

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS

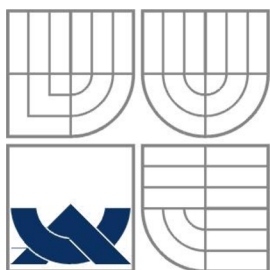
INTELIGENTNÍ ZAŘÍZENÍ DOMÁCNOSTI

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

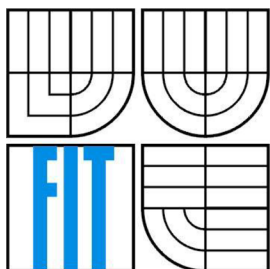
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN FUČÍK

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS

INTELIGENTNÍ ZAŘÍZENÍ DOMÁCNOSTI

SMART HOME EQUIPMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN FUČÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

DOC. DR. ING PAVEL ZEMČÍK

BRNO 2012

Abstrakt

Práce stručně shrnuje problematiku inteligentních domácností a popisuje některá dostupná komerční řešení. Dále je proveden návrh jednoduchého otevřeného systému, který byl cenově dostupný a snadno použitelný. Je popsána implementace pilotního řešení systému, který využívá mikrokontrolérů a bezdrátových přenosů dat mezi senzory, akčními členy a řídicím počítačem, který může být ovládán přes internet. V práci je též nastíněno možné rozšíření systému pro praktické aplikace.

Abstract

This thesis summarizes the subject of intelligent homes and describes some commercial solutions on the market. The thesis covers the design of a simple open, low-cost and easy to use system and also describes the implementation of a pilot system, which uses microcontrollers and wireless data transfer between sensors, actuators and a controller which can be managed over the internet. A possible extension of the system for practical use is also stated in the thesis.

Klíčová slova

Inteligentní domácnost, vestavěný systém, bezdrátová komunikace, PHP, MySQL, jQuery, TCP/IP, MiWi.

Keywords

Smart Home, Embedded System, Wireless, PHP, MySQL, jQuery, TCP/IP, MiWi.

Citace

Fučík Jan: Inteligentní zařízení domácnosti, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2012

Inteligentní zařízení domácnosti

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. Dr. Ing. Pavla Zemčíka. Další informace mi poskytli Ing. Jan Zezulka, doc. Dr. Ing. Otto Fučík, Dr. Ralph Ford, Dr. E. George Walters. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....

Jan Fučík

10. května 2012

Poděkování

Za pomoc při vypracování bakalářské práce bych touto cestou rád poděkoval doc. Dr. Ing. Pavlu Zemčíkovi, Ing. Janu Zezulkovi, doc. Dr. Ing. Otto Fučíkovi, Dr. Ralphu Fordovi a Dr. E. George Waltersovi.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

Obsah.....	1
1 Úvod.....	2
2 Shrnutí současného stavu	3
2.1 Příklady komerčních systémů.....	3
2.2 Komunikační infrastruktura a standardy	4
2.3 Senzory a akční členy.....	10
3 Návrh řešení	11
3.1 Koncept systému.....	11
3.2 Komunikační infrastruktura.....	12
3.3 Popis jednotlivých zařízení systému	13
4 Implementace	15
4.1 Popis komunikace	15
4.2 Správce.....	17
4.3 Koordinátor	17
4.4 Termostat.....	18
4.5 Kotel.....	19
4.6 Webová aplikace.....	20
4.7 Databáze.....	21
4.8 Přehled prvků pilotního systému	22
4.9 Rozvoj systému.....	22
5 Závěr	25
6 Literatura.....	26
Seznam příloh	28
Příloha 1 - Popis činnosti Správce.....	29
Příloha 2 - Popis činnosti Koordinátora	31
Příloha 3 - Popis činnosti Termostatu	32
Příloha 4 - Popis činnosti Kotle	33
Příloha 5 - Funkce vrstvy MiApp.....	34
Příloha 6 – Popis tabulek Databáze.....	36
Příloha 7 – Obrazovky Webové aplikace	37

1 Úvod

Cílem této práce bylo seznámení se s problematikou automatizace domácností, návrhem jednoduchého informačního systému, který uživatelům umožní nastavovat parametry domácnosti, archivovat a zobrazovat zvolené údaje přes internet. Pro realizaci jsem měl navrhnout hardware vestavěného počítače pro sběr vybraných veličin, jejich zpracování a řízení spotřebičů a vytvořit vzorové řešení pro řízení vybrané části domácnosti.

V poslední době se stále více stáváme s pojmem „inteligentní domácnost“ či „inteligentní budova“, leckdo si však pod tímto heslem nedokáže představit nic konkrétního. Celý koncept inteligentních budov spočívá v co největší automatizaci chodu domácnosti, ať již z hlediska řešení úspor vhodným řízením a regulací systémů pro odběr energie, tak i z pohledu komfortu obyvatel (ovládání multimédií, nastavování požadovaných teplot přes internet apod.). Myšlenka automatizace budov není nová (viz např. Ray Bradbury – Martěanská Kronika). Systémy inteligentních budov byly v USA používány již od konce 70. let (X10, LonWorks).

I přesto, že ještě pořád se systémy pro inteligentní řízení domácnosti integrují především do nových staveb, kde je pro tento účel přizpůsobena veškerá elektroinstalace, případně rozvedena specializovaná kabeláž, je stále větší zájem o i automatizaci starších domů, přičemž je snahou nezasahovat do stavby. Jinými slovy jedná se o využití různých přídavných zařízení, která se připojí ke stávajícím prvkům domácnosti a umožňují jejich vzájemnou komunikaci. Je to umožněno díky velkému rozvoji v oblasti bezdrátových technologií: nejenže v tomto případě není téměř nutno provádět stavební úpravy, ale také odpadáva složitá instalace taktového systému.

Intelligence domácnosti může být chápána několika způsoby. Jednotlivá zařízení nebo subsystemy spolu mohou komunikovat, posílat si informace, či zasílat data na centrální řídicí prvek. Přenos informací o stavu budovy (např. přítomnost osob a teplota v jednotlivých místnostech) a jejich zpracování (pokročilá regulace topení) poskytuje požadovanou inteligenci, jejímž důsledkem je šetření energií při současném zvýšení komfortu obyvatel. Dále inteligentní budova může například při dovolené obyvatel vytvářet dojem přítomnosti osob náhodným rozsvěcováním světel v místnostech, čímž lze dosáhnout vyšší bezpečnosti a odradit případné zloděje. V neposlední řadě poskytuje inteligentní domácnost možnost vyššího komfortu třeba ovládním intenzity osvětlení, žaluzií nebo multimédií jedním ovladačem či dokonce mobilním telefonem. Jedním z dalších aspektů je také snaha o ekologické řešení: využitím alternativních zdrojů energie (pokud je slunečno, možnost přepnout část odběru na energii získanou z kolektorů), vypínáním spotřebičů, když nejsou potřeba atd.

Při řešení práce jsem využil nejen poznatků nabytých na FIT, ale též zkušeností ze zahraniční stáže na Pennsylvania State University, Erie, USA, kterou mi umožnila FIT VUT. V rámci stáže jsem pracoval na projektu, zabývajícím se automatizací využitím programovatelných řadičů PLC a také jsem navštěvoval kurz, zabývající se návrhem vestavěných systémů s mikrokontroléry.

Práce je organizovaná následovně: po tomto úvodu je v kapitole 2 uvedeno shrnutí současného stavu v dané oblasti, v kapitole 3 je popsán návrh systému pro inteligentní budovy, jehož implementace popsána v kapitole 4. V kapitole 4.9 je proveden nástin možného rozšíření systému, kterým bych se chtěl zabývat v rámci řešení diplomové práce.

2 Shrnutí současného stavu

V této kapitole je uveden popis dostupných řešení inteligentních budov a domácností v České republice i zahraničí, používané typy senzorů a jejich využití, různé komunikační infrastruktury a používané komunikační standardy. Účelem je čtenáře stručně seznámit s konceptem inteligentních domácností a nabídnout mu krátký přehled dostupných řešení na trhu, používaných prvků a standardů.

2.1 Příklady komerčních systémů

V následujících odstavcích jsou uvedeny příklady řešení inteligentní domácnosti, která nabízejí společnosti v zahraničí i u nás. Pro srovnání je u každého řešení uvedena také cena nabízeného systému. Uvedené ceny za systémy jsou pouze orientační, zaokrouhleny na stovky EUR, popřípadě statisíce Kč. Převody z EUR na Kč jsou také jen orientační, cílem je podat alespoň základní srovnání cenových hladin. Za dům je považován rodinný dům s obývacím pokojem jako dominantou, 3-4 ložnicemi, kuchyní, jídelnou, koupelnami a garáží.

Siemens

Německá společnost Siemens nabízí jako řešení inteligentní domácnosti systém Synco Living [1]. Propojení jednotlivých prvků je provedeno podle standardu KNX (popis viz kapitola 2.2.4) bezdrátově, pomocí specializované kabeláže či přes rozvody elektrické sítě. Cena za základní sadu, která podporuje pouze regulaci topení v pokoji, se pohybuje okolo 700 EUR. Cena systému pro dům včetně centrální řídicí jednotky a potřebných dalších doplňků se pohybuje něco přes 6 000 EUR.

Honeywell

Severoamerický Honeywell nabízí Honeywell Enterprise Buildings Integrator™ [3], což je software určený pro správu především průmyslových budov, nemocnic, kanceláří atd. Umožňuje propojení s řadou komunikačních standardů. Řešením pro domácnosti je systém EvoHome [3], který nabízí regulaci topení pro 8 různých zón (např. místností). Cena jednoho systému EvoHome se pohybuje okolo 1 000 EUR.

ABB

Firma se zastoupením ve více než 100 zemích, soustředí se na produkty pro energetiku a automatizaci. ABB v oblasti domácností nabízí dva systémy: ABB i-bus® KNX [4], který je určen komerčním a větším projektům a Ego-n® [5], což je inteligentní elektroinstalace určená pro rodinné domy či byty. Cena za jednoduchý systém ovládní osvětlení je zhruba 80 tisíc Kč. Rozsáhlejší projekt, který zahrnuje regulaci vytápění a ovládní žaluzií potom vyjde na 200 tisíc Kč.

Insight Home AMX

Systém české společnosti Insight Home nabízí kompletní řešení celé domácnosti od zabezpečení, přes regulaci vytápění po ovládní žaluzií a multimédií dle požadavků klienta [6]. Cena pro byt 3 + kk je zhruba 230 tisíc Kč, pro rodinné domy podle výbavy 800 tisíc až 2,5 milionu Kč.

Haidy

Projekt české společnosti Positro [7], který se zabývá vytvořením inteligentní domácnosti na míru. Vše je provedeno na přání zákazníka, proto systém Haidy pokrývá všechny oblasti systému domácnosti, což se také promítá do ceny. Cena pro dům se v závislosti na službách pohybuje v rozmezí 380 – 760 tisíc Kč.

Loxone

Loxone [8] je rakouské řešení automatizace domácnosti se zaměřením na co největší cenovou dostupnost. Centrálním prvkem je Loxone Miniserver – centrála, která se napojí přímo do rozvodné sítě a umožňuje využít stávající ovládací prvky (vypínače apod.). Nevýhodou je nízký počet vstupů a výstupů, což je třeba řešit rozšiřujícími moduly. Loxone podporuje zařízení KNX (více 2.2.4), EIB (více 2.2.2) a komunikaci po Ethernetu. Cena centrály s 8 digitálními a 4 analogovými vstupy a výstupy je 500 EUR, každý rozšiřující modul poté stojí 200 EUR. Ceny senzorů a akčních členů jsou v řádu tisíců Kč. Celkový rozpočet pro dům může být cca 100 tisíc Kč.

Nest

Za zmínku stojí ještě novinka na americkém trhu Nest Learning Thermostat [9]. Jedná se o tzv. „inteligentní termostat“, který vyvinuli bývalí zaměstnanci firmy Apple. Tento termostat si pamatuje uživatelské nastavení a učením se přizpůsobuje požadavkům. Zařízení zajišťuje pouze regulaci vytápění, nicméně nabízí jednoduché řešení, dostupné všem. Termostat pro jednu místnost stojí 249 USD, v domácnosti lze propojit více termostatů.

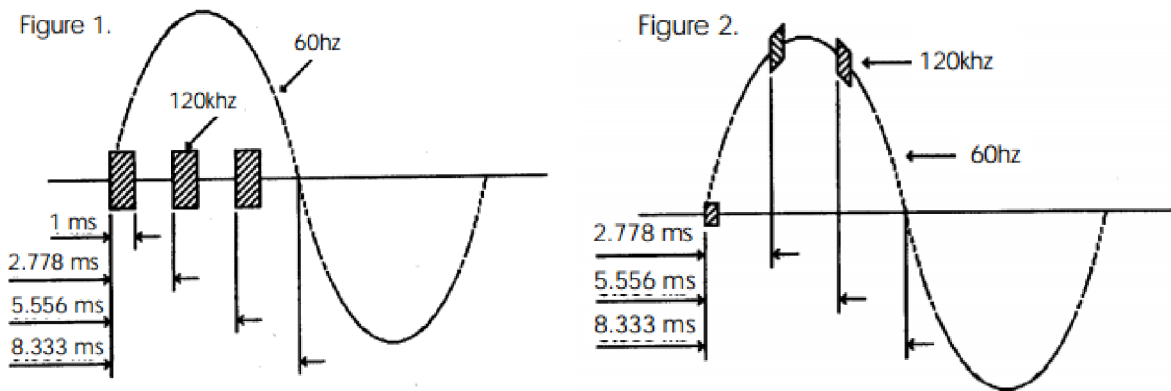
2.2 Komunikační infrastruktura a standardy

Komunikace prvků v inteligentních domácnostech probíhá v zásadě třemi způsoby: přes kabeláž, bezdrátově nebo kombinací obou zmíněných variant. Existuje mnoho různých způsobů přenosu po kabeláži, ať již využití standardní elektrické sítě, použití specializovaných sběrnic či Ethernetu. Taktéž bezdrátových řešení je celá řada (kupříkladu WiFi, Bluetooth, IR). Tato kapitola podrobněji vysvětluje principy nejčastěji používaných komunikačních standardů v oblasti automatizace budov. Mezi další používané protokoly, které nejsou v této kapitole podrobněji popsány, patří např.: M-Bus [10], BACnet [11], MODBUS [12] či Z-Wave [13].

2.2.1 X10

Standard X10 [14] pro komunikaci využívá elektrickou síť domácnosti, po které přenáší zakódovaná data. X10 je běžně používán již od konce 70. let 20. století, ovládací prvky a další zařízení proto prodělala mnoho změn.

Princip přenosu spočívá ve využití průchodu nulou harmonického střídavého proudu v elektrické síti, který pracuje na frekvenci 50 nebo 60 Hz (viz Obr. 1). Samotná přenášená data se skládají z adresy a příkazu. Přenos celého kódu zabere v síti 11 cyklů: první 2 reprezentují kód zahájení přenosu, následující 4 kód domu a zbývajících 5 cyklů slouží k přenosu číselného kódu (číslo zařízení) nebo kódu funkce, přičemž první 4 cykly určují číslo nebo funkci a poslední signalizuje, o co se jednalo, zda o číslo zařízení (0) či o funkci (1).



Obr. 1: Příklad zakódování dat při přenosu standardem X10 (převzato z [15]).

Příkaz X10 se většinou skládá ze dvou částí: nejprve je proveden výběr zařízení a poté zaslán kód funkce, která se má provést. Mezi těmito páry kódu vyžaduje protokol pomlku alespoň 3 cykly (kromě funkcí Dim a Bright). Po výběru je dané zařízení aktivováno až do doby, než dojde k výběru dalšího, proto mu lze zasílat víc požadavků na provedení funkce. Přehled funkcí protokolu X10 je v následující tabulce.

Tabulka 1: Přehled funkcí protokolu X10.

Kód	Název	Popis
0000	All Units Off	Vypnutí všech zařízení v daném domě
0001	All Lights On	Rozsvícení všech světelných zařízení
0010	On	Zapnutí zařízení
0011	Off	Vypnutí zařízení
0100	Dim	Snížení intenzity světla
0101	Bright	Zvýšení intenzity světla
0111	Extended Code	Rozšiřující kód
1000	Hail Request	Požadavek na odpověď daného zařízení
1001	Hail Acknowledge	Odpověď na požadavek
101x	Pre-Set Dim	Výběr mezi dvěma přednastavenými intenzitami světla
1100	Extended Data	Další data
1101	Status is On	Odpověď na požadavek na stav – zařízení zapnuté
1110	Status is Off	Odpověď - zařízení vypnuté
1111	Status Request	Požadavek na stav zařízení

Každá řídicí jednotka může zasílat požadavky na až 256 adres (16 pro domy A-P x 16 pro zařízení 0-15). Kód domu může sloužit buď pro skutečné adresování domů, nebo lze jeden dům rozdělit na více částí (například pokoje), z nichž každá bude mít svůj vlastní kód.

Kromě přenosu po fyzickém nosiči, podporuje X10 také rádiový přenos (na frekvenci 310 MHz v USA a 433 MHz v Evropě). Bezdrátová zařízení zasílají pakety, které přijímač transformuje na pakety pro přenos na vodiči. Mezi základní prvky a moduly patří:

- moduly pro regulaci světelných prvků,
- prvky pro lokální ovládání (zapínání a vypínání spotřebičů),
- sensorové moduly pro snímání teploty, detekci infračervených paprsků a další,
- sensorovým modulům odpovídající moduly pro zařízení (termostaty, alarmy).

Výhody X10

Velkou výhodou X10 je, že si bere energii z elektrické sítě, proto není nutno řešit její přísun, systém je velmi rozšířený (především v USA), pro jeho instalaci není nutno zasahovat do budovy. X10 je robustní, instalace je jednoduchá a cena systému a komponent není vysoká.

Nevýhody X10

Hlavní nevýhodou je možnost připojení pouze 256 zařízení (dům však lze rozdělit na více částí, jak již bylo řečeno výše). Přenos po elektrické síti je relativně pomalý, komunikace mezi zařízeními je specializovaná (X10 je nevhodné pro obecnou komunikaci zařízení), chybí podpora IP komunikace, systém není určen pro prostory s rozlohou větší než 100 m². Některá zařízení mohou způsobovat útlum signálu (proudové jističe, bezdrátová zařízení).

Dochází ke ztrátám zasláných příkazů – X10 umožňuje současně zasílat pouze jeden příkaz, pokud je ve stejný okamžik zasláno více příkazů, mohou se ztratit nebo způsobí provedení nesprávné operace (některé transceivery se kolizím umí vyhnout). Rozšířené možnosti nastavení a ovládání (nastavitelná rychlost ztmavení světel, ovládání skupin zařízení) jsou sice v rozšířené verzi protokolu implementovány, ale spousta starších a levnějších koncových modulů je nepodporuje. Chybí šifrování přenosu a řídicí jednotka může adresovat pouze 256 zařízení; pokud sousední domy používají stejné adresy, může docházet k vzájemnému rušení signálů.

2.2.2 EIB (European Installation Bus)

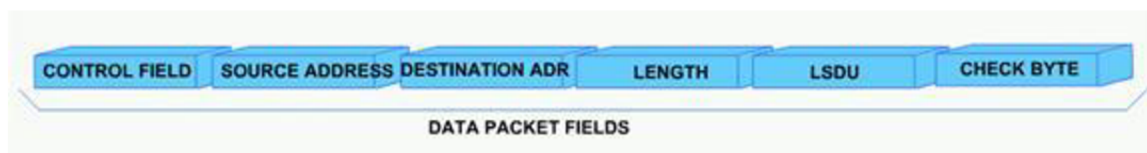
Evropský standard EIB [19], [20] využívá principu zařízení připojených na sběrnici, po které probíhá sériový přenos dat mezi připojenými přístroji. Sběrnici lze dále rozvětvit do tří stromových struktur. Maximální počet připojitelných zařízení je 65 536. I přesto, že lze systém naimplementovat pro centralizovanou správu (řídicí prvek lze umístit kamkoli na sběrnici), ve většině případů je užita decentralizovaná implementace, která zvyšuje flexibilitu systému (zařízení spolu komunikují přímo bez nutnosti komunikace přes centrální prvek). Standard také podporuje řadu dalších služeb, které se liší ve způsobu přenosu, ceně, rychlosti:

- EIB.IR (infračervené světlo),
- EIB.MMS (služby pro multimédia),
- EIB.TP (kroucený pár),
- EIB.PL (elektrická síť),
- EIB.RF (rádiový přenos).

Most mezi segmenty jedné či více sítí představuje brána. Ta tvoří spojení mezi segmenty, zajišťuje směrování paketů a propojení jednotlivých protokolů přenosu v celém systému. Přes bránu lze systém také napojit na externí síť. Příklady typů bran:

- analogové telefonní připojení,
- připojení přes ISDN,
- sběrnice Field Bus,
- připojení k počítači.

Výměnu informací mezi přístroji zajišťuje přenos datových paketů (viz Obr. 2), z nichž každý musí být potvrzen. Podoba zasílaných zpráv je pro všechny druhy přenosu podobná, některá média před či za zprávou umístí své specifické nastavení, potřebné údaje nebo třeba mechanismy pro opravu chyb přenosu.

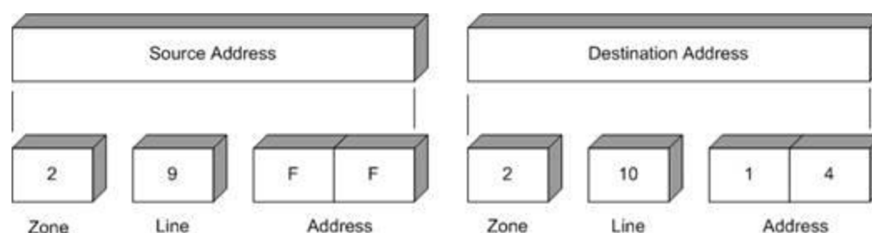


Obr. 2: Příklad struktury paketu EIB (převzato z [19]).

Datový paket obsahuje následující prvky:

- Řídicí pole,
- zdrojovou adresu,
- cílovou adresu,
- délku paketu,
- LSDU (Link Service Data Unit) – přenášená data,
- kontrolní byte.

Pokud dojde k chybě nebo je třeba zaslat jinou důležitou zprávu, lze paketu přiřadit prioritu pro přenos. Poplašné zprávy mohou mít například přednost před všemi ostatními zprávami, stejně tak přeposílané pakety (např. nepřišlo potvrzení) mají vyšší prioritu než obvyčné. Každé zařízení má unikátní fyzickou adresu (viz Obr. 3), která se skládá ze zóny, vedení (linky-line) a čísla zařízení. Pole zdrojové adresy musí vždy obsahovat fyzickou adresu zařízení.



Obr. 3: Struktura adres zprávy EIB (převzato z [19]).

Pole cílové adresy může být dvojího typu, podle Zařízení, připojená na sběrnici EIB lze adresovat dvěma způsoby:

- fyzická adresace (systémový přístup – inicializace, programování, diagnóza),
- adresace skupiny (normální přístup - funkce ze stejné skupiny lze provést zasláním jediné zprávy ze zdrojové adresy. Mohou však také patřit k několika skupinám a mohou být aktivovány nezávisle).

Skupinový typ adresace vytváří logický spoj mezi zařízeními sběrnice a poskytuje velkou flexibilitu: stačí zařízení připojit a nastavit mu správnou skupinovou adresu. Zařízení EIB obecně tvoří dvě hlavní části: jednotka pro připojení na sběrnici a modul, který se stará o provedení daných požadavků pro řízení domácnosti (např. regulační modul).

Výhody EIB

EIB nabízí široké spektrum přenosových médií, vysokou rychlost přenosu, poskytuje možnost připojení zařízení různých výrobců. Díky decentralizaci lze systém ovládat z kteréhokoli místa, systém lze snadno propojení s internetem, počítá s budoucími rozšířeními a úpravami.

Nevýhody EIB

Velkou nevýhodou EIB je nutnost integrace sběrnice do stavby, tzn. nelze EIB použít v již postaveném domě bez zásahů do stavby, protokol má nízkou úroveň zabezpečení.

2.2.3 EHS (European Home System)

Komunikace protokolu EHS [21] se řídí strukturou vrstev modelu OSI, jsou pokryty následující vrstvy: fyzická, linková, síťová a aplikační. Komunikace probíhá přes rozvody vodičů domácnosti, jediné přídavné vodiče jsou pro senzory a regulátory, které je třeba připojit k daným modulům. Adresování EHS má několik úrovní. Fyzická vrstva má pro každou sekci vyhrazených 256 adres, rozdělením přenosového média na několik sekcí nebo spojením více médií routery lze dosáhnout milionů různých adres. Pro přenos se používá CSMA, protokol rozhodne, kdy má každé zařízení začít posílat data. Pro zvýšení spolehlivosti při přenosu po elektrické síti jsou k datům přidány redundantní kódy pro detekci a opravu chyb.

Výhody EHS

EHS je otevřený protokol, každý výrobce proto může vyrábět zařízení s implementovaným EHS. Systém je postaven na principu Plug & Play, což uživatelům usnadňuje využívání služeb. Další výhodou je také automatická konfigurace zařízení.

Nevýhody EHS

Nevýhodou EHS je absence podpory bezdrátového přenosu, mohou nastávat problémy s instalací a jiné problémy s tím spojené.

2.2.4 KNX (Konnex)

Systém Konnex [22], [23] byl vytvořen za účelem vyvinutí otevřeného systému, který nebude závislý na platformě, zajistí bezproblémovou komunikaci zařízení a bude podporovat různá nastavení a komunikační sítě. Systém vznikl spojením a rozšířením funkcí EIB (viz 2.2.2), EHS (viz 2.2.3) a Batibus [24], využívá jedinou sběrnici, která řídí veškeré operace a nespolečá se na centrální prvek. Konnex je decentralizovaný systém, všechny komponenty obsahují mikroprocesor pro řízení.

Pro přenos lze použít:

- kroucený pár,
- elektrická síť,
- Ethernet,
- rádiový přenos.

KNX má tři základní konfigurace:

- S.mód (systémový): nová zařízení a uzly nastavují a připojují odborníci (stejný princip jako EIB).
- E.mód (easy): v módu pro snadnou konfiguraci jsou zařízení na provádění určitých činností naprogramována již ve výrobě (stále je třeba detaily nastavit buď řídicí jednotkou, nebo mikrospínači v zařízení).
- A.mód (automatický): tento mód používá princip Plug & Play, zařízení není třeba konfigurovat. Vhodné především pro domácí spotřebiče, multimediální stanice a poskytovatele služeb.

Výhody KNX

Hlavní výhodou KNX je jeho nezávislost na platformách, systém je robustní, podporuje rozšíření o mnoho zařízení, pro zajištění kompatibility zařízení různých výrobců využívá certifikace.

Nevýhody KNX

Hlavními nedostatky KNX jsou vcelku vysoká cena zařízení a poměrně omezená nabídka dostupných zařízení na trhu, proto dosažení některých automatizací může být problematické.

2.2.5 LonWorks

Technologie vyvinutá Echelon Corporation [26], [26], kterou od začátku 90. let 20. století začalo využívat mnoho společností pro automatizaci a řízení budov. I přestože byla vyvinuta se snahou o obecné řízení domácností, kvůli vysoké ceně ji úspěšně využívají spíše hotely, kancelářské budovy či průmyslová zařízení, především díky robustnosti a spolehlivosti. Toto řešení používá decentralizovanou end-to-end architekturu, která umožňuje přenos mezi senzory a regulátory v domě. Médii pro přenos může být kroucená pár, koaxiální, optický kabel, elektrická nebo bezdrátová síť. Síť je rozdělena na uzly, z nichž každý obsluhuje mikrokontrolér, který sbírá informace a zasílá je regulátorům.

Všechna zařízení LonWorks mají tzv. Neuron Chip, vyrobený společnostmi Motorola a Toshiba, který má 48bitový jedinečný identifikační kód, který je při výrobě nahrán do vestavěné EEPROM paměti a umožňuje přímou a bezpečnou adresaci v síti. Pro výměnu informací standard používá vlastní protokol LonTalk, který je implementován ve firmwaru Neuron Chipu. Tento protokol musí podporovat všechny uzly v síti. Pro jednodušší směrování přenášených zpráv je vytvořená jednoduchá hierarchie adresování: adresa, podsít' a doména uzlů.

- Uzel: každý uzel je napojen na kanál, pokud nejsou kanály propojeny, musí všechny uzly patřit stejnému kanálu.
- Doména: logické propojení uzlů, které patří jednomu či více kanálům.
- Podsít': kolekce až 127 uzlů uvnitř domény. Jednu doménu může tvořit až 255 podsítí.

Výhody LonWorks

Hlavní výhodou LonWorks je, že nabízí systém robustní a spolehlivý, který je ideální pro průmyslové odvětví, podporuje přenos po celé řadě médií. Protokol je bezpečný, přenos dat je rychlý a systém lze použít pro velký rozsah aplikací.

Nevýhody LonWorks

Systém LonWorks má několik základních nevýhod, především je problematické propojení s produkty od jiných výrobců, mohou také nastávat problémy s bezdrátovou komunikací. Systém je navíc rozšířen především v USA.

2.2.6 ZigBee

ZigBee [27], [28] byl vyvinut (a je stále vyvíjen) za účelem vytvoření levného bezdrátového řešení přenosu dat v síti, která využívá senzorů. Systém je založen na standardu IEEE 802.15.4., tvoří jej sada komunikačních protokolů, přenos probíhá na frekvencích 2,4 GHz a 868 MHz.

ZigBee komunikuje ve dvou módech, které musí být naimplementovány ve všech zařízeních:

- Aktivní mód: zařízení vytvoří vysokofrekvenční pole a zasílá informace.
- Pasivní mód: jedno zařízení vytvoří pole a druhé přenašeči indikuje, aby poslal informace.

Dosah je zhruba 20 m, lze vytvořit síť s až 65 536 uzly, které řídí centrální uzel.

Výhody ZigBee

Zařízení systému mají velmi nízkou spotřebu a vysokou životnost baterií, je zajištěno vysoké zabezpečení přenosu (šifrování přenášených dat). Zařízení jsou levná, systém má vysokou flexibilitu, což se do počtu připojitelných zařízení týče.

Nevýhody ZigBee

Jelikož je ZigBee stále vyvíjená technologie, podporuje zatím pouze malý počet zařízení, neustále dochází ke změnám, rychlost přenosu je relativně nízká (nicméně je pro dané úlohy dostačující).

2.2.7 MiWi

MiWi je bezdrátový protokol, založený na standardu IEEE pro bezdrátové PAN (osobní sítě), vyvinut společností Microchip Technology [29]. Protokol využívá levné malé transceivery s nízkou spotřebou, určené pro přenos nízkých datových toků na krátké vzdálenosti. Více viz 3.2.1.

2.3 Senzory a akční členy

Následující tabulka uvádí stručný přehled senzorů snímajících typické veličiny využívané při integraci inteligentní domácnosti.

Tabulka 2: Přehled senzorů, používaných v oblasti automatizace domácností

Měřená veličina	Popis	Použití
Teplota	Zjišťování aktuální teploty	Regulace vytápění, chlazení a teploty vody v bazénu
Pohybu	Detekce přítomnosti osob v místnosti	Zabezpečovací systém, regulace vytápění, zapínání světel
Sluneční aktivita	Měření intenzity slunečního svítu	Vypínání světel při dostatečném osvětlení, regulace fotovoltaického systému
Vlhkosti	Měření vlhkosti vzduchu a půdy	Odvlhčování místností, regulace zavlažování, regulace vytápění
Děšť	Měření množství srážek	Zavírání oken při dešti, regulace zavlažování
Vítr	Měření směru a rychlosti větru	Vytažení předokenních žaluzií, regulace zavlažování
Spínač	Detekce otevření/zavření oken, dveří	Zabezpečovací systém
Kouř a plyny	Detekce kouře a plynů	Protipožární systém
Spotřeba energií	Měření spotřeby elektrické energie, vody, plynu	Regulace vytápění, zapínání spotřebičů v závislosti na spotřebě a aktuálních tarifech

Na místě akčních členů se vyskytují veškerá zařízení, která se v domácnosti používají (světla, spotřebiče, kotel pro vytápění atd.).

3 Návrh řešení

Z výše uvedených údajů vyplývá, že současná řešení inteligentních domácností jsou jednak drahá a většinou se jedná o uzavřené systémy se složitou konfigurací, která vyžaduje zásah odborníka. Další nevýhodou je, že většina komunikačních standardů využívá především kabeláže a bezdrátovým přenosem se zabývá spíše okrajově (s výjimkou jednoduchých RF systémů, které jsou však nespolehlivé a snadno dochází k rušení signálu). Použití kabeláže má samozřejmě řadu výhod, kupříkladu vysokou spolehlivost a přenosovou rychlost, nicméně je nepoužitelná bez zásahu do konstrukce budovy. Tato nevýhoda takřka znemožňuje instalaci do stávajících budov a bytů nebo jsou kabely vidět a překáží. Navíc i cena sebelevnějšího systému s nutností rozvodů specializované kabeláže několikrát vzroste.

Komerční projekty se navíc soustředí především na uživatelský komfort, pokud nabízí možnost úspory energie (jinak než využitím úsporných zařízení či například zářivek), většinou je na uživateli, aby si způsob úspor sám nadefinoval a odborník jej poté zaintegroval do systému. Postrádají tedy autonomní režimy úspor, které by si uživatel pouze přizpůsobil podle svých představ.

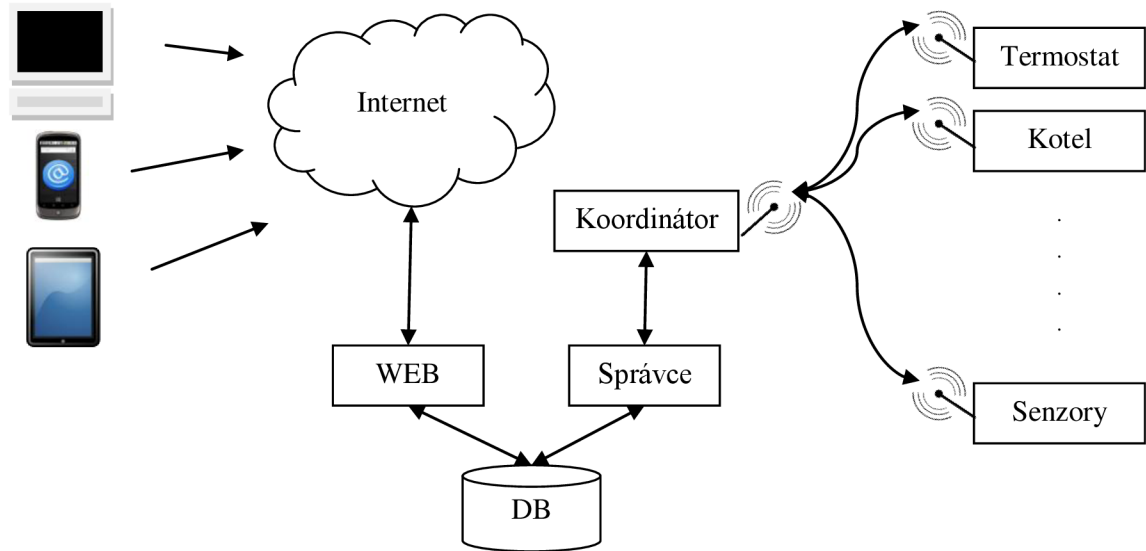
Na základě získaných poznatků jsem se rozhodl vytvořit jednoduchý systém pro automatizaci domácnosti, který by se pokusil řešit nejdůležitější nedostatky současných systémů, jako je vysoká cena, složitá instalace a programování, přičemž by přispíval k úsporám energie. V této práci se zabývám pouze základní funkcí, nicméně i v této fázi je již řada prvků připravena pro rozšířené možnosti, kterými bych se chtěl dále zabývat.

Otázku ceny jsem vyřešil použitím levných mikrokontrolérů firmy Microchip [31], což je základní předpoklad pro výrobu levných senzorů, akčních členů a dalších zařízení. Použité mikrokontroléry mají také nízký příkon a pro většinu aplikací lze dokonce použít tzv. XLP (eXtra Low-Power) mikroprocesory, které mají extrémně nízký příkon (nW) a tím pádem velmi dlouhou výdrž i na běžnou baterii (měsíce až roky). Využitím těchto kontrolérů lze výrazně redukovat spotřebu energie, která je nutná k provozu zařízení systému. Úsporou energie v oblastech regulace teploty, řízení osvětlení a využití různých senzorů pro tyto aplikace se chci zabývat v diplomové práci. Další problém, který jsem řešil je využití bezdrátové komunikace, bližší informace lze nalézt v kapitole 3.2.

3.1 Koncept systému

Pro úlohu realizace vybrané řízení části domácnosti v této práci jsem zvolil regulaci teploty. Daný systém se skládá z několika prvků, komunikujících po různých protokolech i médiích. Snahou bylo vytvoření systému, který by v maximální míře využíval bezdrátové komunikace mezi jednotlivými prvky v automatizované domácnosti.

Stěžejními prvky jsou Správce (více viz 3.3.1), což je program běžící na PC a Koordinátor (více viz 3.3.2), který zprostředkovává komunikaci Správce s koncovými zařízeními a je implementován na vývojovém kitu. Aby bylo možno regulaci provádět, je třeba do systému zahrnout senzor teploty, řídicí systém a koncové zařízení (kotel). Řídicím prvkem a senzorem v jednom je zařízení Termostat a koncovým řízeným zařízením je Kotel. Veškerá nastavení a hodnoty jsou ukládána do databáze, se kterou dále pracuje Správce a Webová aplikace, která umožňuje nastavovat parametry a teplotu. Dále je na Webové aplikaci možno zobrazit průběhy jednotlivých hodnot a vyhodnocovat je. Blokové schéma navrženého systému je na Obr. 4.



Obr. 4: Blokové schéma systému.

3.2 Komunikační infrastruktura

S ohledem na jednoduchou instalaci bylo cílem vytvořit systém, který by uměl komunikovat bezdrátově, bylo proto nutné zvolit vhodný protokol. Jako nejjednodušší řešení se jevílo použití WiFi, které má však pro danou aplikaci řadu nevýhod. WiFi se hodí především pro přenos větších objemů dat (v řádech Mb/s) při udržovaném spojení, což se projevuje vyšší spotřebou energie. Další nevýhodou je také doba, potřebná k navázání spojení (v řádech sekund). Řešení inteligentní domácnosti ovšem vyžaduje co nejnižší spotřebu energie a pro určité aplikace rychlou reakční dobu (rozsvícení světla). Naopak objem dat pro přenos je daleko nižší (max. desítky bajtů).

Jako jeden z dalších protokolů jsem zvažoval ZigBee, který je přizpůsoben potřebám automatizace budov jednak nízkou cenou technologie a velmi nízkou spotřebou. Nakonec jsem zvolil protokol společnosti Microchip MiWi, který ze ZigBee do jisté míry vychází a v základní verzi je určen především pro menší projekty (např. byty, rodinné domy).

3.2.1 Protokol MiWi

MiWi je specializovaný bezdrátový protokol, vyvinutý společností Microchip [29]. Vychází ze standardu IEEE 802.15.4 [32], který popisuje síť WPAN (osobní bezdrátové síť). MiWi využívá malých radiových vysílačů s nízkým příkonem, fungujících na frekvenci 2.4 GHz a je určeno k přenosu malých objemů dat na krátké vzdálenosti. Protokol MiWi je dostupný ve třech variantách podle potřeb aplikace.

Nejjednodušší variantou je MiWi P2P, což je zjednodušený MiWi protokol, rozšiřující MAC vrstvu IEEE 802.15.4. Především nabízí příkazy pro usnadnění procesu spojování, ukončování spojení a střídání komunikačních kanálů. MiWi P2P je určeno pro jednoduché síť topologie peer-to-peer nebo hvězda.

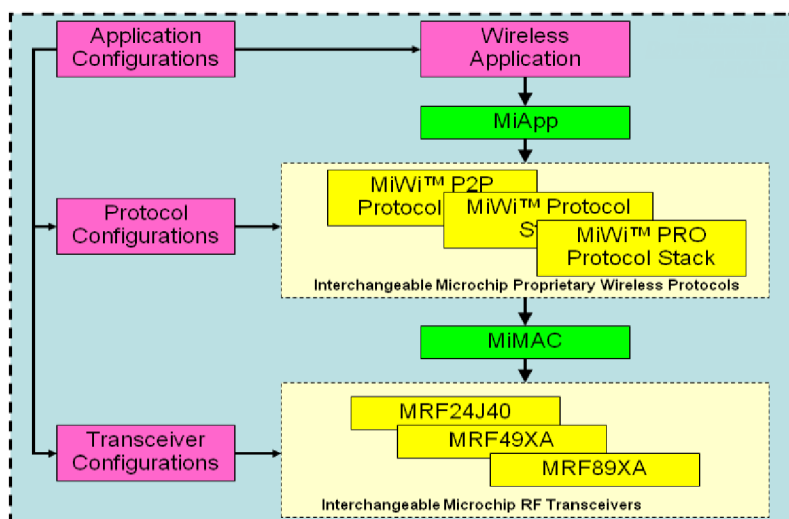
MiWi ve standardní podobě navíc oproti MiWi P2P podporuje směrování (zvětšení dosahu), více typů topologií (cluster-tree a mesh) a v neposlední řadě také zařízení přiřadit funkci

koordinátora. Hlavní koordinátor vytvoří síť (v celé síti se nachází pouze jeden), k němu se poté mohou připojovat jak koordinátoři, tak koncová zařízení a každý koordinátor může spravovat ještě několik koncových zařízení. Tímto způsobem lze vytvořit značně rozsáhlé síť.

Nejvyšší verzí protokolu je MiWi PRO, který podporuje složité směrování (až 65 skoků), možnost připojení až 64 koordinátorů a možnost připojení koordinátora ke koordinátorovi. Tato verze slouží pro velmi rozsáhlé síť, podporující až 8 000 zařízení.

Protokol MiWi je určen pro využití na mikrokontrolérech řady PIC společnosti Microchip, nabízí především nízkou paměťovou náročnost (asi 3-17 KB) oproti ZigBee (40-100 KB), což lze dobře využít například u procesorů s nízkým příkonem, které mají omezenou velikost paměti.

Na Obr. 5 [33] je možno vidět hierarchii protokolu MiWi: v současnosti existují tři vysílače, které lze zaměnit, nad nimi pracuje vrstva MiMAC [34]. MiMAC se stará o zaslání zpráv, potřebných k vytvoření a vyhledání spojení, zaslání potvrzení atd. Vyšší vrstvou je potom MiApp [35], která nabízí funkce, se kterými pracuje uživatel: inicializace protokolu, vytváření spojení, vyhledání spojení apod. Podrobnějším popis některých funkcí viz Příloha 5 - Funkce vrstvy MiApp.



Obr. 5 Hierarchie protokolu MiWi (převzato z [33]).

3.3 Popis jednotlivých zařízení systému

Tato podkapitola se popisuje funkci a činnost jednotlivých prvků systému, jehož koncept je popsán v kapitole 3.1.

3.3.1 Správce

Správce je program, který běží na PC a zpracovává příchozí požadavky a po jejich vyhodnocení odesílá příslušné příkazy. V této práci je použit jednoduchý algoritmus pro regulaci teploty a vyhodnocení příkazu pro kotel, který je součástí aplikace Správce.

3.3.2 Koordinátor

Koordinátor funguje jako prostředník mezi koncovými zařízeními (Kotel a Termostat) a Správcem. Přijímá a směruje zprávy jak od koncových zařízení ke správci, tak i naopak. Pro komunikaci

s koncovými zařízeními vytvoří MiWi P2P síť, na kterou se zařízení připojují a zasílají zprávy. Se správcem komunikuje po Ethernetu přes protokol TCP.

V rámci bakalářské práce tedy Koordinátor zařizuje přeposílání zpráv mezi různými komunikačními standardy a směrování. V diplomové práci by mohl mít jistou inteligenci a starat se o správný chod zařízení např. při výpadku serveru.

3.3.3 Termostat

Zařízení Termostat plní dvě funkce: slouží jako teplotní senzor, zasílající v daném intervalu údaj o teplotě a otočením potenciometru umožňuje uživateli nastavit požadovanou teplotu. Obecný termostat je zařízení, které se nachází například v obývacím pokoji a zajišťuje regulaci teploty. Aby nemuselo být zasahováno do budovy nebo k termostatu veden zdroj, předpokládal jsem využití napájení z baterií či solárního panelu, s čímž se ovšem pojí problematika příkonu. Úkolem proto bylo nalézt způsob, jakým zajistit co nejdelší životnost zařízení bez nutnosti výměny baterií.

3.3.4 Kotel

Kotel je zařízení, které přijímá od Koordinátora příkazy k vypnutí či zapnutí. Vycházel jsem z předpokladu, že každý kotel je napájen ze sítě, dané zařízení je proto stále zapnuto a nevyžaduje extrémně nízký příkon.

3.3.5 Webová aplikace

Webová aplikace uživatelům umožňuje přístup k nastavení a zobrazení teploty přes internet ať již v počítači či přes mobilní telefon nebo tablet. Prostředí zobrazuje stav kotle, aktuální a aktuálně nastavenou teplotu a umožňuje teplotu měnit. Dalšími možnostmi jsou nastavení vlastností Správce (nastavení algoritmu, hodnoty pro hysterezi apod.) a zařízení (např. interval zasílání údajů Termostatu) a zobrazení a vyhodnocení nasbíraných dat.

3.3.6 Úložiště dat (Databáze)

Systém pracuje s relační databází MySQL. Server do databáze ukládá data přijatá od senzorů s časovými razítky, chybová hlášení a veškeré údaje, které mohou být použity pro zpětnou analýzu nebo algoritmy pro vylepšení vlastností systému. Databázi MySQL jsem použil jednak proto, že se jedná o standardní prostředek ukládání dat, jednak kvůli možnosti jednoduchého procházení a vyhodnocování dat a statistiky.

3.3.7 Algoritmus regulace teploty

Aplikace využívá jednoduchého algoritmu pro regulaci teploty – vyhodnocení zapnutí či vypnutí kotle dle dané teploty. Pokud je nastavená teplota vyšší, než aktuální, je kotel zapnut, pokud je nižší, je vypnut. Algoritmus navíc využívá nastavitelné hystereze, která vylepšuje jeho vlastnosti. Kotel začne topit již při teplotě o nastavenou hodnotu nižší a přestane topit až při teplotě o danou hodnotu vyšší. Tím se zajistí jednoduchá inteligence, která zabraňuje nepřetržitému zapínání a vypínání při drobných změnách teploty.

4 Implementace

V této kapitole je uveden popis demonstrační verze systému, který byl navržen v předchozí kapitole. Implementace řeší všechny součásti systému v základní verzi s tím, že je lze rozšířit pro potřeby rozsáhlejšího systému, jehož implementací bych se rád dále zabýval.

4.1 Popis komunikace

Tato podkapitola popisuje typy zasílaných zpráv a také bezdrátovou komunikaci přes MiWi P2P. Pro adresaci zařízení v systému používám první 2 byty adresy, definované v hlavičce `ConfigApp.h` (definovaná zvlášť pro každé zařízení). U všech zasílaných zpráv je první byte kontrolní (ASCII hodnota 2) a zpráva končí sekvencí CRLF. Koordinátor se Správcem komunikuje přes TCP/IP a zajišťuje tak jeho komunikaci s Termostatem a Kotle.

4.1.1 Typy zpráv

Popis zpráv, pomocí kterých mezi sebou jednotlivé komponenty systému komunikují je uveden v následujících odstavcích.

Informace o zařízení

Zpráva obsahuje informace o adrese zařízení, jeho typu.

Informační zpráva

Zpráva obsahuje adresu zařízení, typ informace a hodnotu. V rámci bakalářské práce jsem použil informace o teplotě a hodnotě potenciometru, ostatní typy zpráv mohou být použity v dalším rozšíření aplikace. Jedná se o následující zprávy:

- teplota,
- intenzita světla,
- hodnota natočení potenciometru,
- vlhkost.

Příkaz

Správce zasílá zařízením následující příkazy:

- administrace (nastavení intervalu zasílání informací, min., max. hodnoty apod.),
- vypnout,
- zapnout,
- nastavit hodnotu (např. intenzita světla).

Potvrzení

Zařízení po obdržení příkazu zasílají Správci zpět potvrzení. Zprávy s příkazy obsahují pořadové číslo, díky kterému Správce zjistí, že se jedná o správné potvrzení a ví tak, že byl příkaz doručen a vykonán. Pořadové číslo jsem zavedl z důvodu situací, kdy Správce odeslal více příkazů Kotle (např. vypnout, zapnout, vypnout) v relativně krátkém časovém úseku a nedozvěděl se, která činnost proběhla naposledy.

4.1.2 MiWi P2P

Protokol MiWi P2P ke komunikaci užívá Koordinátor s Termostatem a Kotle. Všechna tato zařízení používají vysílač MRF24J40 [38], připojený ke konektoru PICtail, který k desce umožňuje připojení rozšiřujících modulů. Využíval jsem funkci MiWi P2P protokolu, popsaných v předchozí podkapitole (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Podrobnější popis funkcí MiApp [35] vrstvy MiWi P2P rotokolu, které jsem při implementaci použil, je v příloze. Kromě uvedených funkcí je také důležitá funkce `MiWi_TickGet`, která vrací aktuální čas. Tato funkce je využívána ve všech aplikacích, jelikož v mikrokontroléru je spuštěna hlavní nekonečná smyčka a v ní kontrolovány jednotlivé potřebné příznaky. Pro aplikace, závislé na čase je tedy vhodné si uložit aktuální čas a poté jej porovnávat s novými aktuálními časy, dokud nevyprší předem stanovená lhůta. Potom je provedena požadovaná činnost.

Vytvoření sítě

Síť vytváří Koordinátor, zařízení se k němu poté připojují. Nejprve je u všech zařízení nutné inicializovat vysílač a protokol pomocí funkce `MiApp_ProtocolInit`. Koordinátor poté povolí připojení všech zařízení voláním `MiApp_ConnectionMode` a pokusí se vytvořit síť funkcí `MiApp_StartConnection`. Pokud se mu nepodaří síť vytvořit, pokusí se o to po nasavené době znovu.

Připojení zařízení

Po vytvoření sítě se pokouší Termostat a Kotel k síti připojit. Nejprve musí protokolu dát vědět, že jsou připraveni přijímat zprávy (na úrovni MiMAC mohla přijít zpráva, např. vyhledávání spojení jiným zařízením, zjistí se voláním `MiMAC_ReceivedPacket`) zavoláním funkce `MiApp_DiscardMessage`. Poté se pokusí vyhledat síť pomocí `MiApp_SearchConnection`, pokud je nalezena alespoň jedna síť, pokračuje dále. Pokud nebyla nalezena žádná síť, pokusí se po předdefinované době (např. každé 2 vteřiny) vyhledat síť znovu.

V této úloze jsem předpokládal, že bude vždy dostupná maximálně jedna MiWi síť, proto se poté zařízení pokusí připojit na první položku z tabulky vyhledaných spojení. Pokud se zařízení podaří připojit, je nastaven příznak `connected`, který určuje, že je zařízení připojeno a může tedy komunikovat s Koordinátorem. Při zdařeném prvním připojení zařízení vytvoří zprávu typu informace o zařízení a odešle ji Koordinátorovi.

Odeslání zprávy

Když chce zařízení odeslat zprávu přes MiWi, nejprve resetuje ukazatel bufferu pro přijímání a odesílání zpráv funkcí `MiApp_FlushTx`, poté po bytu naplní buffer voláním `MiApp_WriteData` a nakonec zprávu odešle zavoláním funkce `MiApp_UnicastConnection`. Při odesílání zprávy z Termostatu či kotle je funkce volána s parametrem prvního indexu (viz předchozí bod). Pokud zprávu odesílá Koordinátor, musí být doručena správnému zařízení. Pro získání indexu je proto nutné prohledat tabulku uložených připojených zařízení a porovnat adresy zařízení.

Potvrzení

Kotel po přijetí příkazu provede daný příkaz a odešle zpět potvrzení. Příkaz, který zařízení obdrží, navíc obsahuje pořadové číslo a údaj o délce příkazu, je zpět odesláno s tímto pořadovým číslem a původním příkazem.

4.2 Správce

Pro úlohu Správce jsem vytvořil aplikaci v programovacím jazyce Java. Tento program využívá pro komunikaci s Koordinátorem TCP socketů a pro algoritmus komunikaci s MySQL databází. Pro řízení domácnosti by měla taková aplikace běžet nepřetržitě na spolehlivém stroji, v rámci bakalářské práce jsem využil PC s přístupem k síti. Pro komunikaci aplikace s databází jsem využil frameworku Hibernate [42], který uživateli usnadňuje práci s různými typy databází.

Po spuštění se připojí k databázi, ze které si načte veškeré nastavení. Po inicializaci se jako klient připojí přes TCP socket ke Koordinátorovi a pro daný socket je spuštěno vlákno, které zpracovává příchozí zprávy.

Každá příchozí zpráva je postupně zpracována po bytech využitím konečného automatu a jsou volány příslušné funkce. Přejde-li zpráva, obsahující informace o zařízení, je zařízení přidáno do seznamu připojených zařízení (pokud se v něm již nenachází). Pokud přijde informační zpráva, je hodnota nejprve nutno zpracovat a poté je hodnota uložena do příslušné tabulky v databázi. Hodnota teploty je zasílána již převedená na stupně Celsia (pouze nutno vydělit 100). Nicméně hodnota natočení potenciometru je zasílána v mV, bylo tedy třeba zjistit rozsah (0-3,3 V) a převést hodnotu do rozsahu nastavitelných teplot (7-30°C).

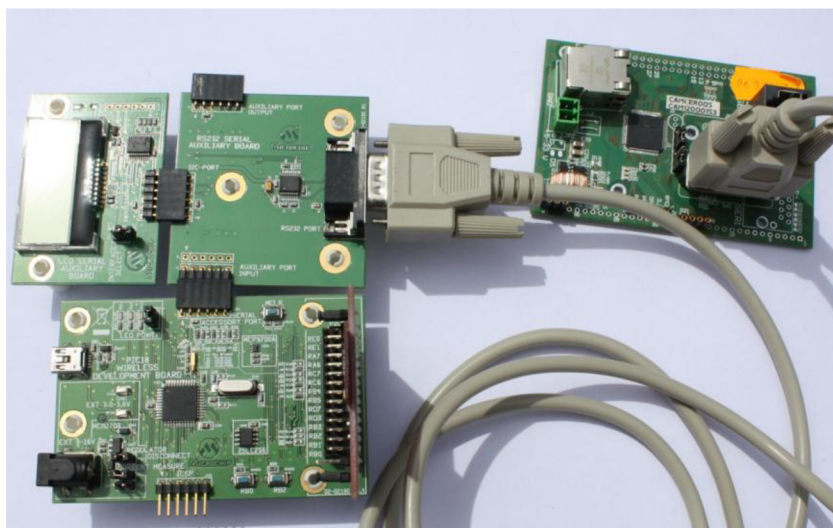
Algoritmus pro regulaci teploty běží také v odděleném vlákne, pokud není jeho nastavení uloženo v databázi, načítá implicitní hodnoty. Po spuštění čeká, dokud není v databázi přítomna hodnota nastavené a aktuální teploty. Aktuální teplota je považována za validní, pokud není starší než daný časový úsek (implicitně 10 minut), což je ochrana před neustálým topením při případné poruše teplotního senzoru.

Při běhu algoritmus v daném intervalu (implicitně 500 ms) získává poslední hodnoty teplot, uložené v databázi. Nastavená teplota je považována za validní, pokud zůstane po nastavený počet cyklů (implicitně 10) nezměněna. Validní nastavená teplota je poté porovnávána s teplotou aktuální se zahrnutím hystereze a podle výsledku je odeslána zpráva s příkazem kotli. Zpráva s příkazem obsahuje pořadové číslo, po odeslání příkazu čeká aplikace na potvrzení. Pokud pořadové číslo potvrzovacího paketu nesouhlasí, je do databáze uloženo chybové hlášení a algoritmus odešle příkaz znovu. Vývojové diagramy viz Příloha 1 - Popis činnosti Správce upřesňují činnost aplikace.

4.3 Koordinátor

Implementací Koordinátora jsem strávil značnou část doby. Bylo třeba spojit komunikaci přes MiWi s koncovými zařízeními s komunikací přes Ethernet se Správcem. Zkoušel jsem proto využít vývojové desky PICDEM.net 2 [36], která jednak umožňuje Ethernetovou komunikaci a zároveň je na ní integrován konektor PICtail, který umožňuje připojení rozšiřujících modulů.

Použitá vývojová, deska je optimalizována pro WiFi komunikaci a ne pro MiWi modul. Proto jsem využil desku PIC18 Wireless Development Board (PIC18 WDM) [37], která je určena pro komunikaci přes MiWi a obsahuje sériový port RS232. Tuto desku jsem použil v kombinaci s deskou Eth2Rs firmy Camea, což je deska, která má stejný procesor jako PICDEM.net 2 (PIC18F97J60), určený pro komunikaci po Ethernetu a je nakonfigurována pro komunikaci mezi Ethernetem a sériovou linkou RS232. Koordinátor tedy obdrží zprávu z koncového zařízení na PIC18 WDM přes MiWi P2P, pošle ji po sériové lince desce Eth2Rs, a ta ji přepoše Správci po Ethernetu. Vývojové desky použité pro implementaci Koordinátora jsou zobrazeny na Obr. 6.

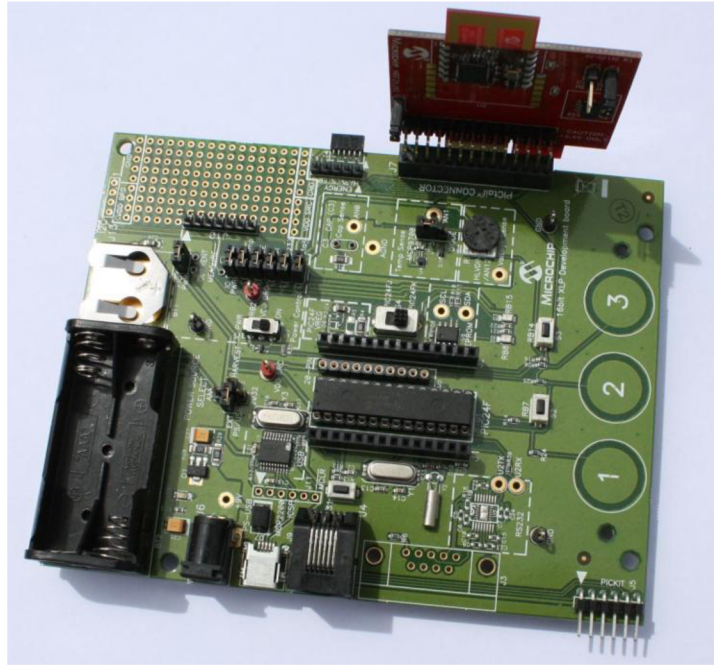


Obr. 6: Vývojové desky použité pro implementaci prvku Koordinátor.

Pro danou aplikaci jsem musel upravit zdrojové kódy desky Eth2Rs, aby zprávy přeposílala při každém obdržení ukončení zprávy (sekvence CRLF) ihned. Systém totiž potřebuje zasílat malé zprávy (jednotky bytů) a původní TCP/IP stack čekal na naplnění paketu či vypršení časového limitu, a proto některé zprávy přicházely poškozené nebo v nesprávném formátu. Navíc jsem TCP/IP stack nakonfiguroval pro automatické přidělení IP adresy přes DHCP a přidělil jsem desce hostitelské jméno ETH2RS, které hledá Správce při připojování k desce. Činnost prvku Koordinátor je popsána vývojovým diagramem, viz Příloha 2 - Popis činnosti Koordinátora.

4.4 Termostat

S ohledem na příkon (životnost baterii) Termostatu jsem použil desku XLP 16-bit Development board [39], s procesorem a hardwarem, který podporuje možnost stavu spánku (Low Power mód), ve kterém má minimální spotřebu (až 20 nA). Tato vlastnost umožňuje provoz zařízení na jedinou baterii po velmi dlouhou dobu (měsíce až roky). Dále je k desce možno připojit tzv. Energy Harvesting Kit [40] pro dobíjení článků přes solární energii či rádiové vlny. Deska dále obsahuje teplotní senzor a potenciometr, které jsem pro úlohu využil. Vývojová deska použitá pro implementaci prvku Termostat je zobrazena na Obr. 7.



Obr. 7: Vývojová deska použitá pro implementaci prvku Termostat.

Hlavní nevýhodou procesorů s nízkým příkonem je omezený paměťový prostor, proto bylo nutné nakonfigurovat MiWi P2P stack, aby používal pouze potřebné funkce, a tím zabral minimum prostoru a také jsem musel zakázat některé funkce desky (například kapacitní tlačítka).

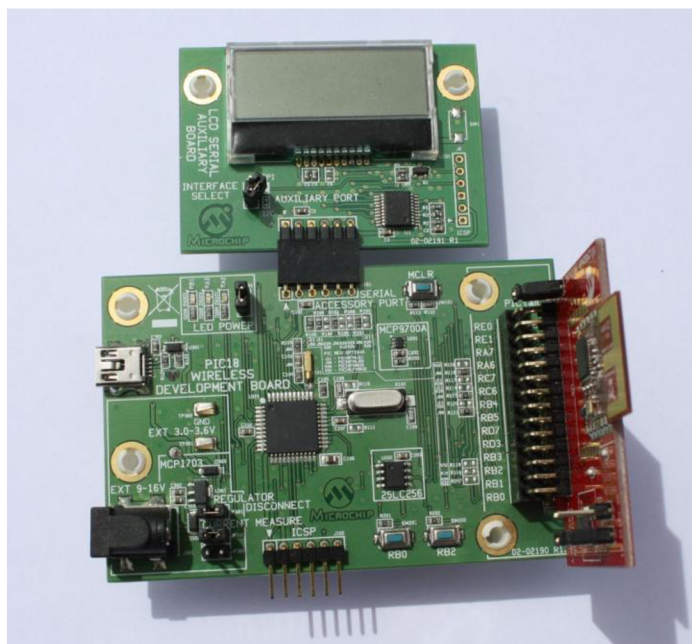
Termostat je uveden do Low Power módu, ze kterého jej každých 500 ms budí přerušení od RTCC (Real-Time Calendar/Clock). Pokud mezitím dojde ke změně hodnoty potenciometru minimálně o daný přírůstek nebo vyprší interval pro odesílání teploty, je iniciován komunikační protokol a odeslány příslušné zprávy.

Buzení po 500 ms je pro odesílání údaje o nastavené teplotě dostatečně krátký interval, navíc by kratší interval byl neefektivní. K buzení a inicializaci AD převodníků a komunikačního modulu je totiž potřeba o něco vyšší napětí a v tomto případě by nebylo výrazně nižší než ušetřená energie.

Komunikace probíhá přes MiWi P2P protokol díky přídavnému modulu MRF24J40 [38], připojenému na konektor PICtail. Toto zařízení podporuje nastavení intervalu zasílání údajů o teplotě a velikost přírůstku teploty, po obdržení příkazu odešle potvrzení o provedení. Činnost prvku Termostat je popsána vývojovým diagramem, viz Příloha 3 - Popis činnosti Termostatu.

4.5 Kotel

Akční člen pro řízení kotle je implementován na vývojové desce PIC18 Wireless Development Board (PIC18 WDM) [37], viz Obr. 8. Komunikace probíhá přes MiWi P2P protokol díky přídavnému modulu MRF24J40 [38], připojenému na konektor PICtail. Vzhledem k tomu, že se předpokládá, že daný prvek bude součástí kotle, který je trvale napájen ze sítě, nepřechází deska do Low Power módu.

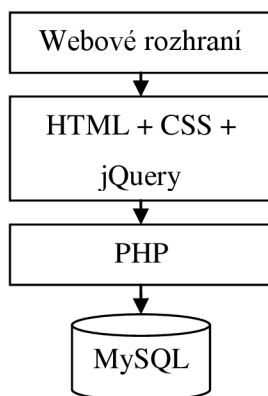


Obr. 8: Vývojová deska použitá pro implementaci akčního členu Kotel.

Vývojový diagram, který činnost Kotle popisuje, viz Příloha 4 - Popis činnosti Kotle.

4.6 Webová aplikace

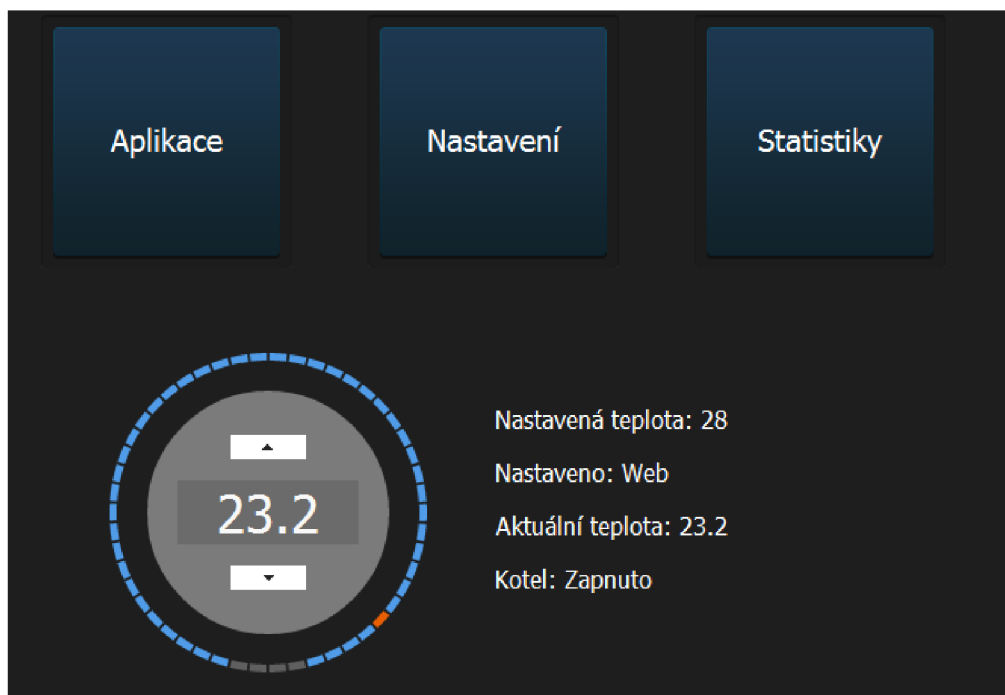
Pro Webovou aplikaci jsem použil kombinaci HTML a kaskádových stylů s JavaScriptovým frameworkem jQuery a PHP. Rozhraní je rozděleno do tří částí: Aplikace, Nastavení a Statistik. V části Aplikace je možno zobrazit stav Termostatu a Kotle a nastavit požadovanou teplotu na Termostatu. Pomocí jQuery aplikace v daném intervalu (implicitně každých 500 ms) spouští PHP skripty pro získání údajů z databáze a načtené hodnoty promítne do rozhraní.



Obr. 9: Vrstvy webové aplikace.

Pro zobrazení stavu termostatu jsem využil aplikaci, ve které je zobrazen nastavitelný rozsah teplot a aktuálně nastavená teplota. Číslo uprostřed zobrazuje aktuální teplotu, pouze v případě nastavování teploty se zobrazí nastavovaná hodnota. Část Nastavení umožňuje nastavit vlastnosti algoritmu (např. interval získávání údajů z DB, velikost hodnoty pro hysterezi apod.), zařízení (např. interval zaslání teploty z Termostatu) a zobrazit informace o zařízení. V poslední části lze zobrazit vyhodnocení

nasbíraných dat. Příklad obrazovky webové aplikace je na Obr. 10, další viz Příloha 7 - Obrazovky Webové aplikace.



Obr. 10: Obrazovka webové aplikace.

4.7 Databáze

Pro sběr dat a ukládání nastavení systému jsem použil databázi MySQL. Tabulky databáze uchovávají záznamy o aktuální teplotě, nastavené teplotě, stavu Kotle, nastavení Termostatu, nastavení systému, zařízeních systému, nastavení algoritmu, je zde ukládán také log činnosti systému a log chyb. Obr. 11 zobrazuje uložené záznamy nastavených teplot (hodnota 2 ve sloupci device říká, že se jedná o teplotu nastavenou přes Webovou aplikaci). Podrobnější popis tabulek databáze viz Příloha 6 - Popis tabulek Databáze.

home_automation		id	temp	device	timestamp
<input type="checkbox"/>	Upravit Upravit zde Kopírovat Odstranit	651	17.5	2	2012-05-15 14:31:42
<input type="checkbox"/>	Upravit Upravit zde Kopírovat Odstranit	652	17	2	2012-05-15 14:31:43
<input type="checkbox"/>	Upravit Upravit zde Kopírovat Odstranit	653	17.5	2	2012-05-15 14:34:14
<input type="checkbox"/>	Upravit Upravit zde Kopírovat Odstranit	654	18	2	2012-05-15 14:34:15
<input type="checkbox"/>	Upravit Upravit zde Kopírovat Odstranit	655	18.5	2	2012-05-15 14:34:17
<input type="checkbox"/>	Upravit Upravit zde Kopírovat Odstranit	656	19	2	2012-05-15 14:34:18
<input type="checkbox"/>	Upravit Upravit zde Kopírovat Odstranit	657	19.5	2	2012-05-15 14:34:20
<input type="checkbox"/>	Upravit Upravit zde Kopírovat Odstranit	658	20	2	2012-05-15 14:34:21
<input type="checkbox"/>	Upravit Upravit zde Kopírovat Odstranit	659	20.5	2	2012-05-15 14:34:23

Obr. 11: Příklad záznamů tabulky nastavené teploty.

4.8 Přehled prvků pilotního systému

Pro implementaci pilotního prototypu systému jsem realizoval následující prvky systému:

- Správce – program v Javě, který se jako klient připojí přes TCP soket ke Koordinátorovi a pro daný soket je spuštěno vlákno, které zpracovává příchozí zprávy.
- Algoritmus pro regulaci teploty – oddělené vlákno v Javě, které je realizováno v rámci Správce.
- Koordinátor – program na desce PIC18 Wireless Development Board (PIC18 WDM), která komunikuje přes MiWi P2P a sériový port RS232. Tuto desku jsem použil v kombinaci s deskou Eth2Rs, jejíž komunikaci mezi Ethernetem a sériovou linkou RS232 jsem upravil pro potřeby aplikace.
- Termostat – program na low-power desce XLP 16-bit Development board, včetně obslužných funkcí pro teplotní senzor, potenciometr, přechodu do režimu úspory energie a bezdrátovou komunikaci přes MiWi P2P protokol.
- Kotel – program akční člen pro řízení kotle je implementován na vývojové desce PIC18 Wireless Development Board (PIC18 WDM).
- Webová aplikace – webové rozhraní pro možnost ovládní a nastavování systému přes internet. Navíc umožňuje zobrazení statistik nasbíraných dat.
- Databáze – pro sběr dat a ukládání nastavení systému jsem vytvořil databázi v MySQL.

Během realizace systému jsem použil následující technologie:

- Programování v jazyce Java – práce s vlákny (zpracování zpráv, algoritmus), používání časovačů a komunikace přes TCP/IP sokety, práce s databázi.
- Programování mikrokontrolérů – seznámení s knihovny Microchip Application Libraries [41] (TCP/IP stack, komunikace po sériové lince), použití programovacího a ladícího zařízení PICKit 3, optimalizace kódu pro omezený paměťový prostor a příkon.
- Protokol MiWi P2P – realizace bezdrátové sítě a komunikační infrastruktury
- Deska Eth2Rs – úprava zdrojových kódů pro danou aplikaci.
- jQuery – vizualizace aplikace Termostat.
- PHP – komunikace s databázi MySQL, vykreslování grafů.

4.9 Rozvoj systému

V této kapitole jsou nastíněny další možné oblastmi využití navrženého systému pro řízení inteligentních domácností. Pro implementaci uvedených funkcí stačí navržený systém doplnit o příslušné senzory, akční členu a řídicí software.

4.9.1 Oblasti využití

Regulace vytápění a klimatizace

- Pro každou místnost zvlášť. Hodinový, denní, týdenní, měsíční a roční cyklus.
- Adaptace dle přítomnosti osoby (přechod do úsporného režimu v případě nepřítomnosti osob a opětovný přechod do normálního režimu při návratu). Optimalizace dle statistiky přítomnosti osob. Optimalizace dle „spokojenosti“ osob (např. tlačítka plus-mínus, kterými si

osoba doreguluje teplotu v místnosti dle svých potřeb). Přítomnost osob je zjišťována senzory pohybu (viz zabezpečení).

- Optimalizace dle aktuálních venkovních klimatických podmínek (nejen tepelný senzor ve stínu na severní straně domu, ale kolem celé budovy. Senzory sluneční aktivity, která může na jižní straně výrazně ovlivnit tepelné poměry v budově).
- Průběžné automatické zjišťování tepelných parametrů budovy (kalorimetrické rovnice) pro optimalizaci otopných křivek jednotlivých místností a celé budovy (parametry se mohou měnit – např. sníh na střeše, stažené rolety, zavřené okenice apod.).
- Zohlednění otevřených oken či dveří (omezení topení v místnosti, ve které je otevřené okno).

Optimalizace zapínání spotřebičů

- Podle tarifu energie. Např. zapnutí pračky v době noční sazby elektrické energie.
- Podle dostupnosti alternativních zdrojů. Např. zapnutí pračky v době vysoké sluneční aktivity (fotovoltaika).
- Podle aktuálního odběru. Omezení současného provozu více energeticky náročných spotřebičů. Cílem je omezení špičkového příkonu, jehož důsledkem může být nižší potřebná kapacita přípojného bodu (nižší investice do zřízení přípojky a její údržby). Rovnoměrný odběr je výhodný i z hlediska rozvodné sítě (zajímavé pro dodavatele energie).
- Dle přání uživatele (dálkové zapínání spotřebičů, přednastavení okamžiku zapnutí apod.)

Měření aktuální spotřeby energií

- Spotřeba veškerých energií je průběžně měřena (statistiky, optimalizace spotřeby v čase, úspora tím, že uživatel zpětně analyzuje spotřebu a přizpůsobuje svoje chování).
- Automatizace odečtů pro dodavatele energií.

Optimalizace zapínání osvětlení

- Zapínání osvětlení podle přítomnosti osob (chodby apod.).
- Automatické vypínání po jisté době (osoba usne se zapnutým světlem).
- Akomodace na aktuální světelné podmínky (regulace podle ambientního světla).
- Akomodace na události (zapnutí televize způsobí ztlumení světel).
- Režim náhodného zapínání v nepřítomnosti (ochrana proti zlodějům).

Zabezpečení proti vniknutí

- Senzory pohybu, rozbití skla, otevření oken a dveří ap.
- Kamery pro vzdálené monitorování (např. v době dovolené).

Závlaha zahrady a rostlin

- Měření vlhkosti půdy, optimalizace závlahy, detekce deště a větru.
- Jímání a využití dešťové vody.

4.9.2 Rozšíření systému

Jedná se např. o následující vlastnosti a funkce.

- Lokální řídicí systém autonomně reguluje v bezpečném módu (např. teplota místnosti v režimu ochrany proti zamrznutí, vypnutí světel v místnostech po dané době apod.).

- Lokální řídicí systém je centrálním řídicím systémem parametrizován pro optimální činnost dle nastavených hodnot.
- V případě ztráty spojení s centrálním systémem (jeho porucha, porucha komunikace, násilné přerušení spojení útočníkem), přejde lokální řídicí systém do autonomního režimu, případně způsobí alarm.
- Lokální kontrolní systém (hardwarový watchdog) očekává, že mu lokální řídicí systém periodicky zasílá informaci o své činnosti. Pokud ji nedostane, způsobí definovanou činnost (reset lokálního řídicího systému).
- Centrální řídicí systém zajišťuje optimální regulaci parametrů celé budovy. Je schopen na základě analýzy chování osob optimalizovat regulaci.
- Centrální kontrolní systém (softwarový watchdog) kontroluje činnost centrálního řídicího systému tak. Centrálního řídicí systém periodicky zasílá centrálnímu kontrolnímu systému informace o své činnosti. Pokud centrální kontrolní systém nedostane v předem nastavených časových údobích zprávu s očekávanou informací, způsobí definovanou činnost (reset, alarm, log).
- Veškeré systémy logují svoji činnost, přístup k nastavení systémů je autentizován, Data jsou přenášena šifrovaně.
- Uživatel je průběžně informován o činnosti systému (generování reportů a jejich zasílání na email, SMS apod.).
- Nad centrálním řídicím systémem je server, který sbírá informace z řady centrálních řídicích systémů a nastavuje jim parametry, generuje statistiky, zajišťuje on-line přístup odkudkoliv atd. (např. pro více budov jednoho majitele).

5 Závěr

Cílem této práce bylo seznámení se s problematikou automatizace domácností, návrhem jednoduchého informačního systému, který uživatelům umožní nastavovat parametry domácnosti, archivovat a zobrazovat zvolené údaje přes internet. Pro realizaci jsem měl navrhnout hardware vestavěného počítače pro sběr vybraných veličin, jejich zpracování a řízení spotřebičů a vytvořit vzorové řešení pro řízení vybrané části domácnosti. Cíle práce byly splněny.

Prostudoval jsem problematiku automatizace domácností a udělal stručný průzkum dostupných řešení na trhu. V práci je navržen jednoduchý systém pro regulaci teploty v domácnosti, který umožňuje nastavovat a zobrazovat stav jednotlivých zařízení přes internet. Zařízení jsou implementována s použitím desek s mikrokontroléry a komunikují mezi sebou bezdrátově. Pro implementaci pilotního prototypu systému jsem realizoval následující prvky systému: Správce, který se jako klient připojí přes TCP soket ke Koordinátorovi zpracovává příchozí zprávy; algoritmus pro regulaci teploty – oddělené vlákno, které je realizováno v rámci Správce; Koordinátor – zprostředkovává bezdrátovou komunikaci, pomocí protokolu MiWi, jednotlivých senzorů a akčních členů a se Správcem komunikuje přes Ethernet protokolem TSC/IP; Termostat – zpracování údajů z teplotního senzoru, potenciometru, který umožňuje přechod do režimu úspory energie a bezdrátovou komunikaci přes MiWi P2P protokol; Kotel – akční člen pro řízení kotle; Webová aplikace – webové rozhraní pro možnost ovládání a nastavování systému přes internet a navíc umožňuje zobrazení statistik nasbíraných dat; a Databáze – sběr dat a ukládání nastavení systému, která byla vytvořena v MySQL.

Snažil jsem se navrhnout takový systém, který by řešil hlavní nedostatky dostupných řešení, které brání jejich většímu rozšíření v praxi. Mojí snahou bylo též vytvořit snadno konfigurovatelný otevřený systém, který by umožňoval jednoduché připojení nových zařízení a prvků bez nutnosti zásahu odborníka. Výsledkem je systém, který je otevřený, využívá bezdrátové přenosy a měl by být levný a snadno použitelný.

Systém, který jsem v rámci práce vytvořil je, v porovnání se většinou systémů dostupných na trhu, velmi levný. Cena všech komponent je nižší než 10 000 Kč, přičemž výrobní cena bude ještě nižší, neboť pro stavbu prototypu byly použity univerzální vývojové desky. Běžné systémy dostupné na trhu mohou mít cenu i řádově vyšší. Navíc je veškerý použitý software zdarma k dispozici, proto není další rozvoj systému omezen specializovaným a drahým software.

V rámci bakalářské práce jsem realizoval pilotní prototyp systému, který demonstruje základní funkčnost. Snažil jsem se však o návrh systému, který je koncipován tak, aby jej bylo možno rozšiřovat dle potřeby. V práci jsou nastíněny další možné oblasti využití navrženého systému pro řízení inteligentních domácností. Pro implementaci uvedených funkcí stačí navržený systém doplnit o příslušné senzory, akční členu a řídicí software. V rámci diplomové práce bych si rád z uvedených oblastí použití a rozšíření systému některé vybral a realizoval systém, který bude možno aplikovat a ověřit v praxi. Dalším mým cílem bude orientovat se především na úspory energie, automatizaci na vyšší úrovni (inteligentní regulace topení, autonomní režimy zařízení v případě výpadků atd.)

6 Literatura

- [1] Synco living – the energy-efficient home automation systém [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/data/assets/hq/Synco-living---the-energy-efficient-home-automation-system-_A6V10081317_hq-en.pdf>
- [2] EBI Overview Brochure [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <<http://buildingsolutions.honeywell.com/NR/rdonlyres/D21AF857-620B-4264-9121-810D44997953/116871/d21af857620b42649121810d44997953.pdf>>
- [3] evohome brochure [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <<http://products.ecc.emea.honeywell.com/europe/pdf/en3h0392-ge51r0209.pdf>>
- [4] ABB i-bus® KNX [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <<http://www117.abb.com/viewDocument.asp?document=5628&type=>>>
- [5] Ego-n® [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <<http://www117.abb.com/viewDocument.asp?document=5642&type=>>>
- [6] inHome – Inteligentní domácnost [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <<http://www.insighthome.eu/download/inHome-Intelligentni-domov.pdf>>
- [7] Leták velký HAIDY (2011) [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <<http://haidy.cz/public/positro-letak-forarch2011a.pdf>>
- [8] Levné ovládání domácnosti, levný inteligentní dům, levné řízení domácnosti, automatická domácnost [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <<http://www.loxone.com/Pages/cz/produkty/produkty-reseni/produkty-reseni.aspx>>
- [9] Nest | The Learning Thermostat | Living with Nest [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <http://www.nest.com/living-with-nest/>
- [10] The M-Bus: A Documentation Rev. 4.8 [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <<http://www.m-bus.com/mbusdoc/default.php>>
- [11] BACnet - The New Standard Protocol [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <<http://www.bacnet.org/Bibliography/EC-9-97/EC-9-97.html>>
- [12] Modbus Protocol [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <<http://www.jaec.info/Home%20Automation/Protocols-buses-house/Modbus-Protocol/modbus-protocol.php>>
- [13] Z-Wave - Wikipedia, the free encyclopedia [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Z-Wave>>
- [14] X10 (industry standard) - Wikipedia, the free encyclopedia [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <[http://en.wikipedia.org/wiki/X10_\(industry_standard\)](http://en.wikipedia.org/wiki/X10_(industry_standard))>
- [15] X-10 Communications Protocol and Power Line Interface PSC04 & PSC05 [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <<http://www.x10pro.com/pro/pdf/technote.pdf>>
- [16] Standard and Extended X10 Code Protocol [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <<http://software.x10.com/pub/manuals/xtdcode.pdf>>

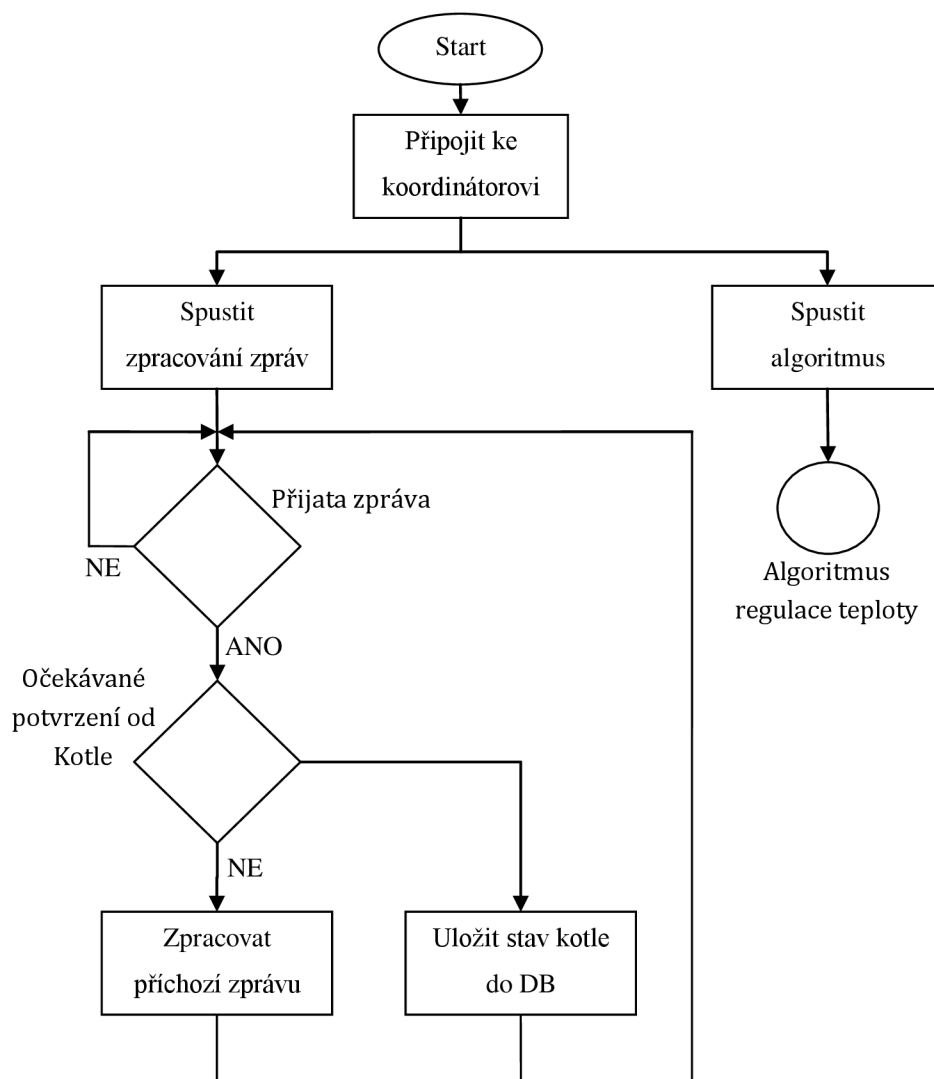
- [17] Protocol [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<<http://www.jaec.info/Home%20Automation/Protocols-buses-house/X10-Protocol/x10-protocol.php>>
- [18] How X10 Works - SmartHomeUSA.com [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<<http://www.smarthomeusa.com/info/x10theory/x10theory/#theory>>
- [19] EIB Protocol [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<<http://www.jaec.info/Home%20Automation/Protocols-buses-house/Eib-Protocol/eib-protocol.php>>
- [20] EIBA Handbook Series [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <http://www.stielec.ac-aix-marseille.fr/cours/abati/eib/download/eib_introduction.pdf>
- [21] EHS European Home Systems [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<<http://www.jaec.info/Home%20Automation/Protocols-buses-house/Ehs-Protocol/ehs-protocol.php>>
- [22] KNX Association :: [Official website] » KNX Standard » Introduction [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <<http://www.knx.org/knx-standard/introduction/>>
- [23] KNX (standard) - Wikipedia, the free encyclopedia [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <[http://en.wikipedia.org/wiki/KNX_\(standard\)](http://en.wikipedia.org/wiki/KNX_(standard))>
- [24] Batibus [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<<http://www.cwct.co.uk/ibcwindow/ibc/fieldbus/batibus.html>>
- [25] The LonWorks Protocol [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<<http://www.echelon.com/technology/lonworks/lonworks-protocol.htm>>
- [26] LonWorks - Wikipedia, the free encyclopedia [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<<http://en.wikipedia.org/wiki/LonWorks>>
- [27] ZigBee Specification Overview [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<<http://www.zigbee.org/Specifications/ZigBee/Overview.aspx> >
- [28] ZigBee - Wikipedia, the free encyclopedia [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<<http://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee>>
- [29] Wireless Solutions [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=2664¶m=en520414&redirects=miwi>
- [30] MiWi - Wikipedia, the free encyclopedia [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<<http://en.wikipedia.org/wiki/MiWi>>
- [31] Microchip Technology Inc [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<<http://www.microchip.com/>>
- [32] IEEE Standard Association - IEEE Get Program [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4d-2009.pdf>>
- [33] Yang, Y.: Microchip MiWi™ PRO Wireless Networking Protocol [online], pp. 2. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/01371A.pdf>>
- [34] Yang, Y.: Microchip Wireless (MiWi) Media Access Controller – MiMAC [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/01283a.pdf>>

- [35] Yang, Y.: Microchip Wireless (MiWi) Application Programming Interface - MiApp Protocol [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<<http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/01284A.pdf>>
- [36] PICDEM.net 2 Development Board [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en028217>
- [37] 8-bit Wireless Development Kit User's Guide [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70654B.pdf>>
- [38] MRF24J40 Data Sheet [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39776C.pdf>>
- [39] XLP 16-bit Development Board [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en544410>
- [40] Solar Energy Harvesting Development Kit [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=2042¶m=en548091>
- [41] Microchip Application Libraries [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=2680&dDocName=en547784>
- [42] Documentation - Hibernate - JBoss Community [online]. [cit. 2012-05-10] Dostupné na URL:
<<http://www.hibernate.org/docs>>

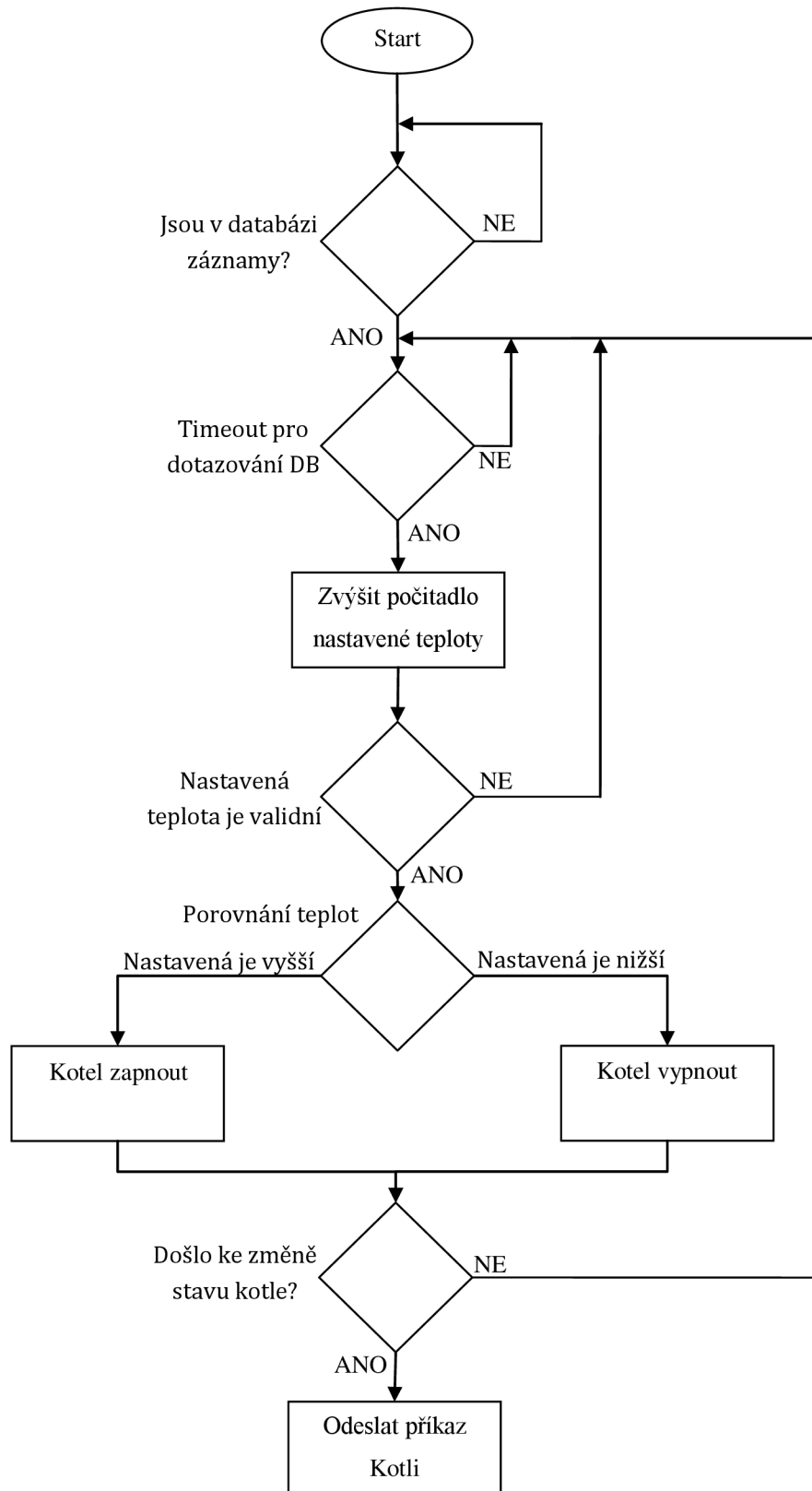
Seznam příloh

- Příloha 1 - Popis činnosti Správce
- Příloha 2 - Popis činnosti Koordinátora
- Příloha 3 - Popis činnosti Termostatu
- Příloha 4 - Popis činnosti Kotle
- Příloha 5 - Funkce vrstvy MiApp
- Příloha 6 - Popis tabulek Databáze
- Příloha 7 - Obrazovky Webové aplikace

Příloha 1 - Popis činnosti Správce

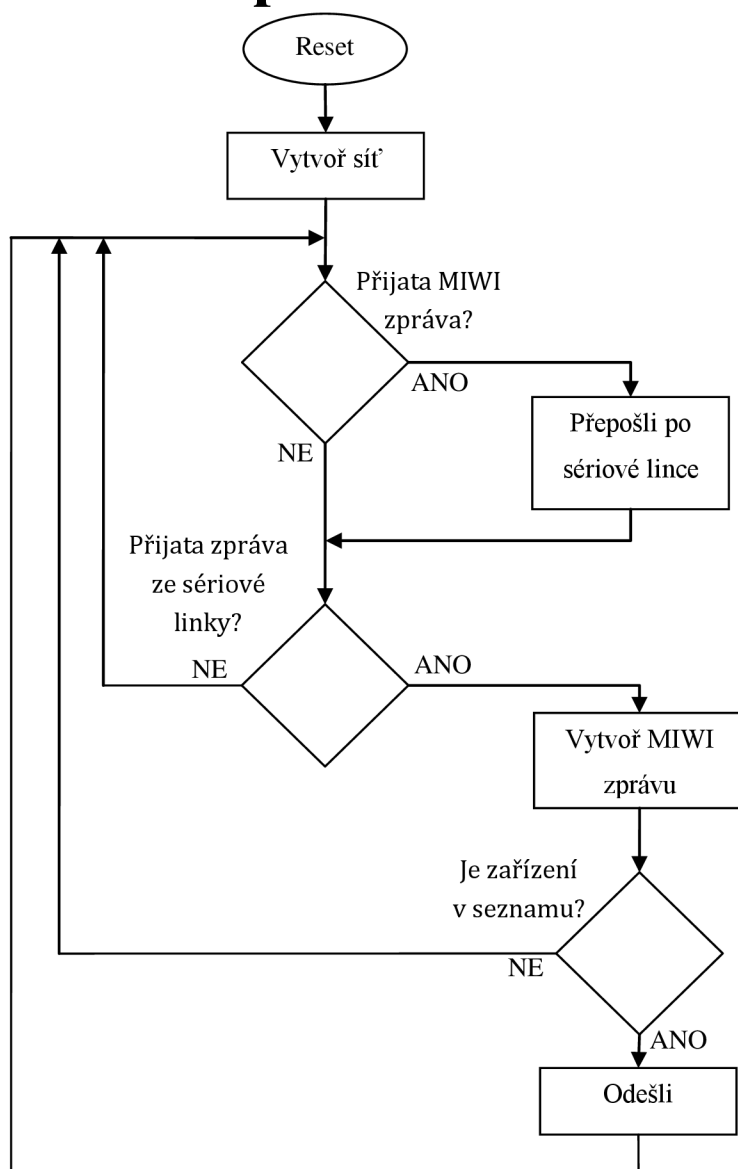


Vývojový diagram činnosti Správce



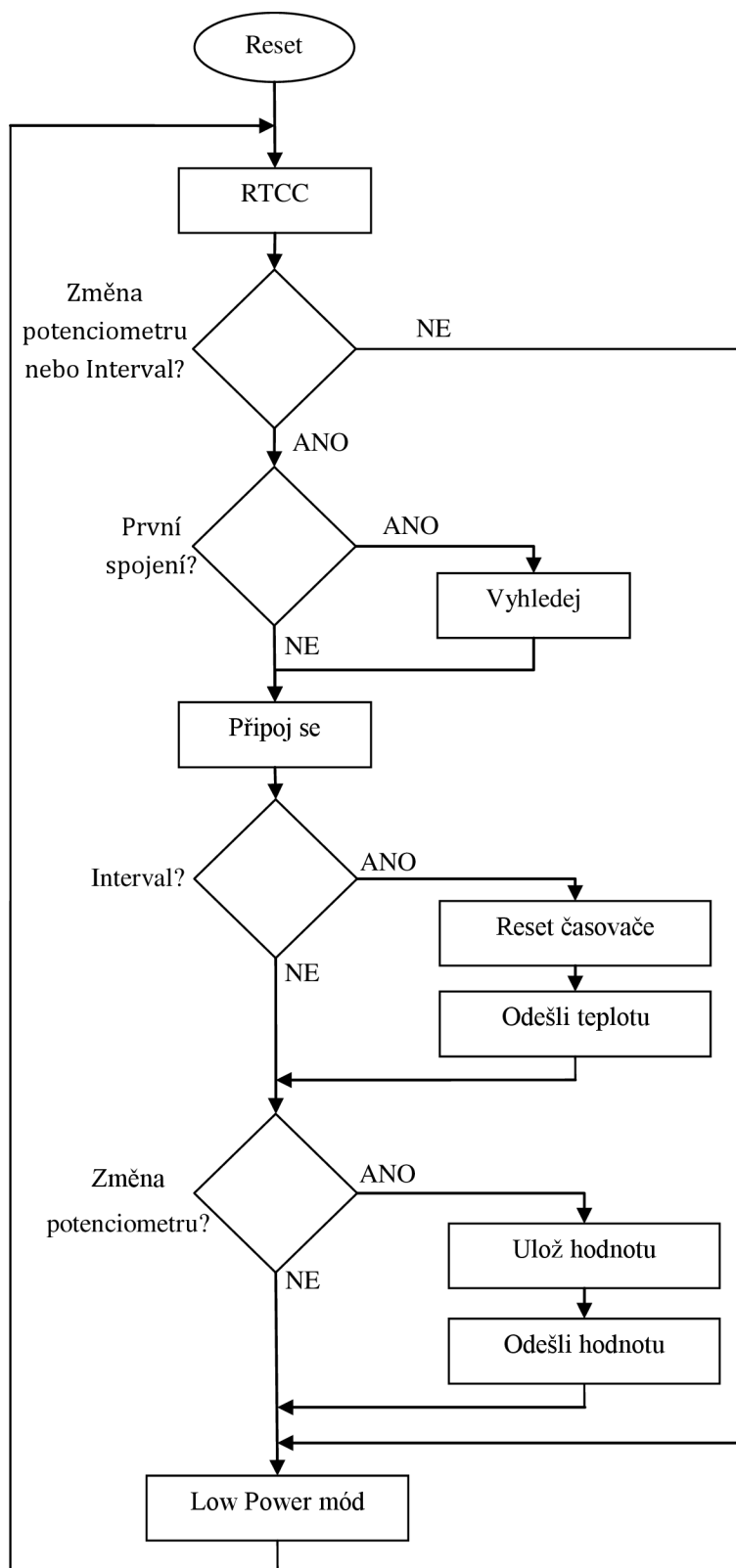
Vývojový diagram algoritmu regulace teploty

Příloha 2 - Popis činnosti Koordinátora



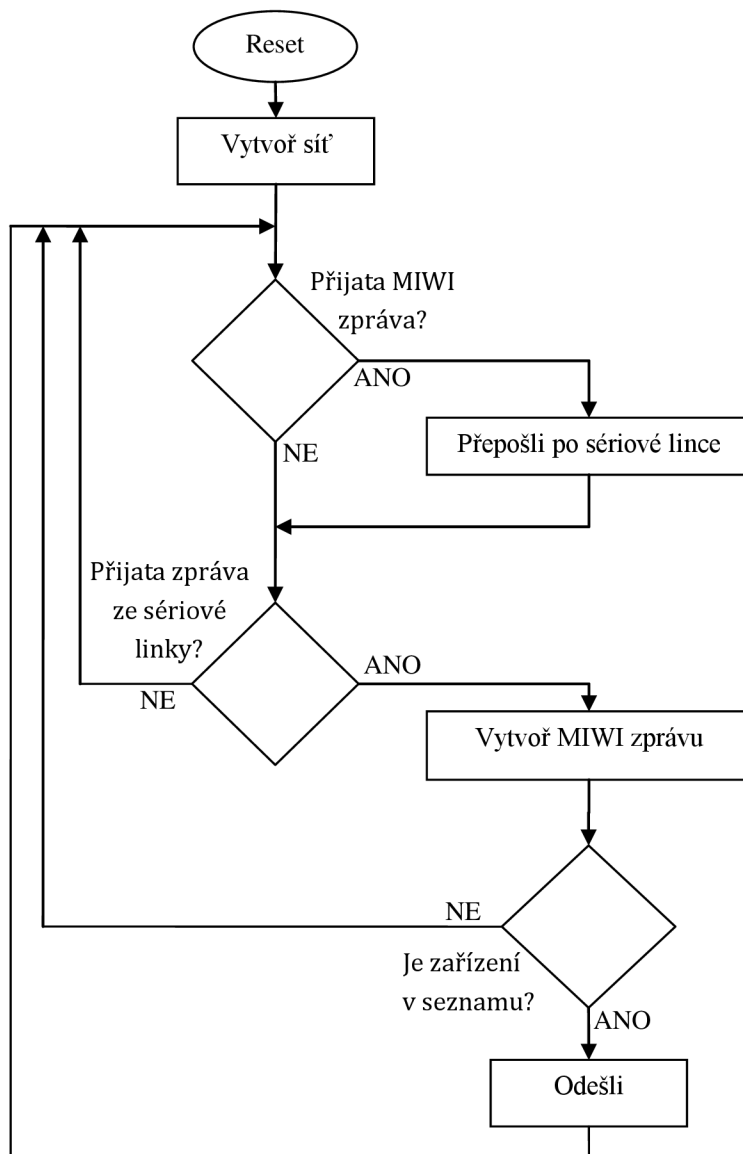
Vývojový diagram pro prvek Koordinátor.

Příloha 3 - Popis činnosti Termostatu



Vývojový diagram pro prvek Termostat.

Příloha 4 - Popis činnosti Kotle



Vývojový diagram popisující činnost akčního členu Kotel

Příloha 5 - Funkce vrstvy MiApp

```
bool MiApp_ProtocolInit(bool načíst)
```

Funkce provede inicializaci vysílače a protokolu. Jejím parametrem je booleovská hodnota, určující, zda má být načteno staré nastavení sítě uložené v paměti. Funkce vrací booleovskou hodnotu, která uvádí, zda byla inicializace provedena v pořádku. V dané aplikaci nenačítám staré hodnoty.

```
void MiApp_ConnectionMode(byte režim připojení)
```

Funkce nastaví režim připojování dalších zařízení k danému zařízení. Parametrem lze nastavit povolení všech zařízení, zařízení, která již byla připojena, odpověď aktivnímu vyhledávání zařízení nebo ignorování veškerých dotazů na připojení. V dané aplikaci jsem povolil všechna zařízení pro Koordinátora a zakázal všechna pro Termostat a Kotel.

```
bool MiApp_StartConnection(byte režim, byte doba, dword kanály)
```

Funkce vytvoří MiWi síť. První parametr určuje režim vytváření, existují tři: první možností je přímé spojení na určený kanál (funkce `MiApp_SetChannel`), v tomto případě jsou další dva parametry bezpředmětné. Dalšími dvěma režimy jsou aktivní skenování, v prvním případě vyhledání kanálu s nejnižší energií, v druhém s nejnižší úrovní signálu. Druhý parametr potom určuje dobu skenování a třetí kanály, na kterých se má skenování provést. Funkce vrací booleovskou hodnotu, která uvádí, zda byla síť vytvořena.

```
byte MiApp_SearchConnection(byte doba, dword kanály)
```

Funkce vyhledá dostupné MiWi sítě. První parametr určuje dobu skenování a druhý kanály, na kterých se má skenování provést. Funkce vrací počet nalezených sítí. Informace o každé síti ukládá do struktury `ACTIVE_SCAN_RESULT`, která nese informace o kanálu, adrese, možnostech připojení, síle signálu atd.

```
void MiApp_FlushTx(void)
```

Funkce resetuje ukazatel bufferu pro přijímání odesílání zpráv.

```
void MiApp_WriteData(byte data)
```

Funkce do bufferu pro přijímání a odesílání zpráv zapíše byte dat, určených parametrem. Velikost bufferu je dána parametrem `TX_BUFFER_SIZE`.

```
bool MiApp_BroadcastPacket(bool šifrování)
```

Funkce broadcastem odešle zprávu, která je uložena v bufferu. Parametr značí, zda má být zpráva šifrována. Funkce vrací `true`, pokud byla zpráva v pořádku odeslána. Implicitně se protokol pokusí zprávu odeslat třikrát, než vrátí chybu.

```
bool MiApp_UnicastConnection(byte index, bool šifrování)
```

Funkce odešle zprávu, která je uložena v bufferu na zařízení na daném indexu tabulky dostupných zařízení, druhý parametr značí, zda má být zpráva šifrována. Funkce vrací `true`, pokud byla zpráva v pořádku odeslána. Implicitně se protokol pokusí zprávu odeslat třikrát, než vrátí chybu.

```
bool MiApp_MessageAvailable(void)
```

Funkce vrací `true`, pokud je dostupná zpráva ke zpracování. Přijatá zpráva je uložena do struktury `RECEIVED_MESSAGE`, která obsahuje informace o adrese zařízení, typu zprávy, délce zprávy apod.

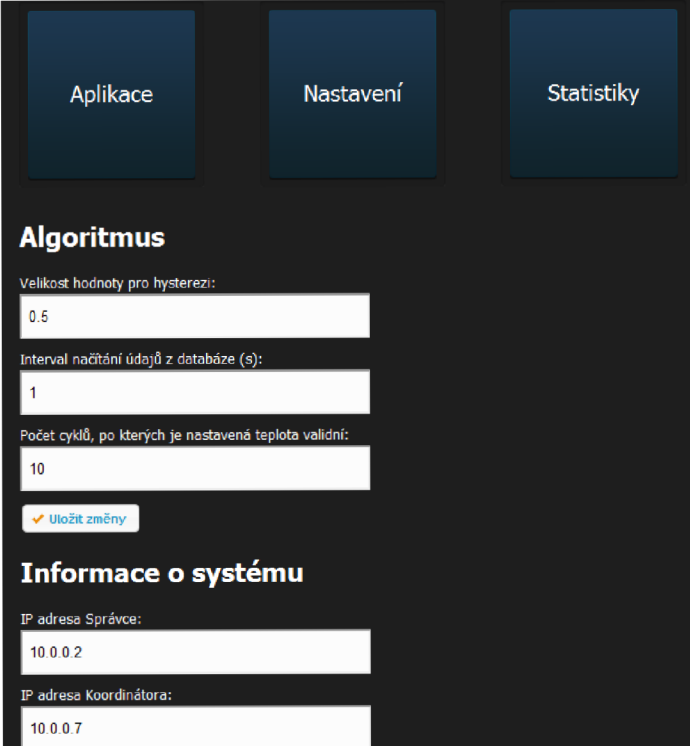
```
void MiApp_DiscardMessage(void)
```

Funkce, která protokolu zašle příznak, že byla zpráva zpracována a může být zpracována další.

Příloha 6 - Popis tabulek Databáze

Tabulka	Vlastnosti	Popis
temp_current	id, temp, timestamp	Aktuální teplota. Identifikátor záznamu, naměřená teplota, časové razítko.
temp_set	id, temp, device, timestamp	Nastavená teplota. Identifikátor záznamu, naměřená teplota, časové razítko.
kotel	id, isOn, timestamp	Stav Kotle. Identifikátor záznamu, stav Kotle, časové razítko.
termostat	id, interval, pot_diff, timestamp	Nastavení termostatu. Identifikátor záznamu, interval zasílání teploty, změna natočení potenciometru, časové razítko.
settings	id, board_addr, java_addr, timestamp	Nastavení systému. Identifikátor záznamu, adresa Koordinátora, adresa Správce, časové razítko.
devices	id, address, type, timestamp	Zařízení systému. Identifikátor záznamu, adresa zařízení, typ, časové razítko.
algorithm	id, hysteresis, db_timeout, count, timestamp	Nastavení algoritmu. Identifikátor záznamu, velikost hodnoty pro hysterezi, interval dotazování DB, počet cyklů, po které musí být hodnota nastavené teploty nezměněna, časové razítko.
log	id, type, description, timestamp	Log činnosti systému. Identifikátor záznamu, druh činnosti, popis, časové razítko.
errors	id, type, description, timestamp	Log chyb. Identifikátor záznamu, druh chyby, popis, časové razítko.

Příloha 7 - Obrazovky Webové aplikace



The screenshot shows a web application interface with a dark background. At the top, there are three navigation buttons: 'Aplikace', 'Nastavení', and 'Statistiky'. Below these, the 'Nastavení' (Settings) page is active, featuring a section titled 'Algoritmus' (Algorithm) with three input fields: 'Velikost hodnoty pro hysterezi:' (0.5), 'Interval načítání údajů z databáze (s):' (1), and 'Počet cyklů, po kterých je nastavená teplota validní:' (10). A 'Uložit změny' (Save changes) button is located below these fields. The 'Informace o systému' (System information) section follows, with two input fields: 'IP adresa Správce:' (10.0.0.2) and 'IP adresa Koordinátora:' (10.0.0.7).

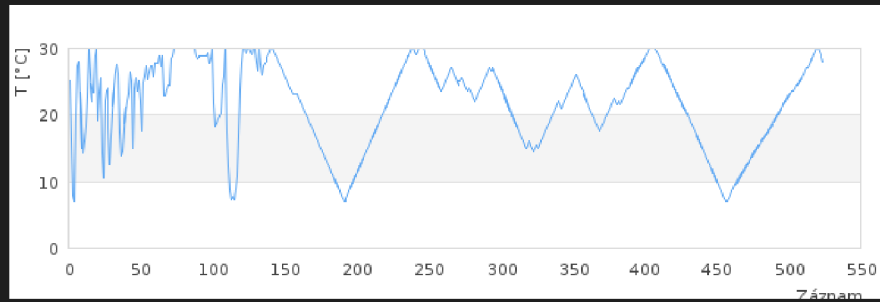
Obrazovka nastavení systému.

Aplikace

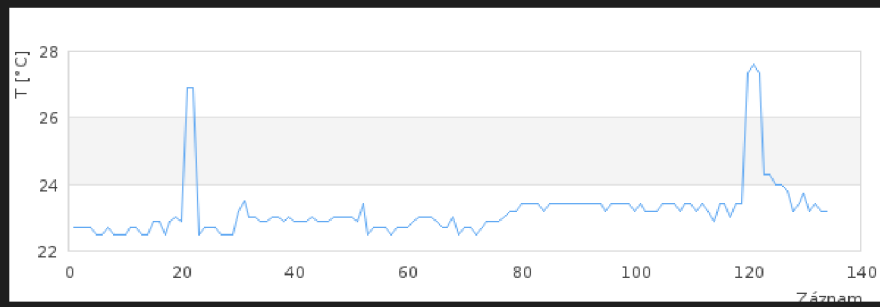
Nastavení

Statistiky

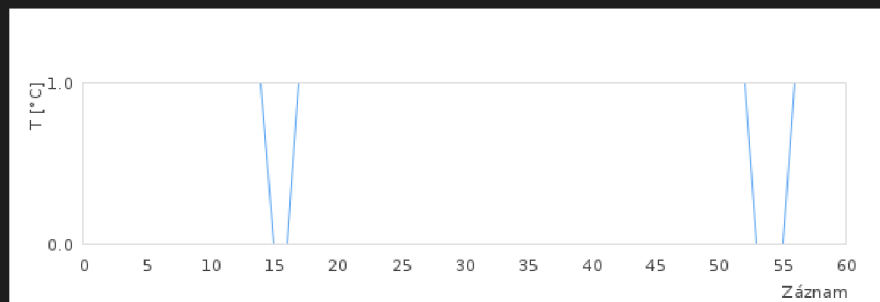
Průběh nastavených hodnot teploty



Průběh naměřených hodnot teploty



Průběh stavu kotle



Obrazovka statistik.