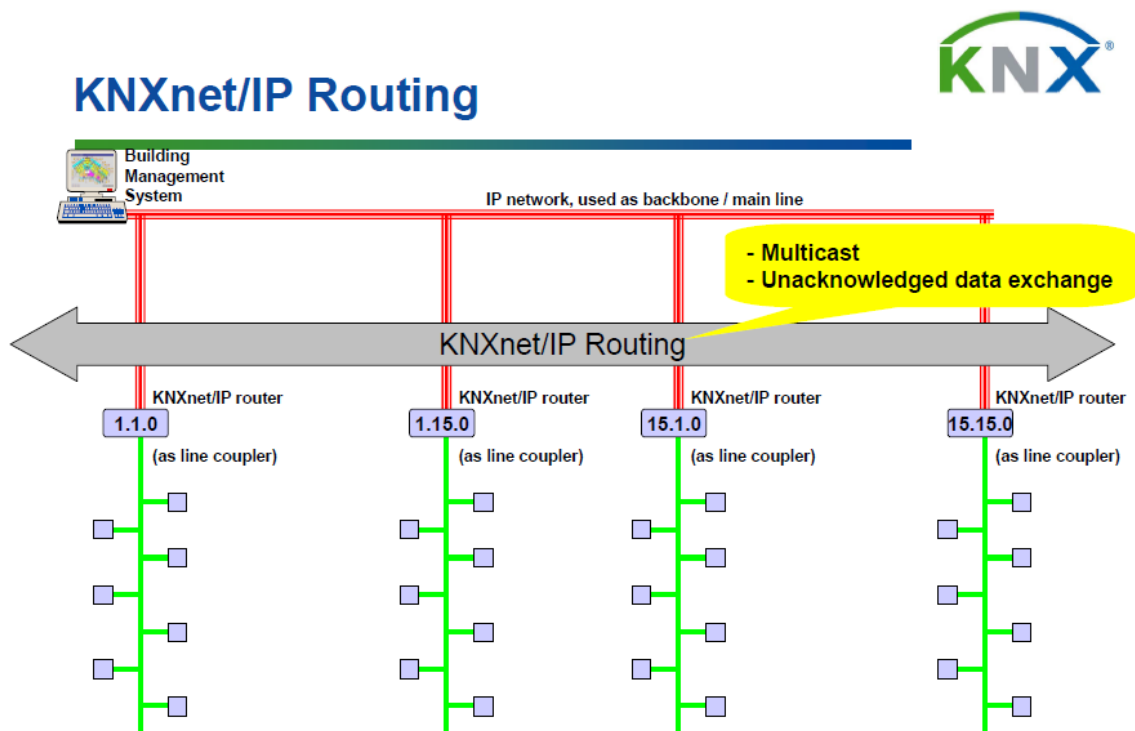
Napájecí zdroj zajišťuje sběrnici napětí 30V DC, jmenovité napájení na sběrnici pak činí 24V DC. Se vzrůstající vzdáleností přístrojů od zdroje klesá napětí. Zdroj bývá zpravidla vybaven integrovanou tlumivkou, ale je možno využít i tlumivku externí. Tlumivka umožňuje datovou komunikaci v linii [7]. V souvislosti s napájecím zdrojem můžeme mluvit o bezpečném malém napětí SELV. Napájecí zdroj je vyžadován pro každou linii (viz kapitola 3.4 Topologie). Existují různé druhy zdrojů s různou hodnotou proudu, na velikosti proudu pak závisí maximální možný počet připojených zařízení.

V tomto projektu je u instalace KNX využito TP1, ve zbylé části tedy předpokládáme toto médium, nebude-li uvedeno jinak.

3.3.1.2 *Internet protokol KNXnet/IP*

Využívá se pro propojení KNX instalace se sítí TCP/IP, a to hlavně pro komunikaci s obsluhou a dohledem. Podporuje požadavky na zařazení telekomunikací a multimedií, např. ethernet, bluetooth, WiFi, FireWire.

Na KNXnet/IP protokolu je možné vystavět celý systém nebo jej lze kombinovat libovolně s jiným přenosovým médiem, např. s TP1. V případě využití propojení s KNX subsystémem mluvíme o „KNXnet/IP Routing“. U možnosti propojení se systémem dohledu jde o „KNXnet/IP Tunneling“. S využitím routeru jako oblastní spojky, získáme páteřní linii založenou na KNXnet/IP. Router tak spojuje libovolný subsystém a páteř založenou na KNXnet/IP s komunikací definovanou KNXnet/IP Routing protokolem [8].



Obrázek 4 – kombinace KNXnet/IP a TP1 [8].

3.3.1.3 Ostatní média

Powerline PL110 – Malá podpora výrobců. Využití tam, kde není možné použít medium TP1.

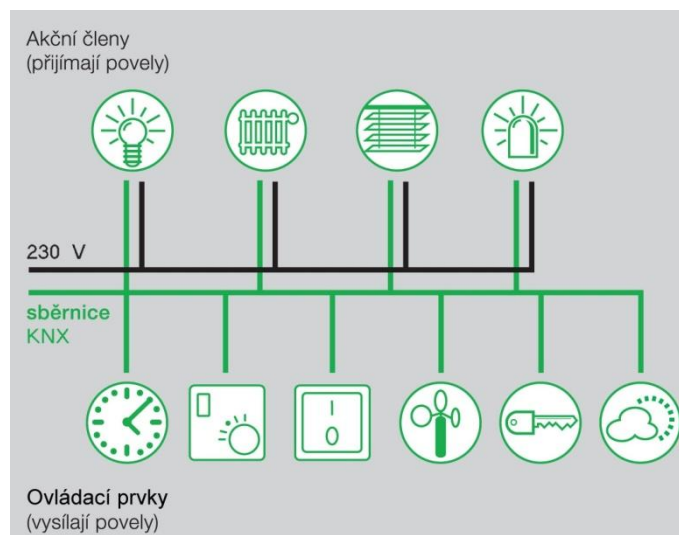
Powerline PL132 – Podobný jako PL110.

Radio Frequency RF – Protokol KNX využívá k modulování komunikačního signálu frekvenci 868.3Mhz [5].

3.3.2 Přístroje na sběrnici

Samotné přístroje na sběrnici můžeme rozdělit do 4 skupin [7][6]:

- Systémové přístroje - napájecí zdroje, datové sběrnice, komunikační rozhraní (USB, IP, RS-232), tlumivky, liniové spojky, oblastní spojky
- Snímače - tlačítkové ovladače, snímače povětrnosti (vítr, déšť, světlo, teplo atd.), termostaty, analogové a binární vstupy
- Akční členy - spínací, stmívající, pro řízení žaluzií, akční členy topení
- Řídící prvky - Snímače a akční členy mohou být vzájemně logicky propojeny řídicími prvky (logickými členy, logickými moduly apod.) pro zajištění vyšších počtů komplexních funkcí.



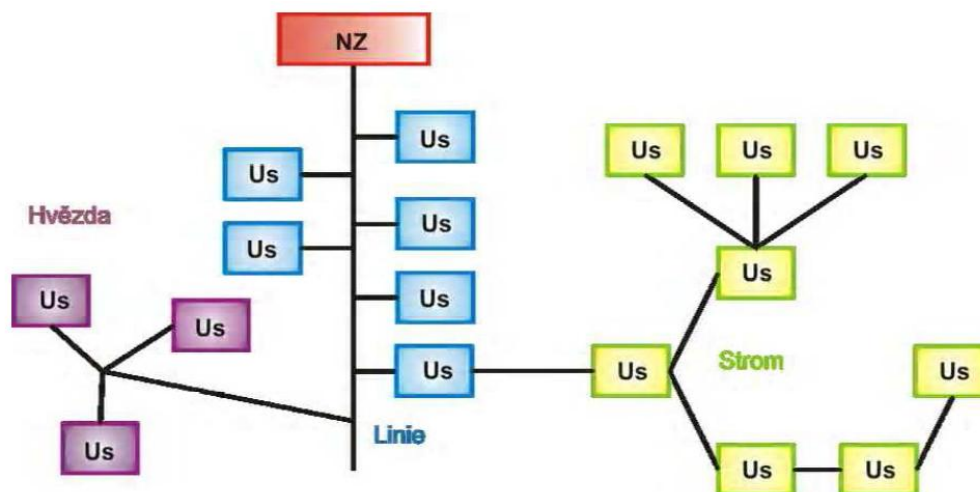
Obrázek 5 – Příklad KNX sběrnice [9].

3.3.3 BCU spojka

K propojení jednotlivých částí instalace TP1 se sběrnici je použita spojka BCU („bus coupling unit“). Každé zařízení na sběrnici se skládá právě z BCU spojky, která zajišťuje komunikaci s ostatními zařízeními, a z aplikačního modulu, který vykonává samotnou aplikační funkci. Spojka se skládá ze dvou principiálně odlišných částí – kontrolér („controller“) a „transceiver“. Jednotka kontroléru poté obsahuje mikroprocesor a různé druhy pamětí (ROM, RAM, EEPROM). S použitím „správné“ BCU je možno ke sběrnici připojit jakákoliv kompatibilní KNX zařízení, včetně PC s inteligentním rozvaděčem [4].

3.4 Topologie

KNX nabízí možnost využití všech známých topologií, tedy libovolného větvení s jediným omezením – nepřipustné je zacyklení, tedy uzavřená smyčka (viz Obrázek 6). Nejnižší úroveň - linie - může obsahovat až 64 přístrojů (pokud je použit napájecí zdroj s proudem 640mA). Pro malé instalace stačí mnohdy 1 linie, zatímco u větších realizací je třeba za pomoci vazebních členů propojit více linií do oblasti. 12 linií spojených v hlavní linii pak vytváří oddíl. Maximálně může být spojeno 15 oddílů. Celkem je tedy možno připojit 12544 účastníků komunikace [10].



Obrázek 6 – Topologie přípustné pro KNX (NZ – napájecí zdroj, US – účastník na sběrnici) [5].

Z technických vlastností napájecího zdroje vyplývají pro linii následující podmínky:

Maximální délka jedné linie TP1 $\leq 1000\text{m}$.

Maximální vzdálenost mezi dvěma prvky v linii $\leq 700\text{m}$.

Maximální vzdálenost zdroje napětí od napájeného zařízení $\leq 350\text{m}$ [5].

3.4.1 Spojování linií

Spojení více linií je umožněno za pomoci liniové spojky, což je systémový přístroj, který může sloužit i jako liniový opakovač. Spojku je třeba zahrnout mezi zařízení použitá v linii, tedy max. počet zařízení v linii je pak např. $63 + 1$ spojka. Pokud spojka funguje jako opakovač, umožňuje připojit do dané linie více zařízení (max. 3 liniové opakovače = max. tedy 256 zařízení). Liniové spojky se poté v rámci jedné oblasti využívá k připojení linie k linii hlavní. Vazební členy jednak galvanicky oddělují části systému, hlavně však propouštějí dále pouze telegramy s významem přesahujícím danou oblast. Toto je zajištěno tzv. výběrovou tabulkou naprogramovanou při uvádění do provozu - kapitola 3.7 Software ETS (Engineering tool software) [7].

3.5 Telegramy a adresování

3.5.1 Individuální adresy (fyzické adresy)

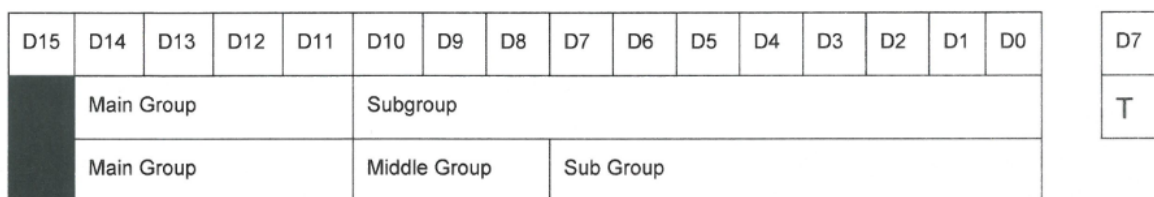
Každý přístroj na sběrnici (s výjimkou napájení) má unikátní individuální adresu. Adresa je určena k jednoznačnému určení přístroje v systémové instalaci a je zařízení přidělena již ve fázi projektu. Adresa by měla vycházet z topologického uspořádání instalace. Formální zápis adresy obsahuje tři čísla oddělená tečkou. V telegramu je pro individuální adresu vyhrazeno 16 bitů [7]:

- 4 bity pro oblast
- 4 bity pro linii

- 8 bitů pro každého účastníka v rámci linie

3.5.2 Skupinové adresy (logické adresy)

Zatímco individuální adresa účastníka komunikace přesně identifikuje, skupinová adresa slouží k rozlišení jednotlivých provozně-technických funkcí. Většinou tak rozlišujeme centrální funkce, ovládání osvětlení, řízení žaluzií, regulaci vytápění atd. Technicky se jedná o 16-ti bitové číslo. Pro lepší čitelnost bývají adresy ve formátu čísel oddělených lomítkem. Mohou být dvouúrovňové, ale dnes se spíše využívají tříúrovňové. U dvouúrovňové je následující rozdělení bitů: *hlavní skupina(4 bity)/podskupina(11 bitů)*, zatímco u tříúrovňové: *hlavní skupina(4 bity)/střední skupina(3 bity)/podskupina(8 bitů)*. Rozdělení bitů v grafické podobě se nachází na obrázku 7. Interpretace adresy pak může vypadat následovně: 1/1/2 = osvětlení/kuchyň/strop [7]. Přiřazení skupinových adres není vůbec závislé na fyzickém pospojování vodičů, jak je tomu u běžné elektroinstalace. Adresa je do příslušného zařízení naprogramována. Flexibilita systému tedy spočívá v programování a možnosti změny programu kdykoliv průběhu používání instalace [10]. Přiřazování adres probíhá pomocí softwaru ETS, jak je uvedeno v 3.7 Software ETS (Engineering tool software).



Obrázek 7 – Rozdělení bitů skupinové adresy pro dvě a tři úrovně [11].

3.5.3 Datové typy (DPT)

V závislosti na typu přístroje je na příslušnou skupinovou adresu zapsána požadovaná hodnota příslušného datového typu. Každý datový typ je definován následujícími 4 základními elementy [4]:

- Formát – Udává, z kolika polí je DPT složen, každé pole může mít různý počet bitů.
- Kódování
- Rozsah
- Jednotky

Následně je možno rozdělit datové typy do 5 základních skupin [4]:

- Jednoduchý typ (simple type) – typy známé z běžných programovacích jazyků – boolean, číselné typy.

- Výčtový typ (enumerated type) – jsou typy s přesně daným počtem možných hodnot, příkladem jsou nastavitelné módy termostatu „Noc“ a „Komfort“.
- Strukturovaný typ (structured type) – kombinuje několik různých částí, ve struktuře se mohou použít pole, která nemohou být využita smysluplně samostatně, např. Datový typ stmívání.
- Více-stavový typ (Multi-state type) – jsou určeny k přenosu dat, jejichž kódovatelné hodnoty dodržují hierarchické sekvence, příkladem je kontrolér ventilátoru, který může řídit ventilátor z klidu do sekvence 5 různých poloh.
- Stavový typ (status type) – jsou využívány hlavně pro zařízení, která jsou schopna podávat informace o svém současném stavu ostatním a jsou schopna přepnout do specifického operačního módu, to se týká hlavně přístrojů vytápěcích technologií.

KNX využívá širokou škálu datových typů (DPT) pro zápis a přenos dat. V KNX projektech je datovým typům přiřazeno identifikační číslo ve tvaru „Z.xxx“, kde první číslo „Z“ určuje datový typ pro software. Další tři čísla poté přesně charakterizují typ přístroje, pro softwarovou část nejsou natolik důležité. Výčet datových typů použitých v projektu pro CAT je v tabulce 1 (Všechny datové typy jsou uvedeny v příloze A – A.1) [12].

DPT	ID	Popis
B1	1.xxx	Využívá se k přenosu dvou-stavových hodnot – zapnuto/vypnuto (boolean). Typický pro dvoustavový vypínač.
Float	9.xxx	2x8 bitů - float , přenos hodnot s desetinnou čárkou, se znaménkem.
Čas	10.xxx	Časová informace – den, hodina, minuta, sekunda.
Datum	11.xxx	Údaje o dnu, měsíci a roku.

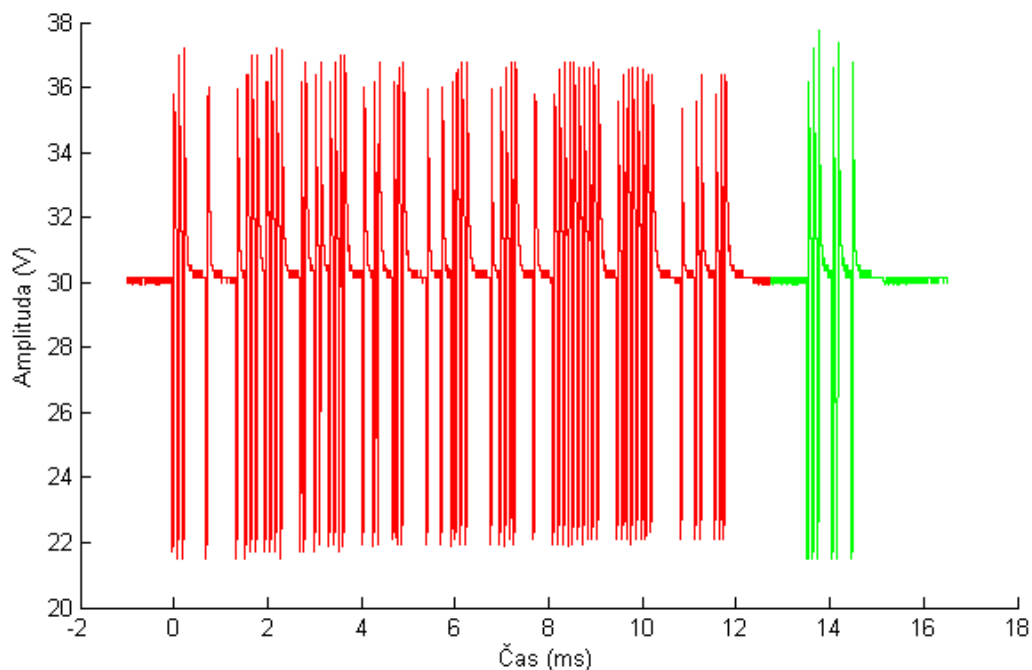
Tabulka 1 – Použité datové typy v CAT projektu.

3.5.4 Telegramy a komunikace

Telegramy slouží k přenosu informace mezi účastníky. Většinou může telegram projít maximálně šesti liniovými spojkami. Rozdělit je můžeme na datové telegramy a zpětná hlášení. Událost vyvolaná nejčastěji stisknutím tlačítka vyvolá odeslání datových telegramů všem účastníkům s danou skupinovou adresou. Poté proběhne souhrnné potvrzení zpětným hlášením.

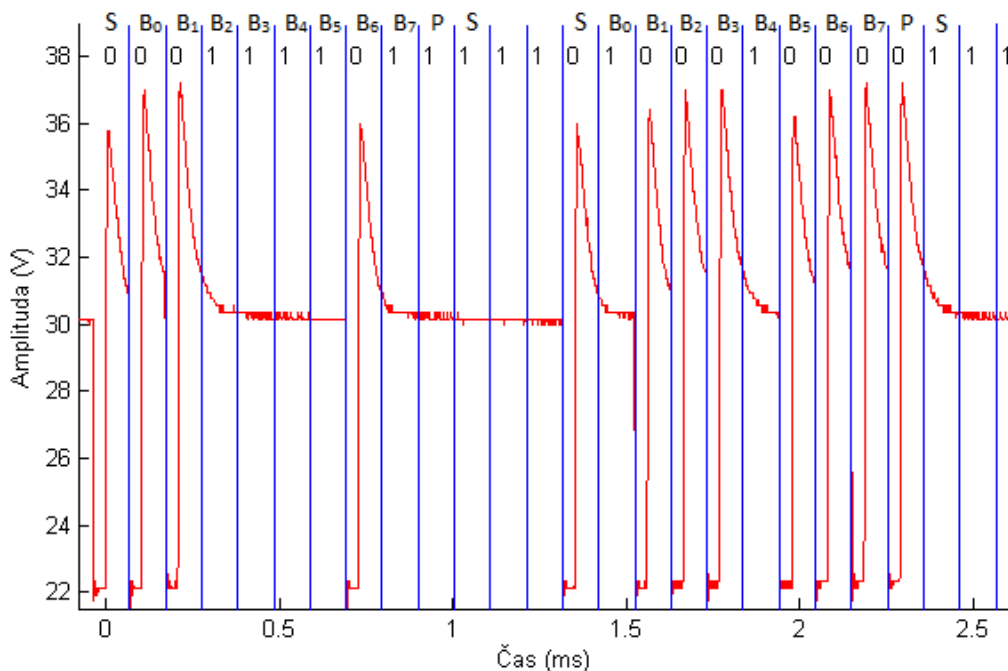
Na obrázku 8 je datový telegram zachycený osciloskopem. Můžeme pozorovat samotný datový signál, ale i potvrzovací zpětné hlášení, které je kratší a jehož signál má větší amplitudu. To je způsobeno tím,

že signál byl měřen u zdroje zpětného hlášení a nedošlo k tak velkému útlumu, jako u signálu samotného telegramu pro zápis hodnoty.



Obrázek 8 – Telegram zachycený osciloskopem. Červeně datový telegram, zeleně zpětné hlášení.

Telegram v detailu na obrázku 9 se podařilo „rozluštit“ – určit význam jednotlivých bitů. Kompletní rozbor je možné najít v příloze A – A.2.

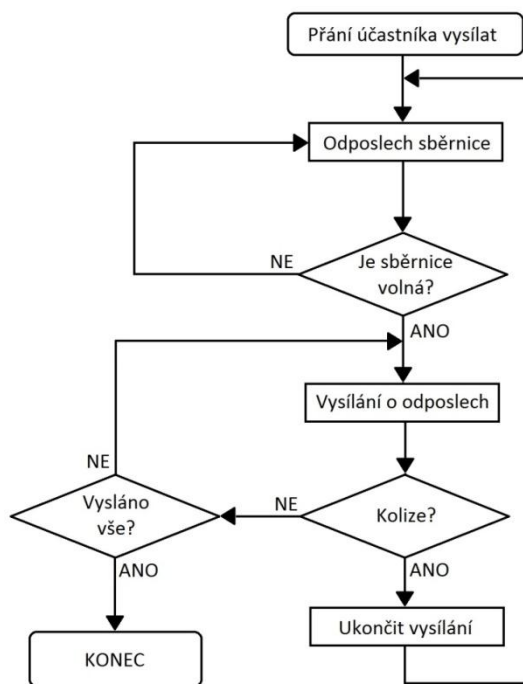


Obrázek 9 – Detail bitů telegramu TP1 KNX sběrnice (S – start/stop bit, P – parita, B – významový bit, kde B7=MSB a B0=LSB).

Technická logika v TP1 definuje následující významy bitů:

- 1 – není k dispozici žádný signál
- 0 – napětí signálu je k dispozici

V případě vysílání více účastníků se prosadí 0. Všechny přístroje naslouchají sběrnici. V případě, že přístroj vysílající 1 detekuje 0, zastaví přenos. Tím je uvolněna kapacita pro jiný vysílající přístroj. Přístroj poté čeká na doručení telegramu a poté opakuje svůj pokus o odeslání. Aby mohl přenos dokončit pouze jeden z přístrojů, je použito řízení CSMA/CA. Díky tomuto nedochází ke snížení průchodnosti dat. Princip CSMA/CA můžeme vidět na obrázku 10 [10].



Obrázek 10 – Vývojový diagram přístupu ke sběrnici CSMA/CA [10].

3.5.3 Flags

Každému objektu v instalaci KNX je přiděleno 6 nastavitelných „flagů“. Za pomoci nastavení flagu můžeme ovlivnit chování přístroje na sběrnici. Změny se provádí v ETS – kapitola 3.7 Software ETS (Engineering tool software). „Flagy“ mohou ovlivnit (umožnit nebo znemožnit) komunikaci, čtení, zápis, přenos, aktualizaci a u některých typů čtení po inicializaci. Stěžejním je pro tento projekt nastavení flagu Čtení (read) a Zápis (write). Jejich správná konfigurace umožní libovolné čtení stavu instalace a měnění hodnot objektů. Tím je umožněno ovládání systému a poskytování informací o jeho stavu klientským zařízením.

3.6 Propojení se zabezpečovacím systémem

Další výhodou inteligentní instalace je možnost snadného propojení se zabezpečovacím systémem. Součástí instalace je binární I/O modul KNX, do kterého jsou výstupy zabezpečovacího systému připojené. Při odposlechu sběrnice lze číst telegramy poplašného zařízení a vyhodnocovat tak zprávy od zabezpečovacího systému.

Při detekci pohybu je vyslán signál na I/O modul KNX, který pošle telegram. Ten je možno číst a vyvolat tak příslušnou akci.

3.7 Software ETS (Engineering tool software)

ETS je nezávislý software sloužící k nastavení konfigurace instalace KNX. Nabízí plnou kompatibilitu se všemi částmi instalace od KNX výrobců. Navíc je garantována výměna závislých dat při využívání ETS pro jakýkoliv KNX projekt kdekoliv na světě. Program umožňuje vytvoření projektu se základními údaji o přístrojích a struktuře budovy, přiřazování skupinových adres částem instalace, změny individuálních adres, kontrolu a export KNX projektů. Dále nabízí i možnost diagnostiky a zjištění chyb při nesprávném běhu systému [13].

V současnosti je nejaktuálnější verzí softwaru ETS4 (od roku 2010), která je plně kompatibilní se všemi předchozími verzemi. ETS4 nabízí 4 druhy licencí:

- Demo – Bezplatná verze pro max. 3 přístroje.
- Lite – Bezplatná licence pro max. 20 přístrojů, možné získat po absolvování základního školení.
- Professional – Placená verze, neomezená.

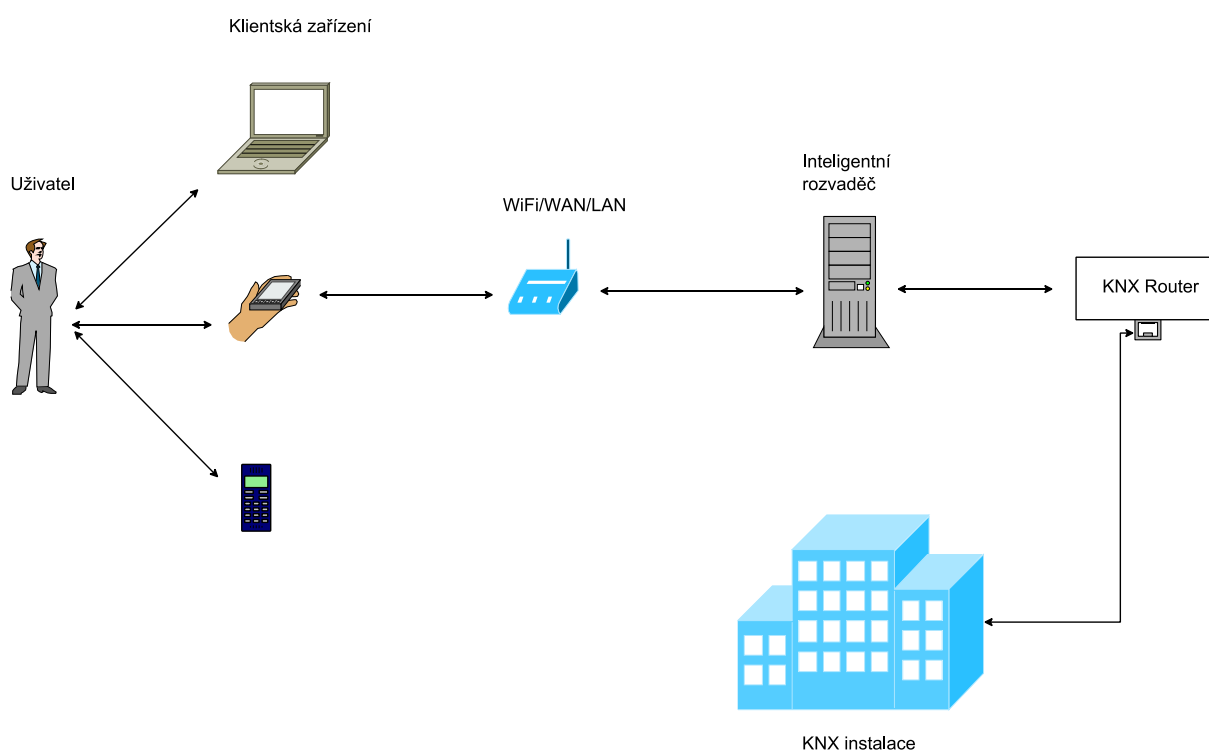
Důležitou funkcí je možnost exportu projektu do výstupního formátu „.knxproj“, po jehož následné extrakci můžeme získat XML soubor s popisem konfigurace instalace - soubor 0.xml, viz kapitola 4.3.2.1 Zdroj dat.

4 Inteligentní rozvaděč

Inteligentní rozvaděč je software umožňující komunikaci mezi inteligentní instalací domu a klientskými zařízeními. Dále je schopen uchovávat reálná data z průběhu užívání instalace a poskytovat je k dalšímu využití.

K vývoji je použit programovací jazyk Java spolu s knihovnou Calimero, které nabízí API definované KNX standardem.

Ke komunikaci s klientskými zařízeními využívá rozvaděč především bezdrátové spojení WiFi, k samotné instalaci KNX je pak připojen pomocí KNX routeru s využitím KNXnet/IP. Schéma celého zapojení rozvaděče do instalace můžeme vidět na obrázku 11.



Obrázek 11 – Schéma zapojení inteligentního rozvaděče.

4.1 Calimero API

Calimero je Java knihovna pro práci s KNX instalací, umožňující implementování vlastního softwaru kompatibilního s KNX. Nabízí API pro síťové spojení, přenos a kódování dat definovaných standardem KNX [14]. Aktuální verzí knihovny je Calimero 2, pokud nebude uvedeno jinak, je v této práci předpokládáno vždy použití této verze.



Obrázek 12 – Logo Calimero API [14].

4.2 Rozhraní

Důležitým přínosem inteligentního rozvaděče je vytvoření rozhraní pro komunikaci s klientskými zařízeními. Rozhraní musí poskytovat co nejvíce dat o konfiguraci instalace, ale zároveň by mělo být velice jednoduché. Hlavně proto, aby bylo universální a dobře použitelné pro všechna zařízení, platformy a uměl si s ním poradit každý použitý programovací jazyk. Dále by nemělo být ani příliš velké, aby nemusel být přenášen velký objem dat, který by zdržoval komunikaci. Obvykle jsou data k instalaci uložena v projektu ETS, který ale nesplňuje naše výše zmíněné požadavky, proto je třeba najít jiný způsob

4.2.1 Rozhraní pro načtení konfigurace

Úkolem je v případě potřeby umožnit koncovému zařízení načtení datové struktury popsané v kapitole 4.3.2 Struktura dat konfigurace instalace. Toto lze zařídit přes volání příslušného URL, vzhledem k tomu, že je třeba načíst pouze jeden soubor, může být URL pevně dané - `.../get_configuration`. Po zavolání URL je možno načíst celý xml soubor.

4.2.2 Rozhraní pro načtení historických dat

Poskytnutí historických dat je možno řešit opět přes URL, tentokrát je ale třeba rozlišit možnost práce s více různými soubory dat – viz 4.6.3 Implementace odposlechu. Poslána mohou být data v textových souborech nebo datových souborech spolu s indexovacím souborem. Dále je možno získat pouze soubory určitého data nebo přijmout úplně vše. Proto je nutno definovat více druhů URL, ty jsou uvedeny v tabulce 2.

tvár URL	Popis
<code>.../get_all</code>	všechny soubory s historickými daty
<code>.../get_text</code>	všechna historická data zapsaná v textovém souboru csv
<code>.../get_data</code>	všechna historická data zapsaná v binárním datovém souboru
<code>.../get_index</code>	všechny indexovací textové soubory
<code>.../get_data_index</code>	všechna historická data zapsaná v binárním datovém souboru a příslušné indexovací

	soubory
.../get_all&from=dd_mm_yy&to=dd_mm_yy	všechny soubory s historickými daty v zadaném časovém rozmezí
.../get_text&from=dd_mm_yy&to=dd_mm_yy	všechna historická data zapsaná v textovém souboru csv v zadaném časovém rozmezí
.../get_data&from=dd_mm_yy&to=dd_mm_yy	všechna historická data zapsaná v binárním datovém souboru v zadaném časovém rozmezí
.../get_index&from=dd_mm_yy&to=dd_mm_yy	všechny indexovací textové soubory v zadaném časovém rozmezí
.../get_data_index&from=dd_mm_yy&to=dd_mm_yy	všechna historická data zapsaná v binárním datovém souboru a příslušné indexovací soubory v zadaném časovém rozmezí

Tabulka 2 – Seznam URL pro rozhraní historických hodnot. Údaje o datu jsou ve tvaru dd-den, mm-měsíc, yy – rok.

4.2.3 Rozhraní pro řízení

Pro řízení instalace je třeba pracovat s jednoduchými řetězci – 4.3.1 Struktura dat pro řízení. Komunikace probíhá na základě UDP – viz 4.4 Komunikace s klientskými zařízeními. Je třeba navázat komunikaci na příslušném portu nastaveném v softwaru rozvaděče – defaultně nastaven port 3671. Poté je možno poslat např. s využitím protokolu telnet příkazovou zprávu na IP adresu rozvaděče.

4.3 Datové struktury pro rozhraní

4.3.1 Struktura dat pro řízení

Pro řízení instalace je očekáván textový řetězec v přesně definovaném tvaru. Musí obsahovat dvě důležité informace – skupinovou adresu a zapisovanou hodnotu. V projektu byl zvolen následující formát: [adresa,hodnota]. V reálném případě pak může řetězec pro řízení instalace vypadat následovně: [3/2/1,true] nebo [3/4/13,3.25].

4.3.2 Struktura dat konfigurace instalace

4.3.2.1 Zdroj dat

Zdrojem dat o instalaci je pro nás exportovaný projekt z ETS. Tímto získáme několik xml souborů popisujících aktuální konfiguraci. Z těchto souborů nás nejvíce zajímá již zmiňovaný soubor 0.xml. Zde jsou obsažena data o jednotlivých zařízeních instalace, o jejich skupinových adresách, používajících datových typech a samotných názvech a popisech. Soubor je značně nepřehledný a zbytečně rozsáhlý, aby mohl sám plnit funkci datové struktury pro interface. Jako zdroj dat pro rozhraní je ovšem vyhovující, ale je třeba ho upravit.

4.3.2.2 Formát

Z pohledu výše zmíněných požadavků se zdá ideálním formátem druh textového souboru, který je čitelný nejen pro samotné uživatelské zařízení, ale i pro člověka. Na rozdíl od datového souboru obsahujícího objekty použitého programovacího jazyka splňuje požadavky na universalitu pro různé platformy. Zatímco jediným omezením z hlediska multiplatformní universalitu u textového souboru je způsob kódování znakové sady.

4.3.2.2.1 Textový soubor „.txt“

Nejjednodušší možností je zápis dat z 0.xml do textového souboru v určitém formátu, kde by každý řádek představoval jedno zařízení. Značnou nevýhodou tohoto řešení je jeho nepřehlednost pro samotného uživatele, který by chtěl vyčíst z rozhraní informace o instalaci. Složitě je ale i vyhledávání dat pro koncová uživatelská zařízení a aplikace v nich použítá.

4.3.2.2.2 XML soubor

Zlepšení vlastností textového souboru může přinést zformátování textu. Ideálním se jeví formát XML, který je univerzální, jednoduchý, přehledný. Navíc samotný zdrojový soubor dat je v tomto formátu. Je tedy třeba použít knihovnu umožňující práci s xml pro získání dat a stejná knihovna je pak využita i pro zápis dat do výsledného souboru. XML soubor tak může poskytnout data nutná pro ovládní klientským zařízením a přitom splňuje výše zmiňované požadavky.

4.3.2.3 Možnosti práce s XML

4.3.2.3.1 Calimero.xml

Některé funkce pro práci s xml nabízí samotné Calimero. Konkrétně je najdeme v balíku tuwien.auto.calimero.xml v Calimero 2.0. Calimero.xml nepřináší nějaké převratné funkce, které by značně usnadnili práci s xml, jedná se spíše o doplňkovou knihovnu. Výhodou je, že při použití Calimera v programu není třeba importovat jiné knihovny. Na druhou stranu obsahuje tato knihovna méně metod než knihovny psané výhradně pro práci s xml v jave [14].

4.3.2.3.2 Knihovny pro práci s xml

V zásadě lze rozdělit práci s xml v jave na proudové zpracování a zpracování pomocí stromové prezentace. Při proudovém zpracování parser čte dokument postupně a po každé části (atributu, elementu, ...) vyvolá událost, kterou je třeba zpracovat implementovaným kódem. Typickou knihovnou je pro tento typ práce je SAX.

Při zpracování přes stromovou strukturu je dokument načten do paměti a poté dojde k vytvoření jeho stromové struktury. Použitelnou knihovnou pro tento druh práce DOM.

4.3.2.3.3 Využití XSLT šablony

Další možností je využití šablony výsledného formátu xsl. V Calimeru jsou dostupné dvě šablony:

- Ets4_calimero.xsl
- Ets4_calimero_gui.xsl

Tyto šablony definují výsledný formát xml souboru, který splňuje výše zmíněné požadavky. Pro jejich aplikaci na soubor 0.xml je nutno použít některý z XSLT procesorů. V unixových systémech je možno použít „xsltproc“ skript. U Windows je možno doinstalovat např. „Saxon - The XSLT and XQuery Processor“.

Nevýhodou tohoto postupu je, že nedává dostatečnou možnost vlastní modifikace xml. Kód pro parsování nelze implementovat do vyvíjeného softwaru a je závislý na použití „cizích“ programů – xslt procesorů. Na druhou stranu je toto postup jednoznačně nejjednodušší. Vyžaduje pouze několik příkazů v textovém terminálu a instalaci příslušných xslt doplňků. Ukázku výsledku transformace podle xslt šablony ets4_calimero_gui.xsl je možno vidět na obrázku 13 [14].

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
- <datapoints>
  - <datapoint priority="Low" dptID="1.001" mainNumber="1" name="Ausgang A" stateBased="true">
    <knxAddress type="group">1</knxAddress>
    <expiration timeout="0"/>
    <updatingAddresses>5</updatingAddresses>
    <invalidatingAddresses></invalidatingAddresses>
  </datapoint>
  - <datapoint priority="Low" dptID="1.001" mainNumber="1" name="Ausgang B" stateBased="true">
    <knxAddress type="group">2</knxAddress>
    <expiration timeout="0"/>
    <updatingAddresses>5</updatingAddresses>
    <invalidatingAddresses></invalidatingAddresses>
  </datapoint>
  - <datapoint priority="Low" dptID="1.001" mainNumber="1" name="Ausgang C" stateBased="true">
    <knxAddress type="group">3</knxAddress>
    <expiration timeout="0"/>
    <updatingAddresses>5</updatingAddresses>
    <invalidatingAddresses></invalidatingAddresses>
  </datapoint>
  - <datapoint priority="Low" dptID="1.001" mainNumber="1" name="Ausgang D" stateBased="true">
    <knxAddress type="group">4</knxAddress>
    <expiration timeout="0"/>
    <updatingAddresses>5</updatingAddresses>
    <invalidatingAddresses></invalidatingAddresses>
  </datapoint>
  - <datapoint priority="Low" dptID="1.001" mainNumber="1" name="Wippe 1 links" stateBased="true">
    <knxAddress type="group">5</knxAddress>
    <expiration timeout="0"/>
    <updatingAddresses></updatingAddresses>
    <invalidatingAddresses></invalidatingAddresses>
  </datapoint>
```

Obrázek 13 – Příklad xml souboru upraveného podle ets4_calimero_gui.xsl.

4.3.2.4 Implementace parseru

Pro funkci parsování je použita knihovna SAX. Parser dokáže vybrat důležitá data ze zdrojového souboru a vytvořit nové xml splňující požadavky na interface. Orientace ve zdrojovém souboru je uskutečněna pomocí ID zařízení. Jednotlivé informace ke každé části instalace nejsou uceleně jedním atributem a klíčem k jejich spojení je právě ID.

4.3.2.3.4.1 Konverze skupinových adres

Jedinou potřebnou úpravou samotného formátu dat ze zdrojového 0.xml je převod skupinové adresy. Ta je ve zdroji uvedena jako číslo v desítkové soustavě. V projektu je však použit formát tříúrovňové adresy oddělené lomítkem. Je třeba převést adresu do binárního kódu, poté rozdělit na tři úrovně podle obrázku 7. Nakonec jednotlivé úrovně převést zpět do desítkové soustavy.

4.3.2.5 Poskytovaná data

Výsledný xml soubor je schopen poskytnout data, která vidíme na obrázku 14. Z této struktury je možno vyčíst jméno zařízení (name), typ hodnoty pod skupinovou adresou (type), datový typ, kterým je definovaná hodnota skupinové adresy (knxtype), skupinovou adresu (graddress), KNX značení datového typu (DPT) a unikátní identifikátor zařízení v ETS4 projektu (ID). Výčet možných použitých hodnot jednotlivých atributů je uveden v příloze B – B.1.

```

- <emp>
  <name>3. patro-měřené hodnoty-Rychlost větru</name>
  <type>MEASURED_VALUES</type>
  <knxtype>FLOAT</knxtype>
  <graddress>3/3/11</graddress>
  <DPT>Type 9(DPST-9-28)</DPT>
  <ID>P-03D3-0_GA-33</ID>
</emp>
- <emp>
  <name>3. patro-měřené hodnoty-Mezní rychlost větru</name>
  <type>MEASURED_VALUES</type>
  <knxtype>BOOL</knxtype>
  <graddress>3/3/12</graddress>
  <DPT>DPT_Switch(DPST-1-1)</DPT>
  <ID>P-03D3-0_GA-34</ID>
</emp>
- <emp>
  <name>3. patro-měřené hodnoty-Venk. osv.</name>
  <type>MEASURED_VALUES</type>
  <knxtype>FLOAT</knxtype>
  <graddress>3/3/13</graddress>
  <DPT>DPT_Value_Lux(DPST-9-4)</DPT>
  <ID>P-03D3-0_GA-97</ID>
</emp>
- <emp>
  <name>3. patro-měřené hodnoty-Venk. teplota</name>
  <type>MEASURED_VALUES</type>
  <knxtype>FLOAT</knxtype>
  <graddress>3/3/14</graddress>
  <DPT>DPT_Value_Temp(DPST-9-1)</DPT>
  <ID>P-03D3-0_GA-98</ID>
</emp>
- <emp>
  <name>3. patro-měřené hodnoty-den/noc</name>
  <type>MEASURED_VALUES</type>
  <knxtype>BOOL</knxtype>
  <graddress>3/3/15</graddress>
  <DPT>DPT_Enable(DPST-1-3)</DPT>
  <ID>P-03D3-0_GA-120</ID>

```

Obrázek 14 – XML soubor pro interface rozvaděče.

Výhodou této implementace je, že můžeme přesně nastavit formát jednotlivých dat – formát skupinových adres, značení datového typu... Na rozdíl od xml získaného přes xslt kód parseru přisoudí podle DPT datový typ pojmenovaný „čitelněji“ pro programátora koncového zařízení, přehlednější podobu má i již zmiňovaná skupinová adresa. Dále toto xml nabízí informaci o typu zařízení pod danou skupinovou adresou získané opět vhodnou implementací kódu. Navíc lze takto získat informace i z více zdrojových xml. Na začátku souboru xml je vytvořena hierarchie skupinových adres, ze kterých vidíme význam jednotlivých úrovní skupinových adres, viz obrázek 15.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
- <doc>
- <hierarchy>
- <item_1_level>
  <adr>3/x/x</adr>
  <part>3. patro</part>
</item_1_level>
- <item_2_level>
  <adr>3/0/x</adr>
  <part>centrální funkce</part>
</item_2_level>
- <item_2_level>
  <adr>3/1/x</adr>
  <part>osvětlení</part>
</item_2_level>
- <item_2_level>
  <adr>3/2/x</adr>
  <part>stínění</part>
</item_2_level>
- <item_2_level>
  <adr>3/3/x</adr>
  <part>měření hodnoty</part>
</item_2_level>
- <item_2_level>
  <adr>3/4/x</adr>
  <part>teplota</part>
</item_2_level>
- <item_2_level>
  <adr>3/5/x</adr>
  <part>vazba na zabezpečení</part>
</item_2_level>
- <item_2_level>
  <adr>3/6/x</adr>
  <part>spínání zásuvek</part>
</item_2_level>
</hierarchy>
- <elements>

```

Obrázek 15 – Hierarchie skupinových adres implementovaná v xml.

4.4 Komunikace s klientskými zařízeními

Komunikace mezi rozvaděčem a klientskými zařízeními využívá protokol UDP. UDP je vhodný pro servery, které obsluhují mnoho klientů. Pomocí tohoto protokolu přijímá rozvaděč od klientů textové řetězce popsané v kapitole 4.3.1 Struktura dat pro řízení.

Rozvaděč poskytne zařízení xml soubor s popisem konfigurace instalace. Klientské zařízení tak získá informaci o tom, kam je možné posílat jaké hodnoty. Poté je rozvaděč připraven přijmout zprávu s požadavkem od klienta. Zpráva je očekávána ve formátu popsaném v kapitole 4.3.1 Struktura dat pro řízení. Zprávy přijaté v jiném formátu jsou rozvaděčem „zahozeny“.

4.5 Zpracování příkazů od klientských zařízení

Po přijetí zprávy od klienta je třeba, aby rozvaděč zprávu zpracoval. Skupinová adresa obsažená ve zprávě je vyhledána v xml souboru s konfigurací instalace, kde je k adrese uložena informace o datovém typu. Hodnota ve zprávě je poté konvertována do správného datového typu a odeslána pomocí funkcí Calimera na příslušnou skupinovou adresu. Pokud nelze přijatou hodnotu převést na datový typ popsaný v xml souboru, je zpráva brána jako chybná a je zahozena.

4.6 Sběr historických hodnot

Inteligentní rozvaděč je na rozdíl od klientských zařízení součástí KNX instalace. Je připojen ke sběrnici nepřetržitě (24/7), což vede k možnosti využití rozvaděče pro monitorování KNX sběrnice. Toho lze využít pro zpětnou analýzu historie provozu instalace. Je možné v průběhu celého provozu odchyťovat datové telegramy, ukládat jejich čas a další potencionálně chtěné informace. Následně je pak možné poskytnout tato data ke zpětné analýze provozu.

4.6.1 Možnosti odposlechu sběrnice

Calimero nabízí dvě možnosti odposlechu sběrnice. Konkrétně se jedná o implementaci dvou druhů listenerů, kteří naslouchají sběrnici a zachycují všechny telegramy. Zachycení telegramu vyvolá událost, kterou zpracuje kód rozvaděče. Každý z listenerů poskytuje jiné objekty nabízející různé druhy informací o telegramech.

4.6.1.1 Network Link Listener

Posluchač je vázán přímo na vytvořené spojení KNXnet. Funguje na nižší vrstvě než Process Listener - 4.6.1.2 Process Listener. Nekonvertuje formát zachycených dat, a proto jsou data jím zachycená pro uživatele méně přehledná (např. tvar skupinových adres), pokud jejich formátování neřeší přímo implementovaný kód rozvaděče. Listener může vyvolat tři typy událostí [14]:

- „Close Event“ – informuje, že spojení bylo ukončeno. Nabízí možnost zobrazení příčiny ukončení.
- Indikace – indikuje novou zprávu putující po sběrnici. Vytváří „Frame Event“, což je objekt poskytující informace o zdrojové individuální adrese, cílové skupinové adrese a prioritě telegramu. „Frame Event“ neimplementuje funkci pro získání zapisované hodnoty.
- Potvrzení – potvrzuje předchozí požadavek KNX sběrnice. Opět vytváří „Frame event“, ze kterého je možno vyčíst zda byl požadavek pozitivně přijat.

4.6.1.2 Process Listener

Jedná se o listener pracující na vyšší vrstvě, nepřirazuje se přímo KNXnet spojení, ale objektu „Process Communicator“, kterému je přiřazeno ono spojení. Nabízí jednak čitelnější výstupní data (formát skupinové adresy...), dále rozpoznává druhy telegramů, proto vyvolává více typů událostí. Především rozlišuje událost zápisu hodnoty a čtení hodnoty [14].

- Odpojení – indikuje odebrání KNX linku od „Process Communicator“
- Zápis – odchyten byl telegram zápisu hodnoty na adresu. Je vytvořen „Process Event“, který poskytuje informace o zdrojové individuální adrese, cílové skupinové adrese. Navíc obsahuje metody pro získání zapisované hodnoty v reprezentaci ve správném datovém typu.

- Žádost o čtení – upozorňuje na žádost čtení hodnoty ze skupinové adresy. Je opět vytvořen „Process Event“.
- Odpověď na čtení – zachycena odpověď na žádost o čtení ze skupinové adresy. Je opět vytvořen „Process Event“.

4.6.2 Ukládání historických hodnot

Data získaná monitorováním sběrnice je třeba poskytnout dalšímu softwaru, který je využije pro analýzu provozu. Koncová zařízení nejsou připojena k rozvaděči neustále, a je proto třeba data ukládat v rozvaděči a posílat je hromadně.

4.6.2.1 Ukládání do textového souboru

Je možné využít zápis do textového souboru. Vybrané informace z odchyceného telegramu lze uložit v libovolném formátu do textového souboru. Výhodou je, že lze vytvářet soubory podle data a času. Koncové zařízení tak dostane soubory s daty pouze ze dnů, které potřebuje pro analýzu. Objem posílaných dat je tak poměrně malý. Navíc jsou jednorázově poslána data a poté je možno klientské zařízení od rozvaděče odpojit. Pro uživatele je také velice jednoduché do textového souboru nahlédnout.

4.6.2.2 Ukládání do datového souboru

Odchycené objekty je možno ukládat do datového souboru. Tento způsob má opět výhodu možnosti členění do souborů po dnech. Objekty je pro uložení třeba serializovat (implementovat rozhraní). Není možné zasahovat přímo do kódu třídy Calimera a implementovat tak serializaci přímo odchyceným „eventům“. Proto je třeba vytvořit vlastní objekt s hodnotami z eventů, který je možno zapsat. Zapsané jsou všechny informace a koncové zařízení si vybere ty, které chce využít.

4.6.3 Implementace odposlechu

Vzhledem k odlišnostem „Listenerů“, respektive k odlišným druhům dat, které nabízí, byly použity oba. V rozvaděči tedy probíhá odposlech sběrnice posluchačem spojení – „Link Listener“. Odchycené telegramy jsou ukládány do datového souboru pojmenovaného podle příslušného data. Každý telegram je uložen spolu s časem a datem jeho zachycení. Telegramy jsou řazeny postupně. Dále je vytvořen textový indexovací soubor, ze kterého je možné vyčíst index telegramu odchyceného v daný čas. Indexovací soubor je ve formátu CSV, aby mohl být čten přehledněji po jednotlivých buňkách např. v MS Excel. Přes tento index je poté možné vyhledat v datovém souboru celý „Frame Event“.

Zároveň je implementován „Process Listener“. Jím odchycené telegramy jsou zapsány do textového souboru spolu s datem a časem jejich zachycení. Zapsaná data obsahují informaci o zdrojové individuální adrese, koncové skupinové adrese a zapisované hodnotě. Je použit formát CSV, který

opět kombinuje výhodu jednoduchosti textového souboru a zároveň je možno jej otevřít v tabulkovém procesoru přehledném pro uživatele.

Kombinace těchto dvou uložení umožňuje získat základní data pro analýzu z textového souboru, který má poměrně malý objem dat a je tak lehce a rychle přenositelný do koncového zařízení. V případě potřeby je možno podle příslušného času telegramu načíst datový objekt a získat další informace, např. prioritu, potvrzení nebo zjistit, zda jde o opakování nezdařilého pokusu o zapsání hodnoty. V budoucnosti se předpokládá uchovávání dat v relační databázi vhodně navržené podle konkrétního řešení programu pro analýzu a vizualizaci hodnot.

4.7 Spouštění a řešení pádu aplikace

Aplikaci rozvaděče - Server je třeba spouštět při spuštění počítače. Server je spouštěn z externí sekundární aplikace, která je spouštěna při startu operačního systému. Aplikace má za úkol okamžitý start Serveru, ale také kontrolu jeho běhu.

Kontrola probíhá každou minutu. Jedno z vláken Serveru zapisuje „flag“ potvrzující běh aplikace do konfiguračního datového souboru. Startovací aplikace kontroluje, zda v daný čas proběhl zápis od Serveru a pokud ne, spustí Server znovu.

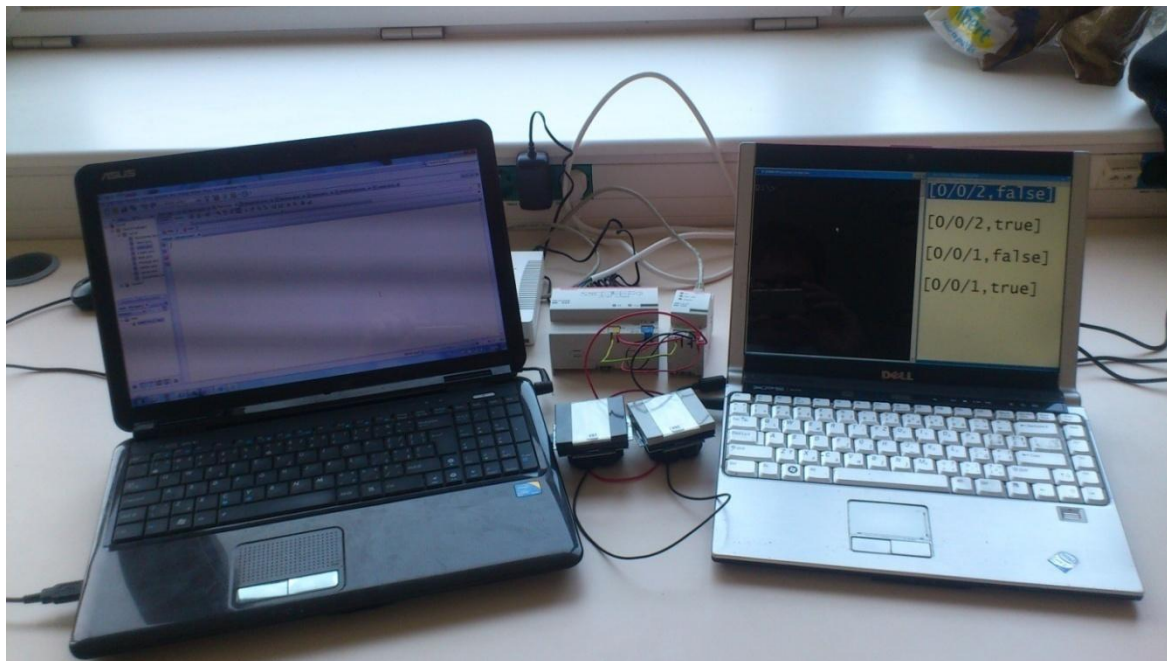
5 Testování

Praktické testy aplikace probíhali především v bytě s instalací KNX v Centru asistivních technologií ČVUT (CAT). Objekt se nachází ve 3. patře budovy elektrotechnické fakulty v Dejvicích v bloku A4. V bytě je možno využít části instalace vhodné k demonstraci ovládání – osvětlení, zásuvky, dveře.... Zároveň jsou zde i senzory pro měření hodnot, které se dají využít pro vizualizace při monitorování sběrnice. Zdrojové kódy softwaru použitého při testování jsou součástí elektronické přílohy – složka Software.

5.1 Test ovládání instalace

5.1.1 Ovládání zjednodušené instalace

Ovládání instalace bylo nejdříve vyzkoušeno na lokálním zařízení od ABB, obsahujícím pouze dva vypínače a napájecí zdroj. Za pomoci jakékoliv telnet-klient aplikace pro koncová zařízení je možno posílat rozvaděči potřebné zprávy ve formátu popsaném v kapitole 4.3.1 Struktura dat pro řízení. Za pomoci chytrého telefonu byly posílány příkazy pro spínání vypínačů. Videá demonstrující tento test je možno nalézt v elektronické příloze – složka Videá.



Obrázek 16 – Testování ovládání lokální základní instalace.

5.1.1 Ovládání instalace v CAT

Důkladnější test proběhl přímo v CAT. Do uzamykatelného racku v CAT byl instalován počítač s OS Windows 7 a vývojovým prostředím Netbeans, který je možno využívat přes vzdálenou plochu. Na

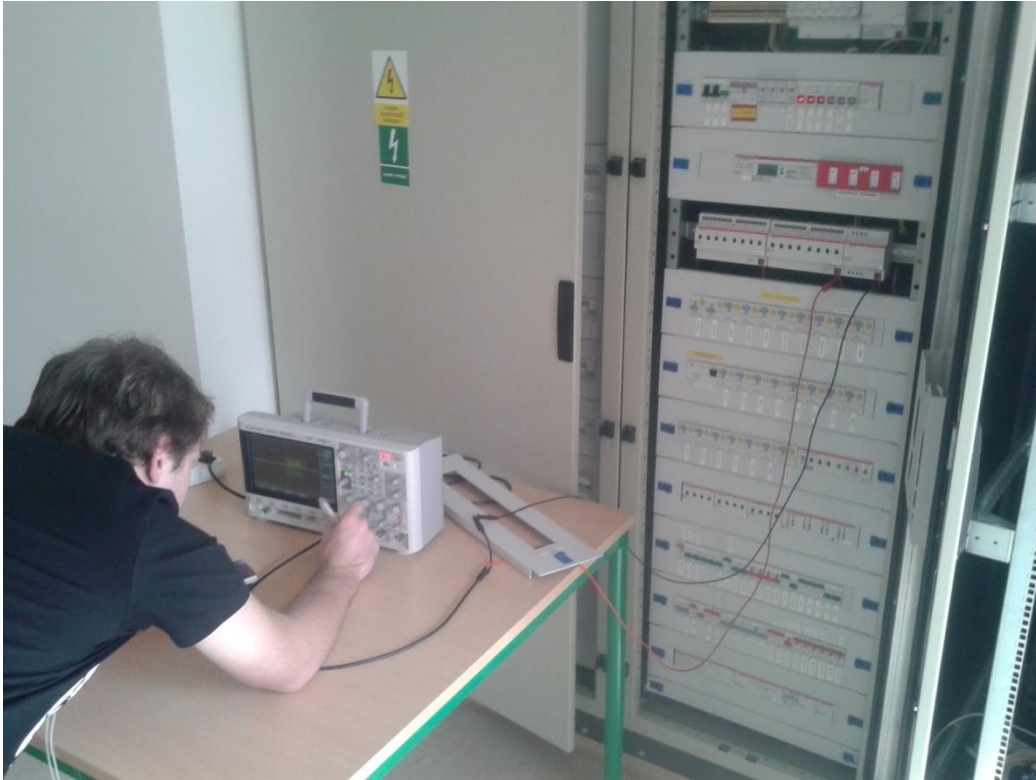
počítači běžel nepřetržitě software rozvaděče. PC bylo připojeno přes lokální síť a KNX router za pomoci KNXnet/IP k instalaci. K ovládání byl opět použit chytrý telefon s telnet aplikací. Kromě ovládání světel bylo vyzkoušeno i ovládání dveří a zásuvek. Výsledky prezentované za pomoci videa je opět možno nalézt v elektronické příloze - složka Videá.

5.2 Odposlech sběrnice

Odposlech sběrnice byl testován na systému popsaném v kapitole 5.1.1 Ovládání instalace v CAT. Kromě popsaného ukládání telegramů do souboru, byly odchycené telegramy v celém průběhu testování vypisovány přímo do konzole ve vývojovém prostředí Netbeans. Výpis softwaru rozvaděče do konzole Netbeans je tak možné vidět na obrázku 17. Jedná se o časový průběh v řádech jednotek minut. Každý telegram je vypsán dvakrát – výstup každého z listenerů sběrnice.

```
Write - destination:3/3/13, status: 9000.96 ,prislo od:1.1.7
Indication - LinkListener to Group address: 3/3/12
Write - destination:3/3/12, status: false ,prislo od:1.1.7
Indication - LinkListener to Group address: 3/4/3
Write - destination:3/4/3, status: false ,prislo od:1.1.18
Indication - LinkListener to Group address: 3/3/12
Write - destination:3/3/12, status: false ,prislo od:1.1.7
Indication - LinkListener to Group address: 3/3/11
Write - destination:3/3/11, status: 0.08 ,prislo od:1.1.7
Indication - LinkListener to Group address: 3/3/12
Write - destination:3/3/12, status: false ,prislo od:1.1.7
Indication - LinkListener to Group address: 3/3/12
Write - destination:3/3/12, status: false ,prislo od:1.1.7
Indication - LinkListener to Group address: 3/4/10
Write - destination:3/4/10, status: 18.84 ,prislo od:1.1.14
Indication - LinkListener to Group address: 3/4/20
Write - destination:3/4/20, status: 19.06 ,prislo od:1.1.15
Indication - LinkListener to Group address: 3/3/12
Write - destination:3/3/12, status: false ,prislo od:1.1.7
Indication - LinkListener to Group address: 3/3/12
Write - destination:3/3/12, status: false ,prislo od:1.1.7
Indication - LinkListener to Group address: 3/3/12
Write - destination:3/3/12, status: false ,prislo od:1.1.7
Indication - LinkListener to Group address: 3/3/12
Write - destination:3/3/12, status: false ,prislo od:1.1.7
Indication - LinkListener to Group address: 3/3/12
```

Obrázek 17 – Výpis rozvaděče do konzole během provozu v CAT. Software běží v Netbeans. Zobrazeny jsou odchycené telegramy.



Obrázek 18 – Měření telegramu TP1 osciloskopem. Výsledek je analyzován v příloze A – A.2.

5.2.1 Logování telegramů na sběrnici

Monitorováním sběrnice bylo získáno několik souborů odpovídacích popisu v kapitole 4.6.2 Ukládání historických hodnot. Vybraná ukázka souborů z odposlechu KNX sběrnice se nachází na obrázcích 19 a 20. Na obrázku 19 jsou data získaná odposlechem na nižší vrstvě uložena v datovém souboru. Na obrázku 20 je poté možno vidět telegramy zachycené „Process Listenerem“ v csv souboru. Je vybrán stejný časový úsek pro oba druhy souborů kvůli možnosti porovnání.

09.04.	17:20:08	3074	indication
09.04.	17:20:38	3075	indication
09.04.	17:21:09	3076	indication
09.04.	17:21:36	3077	indication
09.04.	17:21:39	3078	indication
09.04.	17:21:57	3079	indication
09.04.	17:22:09	3080	indication
09.04.	17:22:40	3081	indication
09.04.	17:23:04	3082	indication
09.04.	17:23:10	3083	indication
09.04.	17:23:20	3084	indication
09.04.	17:23:40	3085	indication

Obrázek 19 – Ukázka vypsaní telegramů z datového souboru za pomoci jednoduché aplikace. Vpravo část indexovacího souboru s příslušnými vypsanými telegramy.

09.04.	17:20:08	3/3/12	false	1.1.7	write
09.04.	17:20:38	3/3/12	false	1.1.7	write
09.04.	17:21:09	3/3/12	false	1.1.7	write
09.04.	17:21:36	3/4/1	21.0	1.1.18	write
09.04.	17:21:39	3/3/12	false	1.1.7	write
09.04.	17:21:57	3/3/11	1.52	1.1.7	write
09.04.	17:22:09	3/3/12	false	1.1.7	write
09.04.	17:22:40	3/3/12	false	1.1.7	write
09.04.	17:23:04	3/3/13	3000.32	1.1.7	write
09.04.	17:23:10	3/3/12	false	1.1.7	write
09.04.	17:23:20	3/4/22	21.0	1.1.15	write

Obrázek 20 – Zachycené telegramy uložené v CSV souboru.

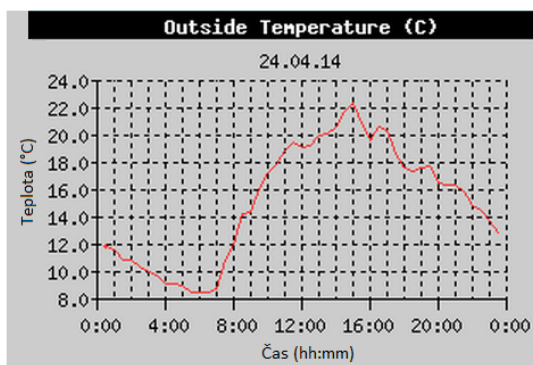
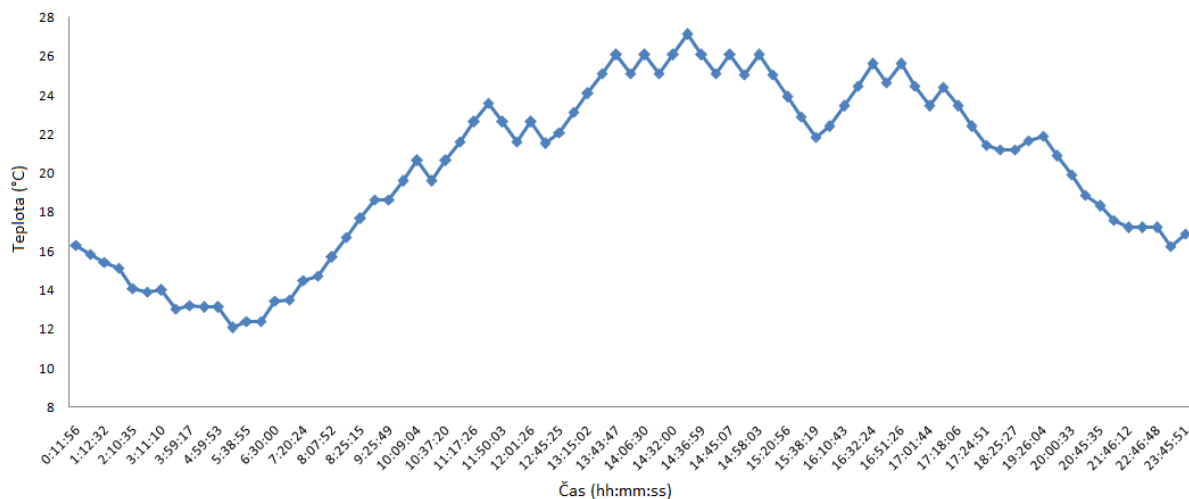
5.2.2 Demo – „hlídač“ lednice

V testovacím objektu v CAT se objevil problém s vytékající lednicí. Zásuvka napájející lednici byla omylem zahrnuta do funkce centrálního vypnutí. To způsobilo, že v případě vypnutí centrální funkce zásuvek byla vypnuta lednice, ze které vytekl led.

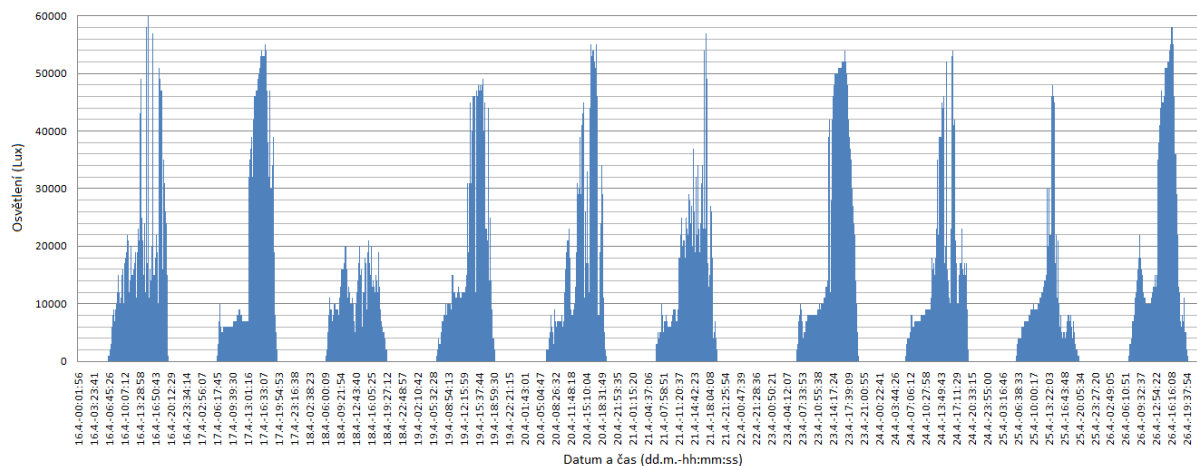
Pro řešení tohoto problému byl dočasně využit inteligentní rozvaděč, než dojde k rekonfiguraci projektu v ETS. V případě vypnutí zásuvky s lednicí centrální funkcí s příslušnou skupinovou adresou je automaticky poslán dotaz na aktuální stav zmiňované zásuvky. Pokud je zásuvka vypnutá, je rozvaděčem opět zapnuta. Bylo tak prakticky a užitečně demonstrováno ovládání instalace rozvaděčem i odposlech sběrnice.

5.2.3 Vizualizace hodnot získaných monitorováním

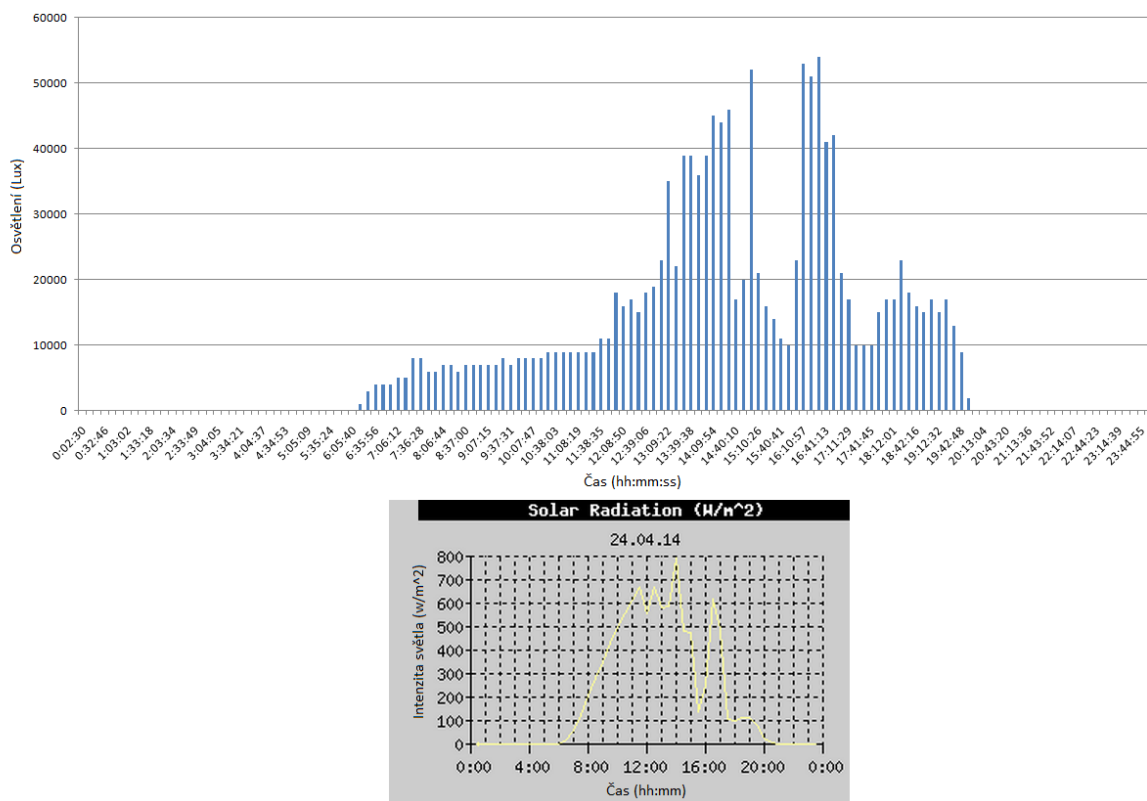
Příklad vizualizace monitorovaných hodnot je možno pozorovat na obrázku 21, kde je zachycen vývoj teploty v Dejvicích dne 24.4. v porovnání s daty z meteorologické stanice v Praze. Dále se nachází na obrázku 22 vizualizace hodnot osvětlení v delším časovém úseku deseti dní ze stejného místa jako v případě zmíněné teploty. Další grafy ze získaných dat je možné najít v příloze B – B.2.



Obrázek 21 – Nahoře vizualizace vývoje venkovní teploty v Dejvicích dne 24.4. podle dat získaných z rozvaděče. Dole graf vývoje teploty z meteorologické stanice ve Stromovce v tentýž den. Hodnoty extrémů se mírně liší, ale tvar průběhu je téměř stejný.



Obrázek 22 – Vizualizace venkovního osvětlení ze dnů 16.4.-26.4. 2014 v Praze, Dejvicích - ČVUT FEL. Použita data získaná monitorováním sběrnice.



Obrázek 23 – Nahoře vizualizace vývoje venkovního osvětlení v Dejvicích dne 24.4. podle dat získaných z rozvaděče. Dole graf vývoje intenzity slunečního světla z meteorologické stanice ve Stromovce v tentýž den.

Data rozvaděče jsou dle porovnaných výsledků plnohodnotná pro vizualizace naměřených veličin. Je možno je využít, jednak jako informace pro uživatele (vývoj teploty, záznam otevírání dveří ...), jednak pro zlepšení řízení celé instalace. To znamená, že data jsou použitelná i pro optimalizaci řízení ve smyslu zvýšení stupně automatizace na „Učící se dům“ – kapitola 2 Inteligentní dům.

6 Závěr

V úvodní části této práce jsem se seznámil s vlastnostmi a principy standardu KNX. Znalosti potřebné k vývoji softwaru podle zadání práce jsou uvedeny v kapitole 3 Systém KNX. Především jsem zde vyzdvihl principy potřebné pro řízení instalace a odposlech sběrnice a to pro parametry instalace využité v testovacím objektu v CAT.

V další části jsem navrhl jednoduché rozhraní pro komunikaci rozvaděče s koncovými uživatelskými zařízeními. Implementace rozhraní je navržena pomocí URL popsanych v kapitole 4.2 Rozhraní. Dále jsem v kapitole 4.3 Datové struktury pro rozhraní navrhl formáty datových struktur využitelné pro rozhraní. Tyto struktury jsem implementoval do softwaru rozvaděče. Pro tvorbu samotných datových struktur jsem vyvinul vlastní software - Parser xml, vedoucí k vytvoření potřebné struktury podávající informace o konfiguraci instalace, viz kapitola 4.3.2.4 Implementace parseru.

V softwaru rozvaděče jsem realizoval potřebné funkce pro monitorování sběrnice. Odposlech probíhá hned na dvou vrstvách a každý z posluchačů poskytuje různé informace o zachycených telegramech, jak je popsáno v kapitole 4.6.1 Možnosti odposlechu sběrnice. Získaná data jsou ukládána ve dvou různých typech souborů popsanych kapitolou 4.6.2 Ukládání historických hodnot. Následně jsou data poskytnuta koncovým zařízením, pomocí již zmíněného rozhraní.

Softwarovou část práce jsem otestoval na reálném systému v CAT. Výsledky testů jsou popsány v kapitole 5 Testování. Dále jsou testy dokumentovány v elektronické příloze. Bylo demonstrováno ovládání instalace přes rozvaděč za pomoci chytrého telefonu a data získaná monitorováním sběrnice byla využita pro vizualizace v grafech ve výše zmíněné příloze.

V budoucnosti bude přínosné navrhnout relační databázi pro data získaná odposlechem a přizpůsobit tomuto i rozhraní. Dále se nabízí návrh vlastní BCU spojky pro připojení rozvaděče k instalaci. Je zde i možnost využití asistivních technologií pro ovládání objektu přes rozvaděč – např. konstrukční set AsTeRICS.

7 Seznam použité literatury

- [1] ALEŠ, Miroslav. *Inteligentní dům*. 1. vyd. Brno: ERA, 2006 s. 104. ISBN 80-7366-062-8.
- [2] HARPER, Richard. *Inside the smart home*. Londýn: Springer, 2003 s. 264. ISBN 1-85233-688-9.
- [3] SVOBODA, Zbyněk. *Kompletní regenerace panelových domů z pohledu snižování spotřeby energie a zlepšení kvality bydlení*. 2010. [online]. <<http://stavba.tzb-info.cz/regenerace-bytovych-domu/6248-kompletni-regenerace-panelovych-domu-z-pohledu-snizovani-spotreby-energie-a-zlepseni-kvality-bydleni>>
- [4] *Standard řízení inteligentních budov KNX*. [online]. <<http://www.knx.org>>
- [5] MAŠEK, Jakub. *Počítačové řízení a programování prvků inteligentní elektroinstalace KNX*. Bakalářská práce. Brno: VUT, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010 s. 57.
- [6] ABB. *ABB i-bus® KNX: Systém inteligentní elektroinstalace*. [online]. <[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/f8364a3ffd2404f9c125773d0033fe47/\\$file/elektronicky_prospekt_05.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/f8364a3ffd2404f9c125773d0033fe47/$file/elektronicky_prospekt_05.pdf)>
- [7] MERZ, Hermann - HANSEMANN, Thomas – HÜBNER, Christof. *Automatizované systémy budov*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008 s. 264. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [8] LANGELS, Hans-Joachim. *KNX IP – using IP network as KNX medium*. Regensburg, 2010, s. 16. [online]. <<http://www.knx.org/fileadmin/downloads/05%20-20KNX%20Partners/03%20-%20Becoming%20a%20KNX%20Scientific%20Partner/2010-11%20Conference/Presentations/Session%202.pdf>>
- [9] KÖNIG, Petr. *Systémová elektroinstalace KNX pro ovládání budov*. 2012. [online]. <http://www.idbjournal.sk/rubriky/prehladove-clanky/systemova-elektroinstalace-knx-proovladani-budov.html?page_id=14144>
- [10] TOMAN, Karel - KUNC, Josef. *Systémová technika budov: elektroinstalace podle standardu EIB*. 1. vyd. Praha: FCC Public, 1998 s. 87. ISBN 80-901985-4-6.
- [11] *Building automation based on KNX - BIMs: Programming the communication*. 2012. [online]. <http://www.endrekatona.eu/KNX_Communication>

- [12] KNX Association. *Home and Building Management Systems - Interworking*. s. 36. [online]. <http://www.knx.org/fileadmin/template/documents/downloads_support_menu/KNX_tutor_seminar_page/Advanced_documentation/05_Interworking_E1209.pdf>
- [13] KUČEROVÁ, Hana. *Inteligentní instalace KNX a její ovládání*. Diplomová práce. Praha: ČVUT, Fakulta elektrotechnická, 2014 s. 63.
- [14] *Calimero JAVA APIs for KNX/EIB applications* [online]. <<http://calimero.sourceforge.net/>>

8 Seznam příloh

- Příloha A – doplňující informace ke KNX standardu, rozklování TP1 telegramu
- Příloha B – informace o datech použitých v rozhraní, vizualizace naměřených hodnot
- Elektronická příloha CD
 - pdf dokument Bakalářské práce
 - Složka Videá – videa praktické ukázky rozvaděče v CAT
 - Složka Software – zdrojové kódy aplikace rozvaděče