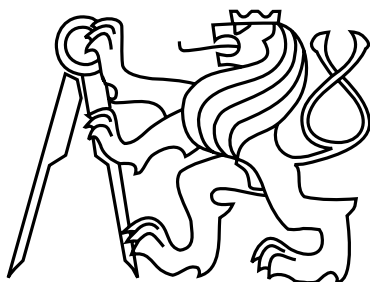


České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
Katedra počítačů



Diplomová práce
Model siete ZigBee

Bc. Bernard Halás

Vedúci práce: doc. Ing. Jan Janeček, CSc

Študijný program: Elektrotechnika a informatika, strukturovaný,
Navazující magisterský

Obor: Výpočetní technika

27. dubna 2009

Pod'akovanie

Rád by som sa poďakoval pánu Janečkovi za konzultácie, pripomienky a návrhy, ktoré mi ochotne poskytol počas vypracovávania tejto práce. Takisto vďaka patrí aj mojej rodine za podporu počas celého obdobia môjho štúdia.

Prehlásenie

Prehlašujem, že som prácu vypracoval samostatne a použil som len podklady uvedené v priloženom zozname.

Nemám závažný dôvod proti užitiu tohto školského diela v zmysle §60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorskom, o právach súvisiacich s právom autorským a o zmene niektorých zákonů (autorský zákon).

V Prahe dňa 21. 5. 2009

.....

Abstract

Translation of Czech abstract into English.

Abstrakt

Abstrakt práce by měl velmi stručně vystihovat její podstatu. Tedy čím se práce zabývá a co je jejím výsledkem/přínosem.

Očekávají se cca 1 – 2 odstavce, maximálně půl stránky.

Obsah

1	Úvod	1
2	Špecifikácia požiadaviek na navrhovaný systém	3
2.1	Popis problému	3
2.2	Požiadavky na model	3
2.2.1	Vlastnosti sietí postavených na IEEE 802.15.4	4
2.2.1.1	Mobilita	4
2.2.1.2	Vlastnosti prenosového média	5
2.2.2	Modularita návrhu	5
3	Zigbee a IEEE 802.15.4	7
3.1	IEEE 802.15.4	7
3.1.1	Fyzická vrstva	7
4	Popis problému, specifikace cíle	9
5	Analýza a návrh řešení	11
6	Realizace	13
7	Testování	15
8	Závěr	17
	Literatura	19
A	Testování zaplnění stránky a odsazení odstavců	21
B	Pokyny a návody k formátování textu práce	23
B.1	Vkládání obrázků	23
B.2	Kreslení obrázků	24
B.3	Tabulky	24
B.4	Odkazy v textu	25
B.4.1	Odkazy na literaturu	25
B.4.2	Odkazy na obrázky, tabulky a kapitoly	27
B.5	Rovnice, centrovaná, číslovaná matematika	27

B.6	Kódy programu	28
B.7	Další poznámky	28
B.7.1	České uvozovky	28
B.7.2	Začátky kapitol na liché stránky	29
C	Zoznam použitých skratiek	31
D	UML diagramy	33
E	Instalační a uživatelská příručka	35
F	Obsah přiloženého CD	37

Seznam obrázků

B.1	Popiska obrázku	24
F.1	Seznam přiloženého CD — příklad	37

Seznam tabulek

B.1 Ukázka tabulky	25
------------------------------	----

Kapitola 1

Úvod

Od napísania mojej prvej práce zaoberajúcej sa simuláciami senzorových sietí [1] uplynuli približne tri roky. Technológia sa posunula o malý krok vpred a zariadenia pre komunikáciu v senzorových sieťach nenáročných na šírku datového prenosu sa stávajú cenovo dostupnejšie. Vynárajú sa otázky, či pri masívnejších nasadeniach sú tieto siete schopné vykonávať požadované úlohy pri zdieľaní prenosového média spolu s takisto čoraz rozšírenejšími technológiami bezdrôtových sietí ako Wi-FiTM, alebo BluetoothTM, s ktorými zdieľajú časti frekvenčného spektra pre svoju komunikáciu.

Na základe týchto skutočností sa ponúkalo zúročiť získané skúsenosti so simulačnými systémami a pripraviť aktuálnejší model siete ZigBee postavenej nad technológiou IEEE 802.15.4TM, ktorý by reflektoval zmeny štandardov z uplynulých mesiacov a rokov a ktorý by ponúkal bohatšie možnosti simulácii s výsledkami bližšími reálnemu svetu.

Kapitola 2

Špecifikácia požiadaviek na navrhovaný systém

2.1 Popis problému

Špecifikácia siete ZigBee [12] predstavuje uzavretý dokument popisujúci udalosti, procesy a obsah komunikácie medzi jednotlivými modulmi v rámci hierarchie definovanej takisto týmto dokumentom. Štandard ZigBee hovorí o vyšších sieťových vrstvách. Vynecháva fyzickú a linkovú vrstvu. V daných prípadoch sa spolieha na iný dokument, na špecifikáciu protokolu IEEE 802.15.4TM [3].

Informácie obsiahnuté v týchto dvoch dokumentoch je nutné premietnuť do vnútornej štruktúry modelov simulátora pre získanie čo najvernejších výsledkov. Od modelu sa takisto očakáva reflektovanie nárokov vkladanych do reálnych sietí, a to mobilita daných prvkov, ktorá nie je bezdrôtovým senzorových sietí cudzia a určite zakomponovanie javov sprevádzajúcich šírenie elektromagnetického signálu vzduchom. Z experimentálnej stránky veci nás zaujíma aj možnosť nasadenia technológie TCP/IP nad technológiami ZigBee/IEEE 802.15.4

2.2 Požiadavky na model

Požiadavky kladené na simulačný model by sa dali zhrnúť do nasledujúcich niekoľko bodov:

1. Obsiahnutie základných vlastností deklarovaných v štandardoch ZigBee a IEEE 802.15.4
2. Podpora mobility všetkých sieťových prvkov
3. Zahrnutie vplyvov prostredia (interferencia, šum, ...)
4. Modularita pre ľahké aktualizácie modelu v prípade vydania nových verzii štandardov
5. Výpočtová náročnosť vykonávaných simulácii v rozumných medziach

2.2.1 Vlastnosti sietí postavených na IEEE 802.15.4

Štandard uvedený technickej verejnosti v roku 2003 špecifikuje fyzickú a linkovú vrstvu Low-Rate WPAN (Wireless Personal Area Network) sietí. Charakteristické vlastnosti týchto sietí sú nízka spotreba, nízka datová priepustnosť, v prípade potreby garancia istého prenosového pásma a jednoduchosť jednotlivých procesov, z ktorej vyplývajú nevysoké požiadavky na riadiace procesory. Typická aktivita v čase zariadení tohoto typu je pod 0.1%. Elementy, ktoré sú pri takto nastavených požiadavkách na sieť potrebné pre jej efektívne fungovanie a bez ktorých sa náš simulačný model nezaobíjde sú nasledovné:

RFD/FFD prvky koncové prvky siete (označujeme ich ako RFD prvky) sú konštrukčne jednoduchšie prvky v stromovej topológii. V teórii grafov by sme ich vďaka polohe označili listami. Odpoveď na to, prečo potrebujeme zložité a jednoduché prvky je v tom, že v rámci stromovej hierarchie len tie zariadenia nachádzajúce sa vyššie majú svoju úlohu doplnenú o posielanie beacon rámcov, smerovanie paketov, prijímanie žiadostí o asociáciu siete a pod.

Beacon rámce sú rámce vysielané v pravidelných intervaloch prvkom typu FFD a majú za úlohu informovať o plánovaných datových prenosoch, topológii a o konfiguračných premenných danej siete. Tieto rámce sa objavujú pravidelne a vďaka tomu príjemca vie, kedy si môže dovoliť vypnúť prijímač mikrovlnného signálu s cieľom šetriť energiu a zároveň s istotou nepremeškania žiadneho beacon rámca.

CSMA-CA je metóda prístupu k zdieľanému médiu. V našom prípade je médiom vzduch a metóda nám pomáha vyvarovať sa kolízii rámcov pri ich vysielaní a prijímaní.

GTS mechanizmus je systém periodického rezervovania časových slotov pre posielanie rámcov medzi prvkami v stromovej topológii. Môže byť v prípade potreby zárukou získania určitej šírky prenosového pásma pre jednotlivé sieťové prvky, a teda umožňovať komunikáciu s nízkou latenciou.

O týchto vlastnostiach a o spôsobe ich prípadnej implementácie si povieme viac v neskorších kapitolách.

2.2.1.1 Mobilita

Na sieťové prvky bezdrôtových sietí je často kladený požiadavok mobility daného prvku v priestore, ktorý je v konečnom dôsledku premietaný do úprav pozície daného prvku v topológii siete. Pre simulátor teda vyplýva, že musí dynamicky v čase vedieť polohu prvku pre výpočet hodnôt fyzikálnych veličín charakterizujúcich prenos a následný príjem signálu.

Čo sa týka daného modelu, ten by mal mať schopnosť reagovať v prípade, že komunikačné cesty po zmene polohy už nie sú schopné dostatočne kvalitne prenášať rámce. Toto je vlastnosť prvkov, na ktorú sa v špecifikácii [3] myslí, a teda vo finálnom modeli by mala byť zahrnutá.

2.2.1.2 Vlastnosti prenosového média

Siete, ktoré su predmetom nášho záujmu, pristupujú k zdieľanému médiu - vzduchu. Tým, že médium je spoločné pre všetky prvky siete, stav, v ktorom sa nachádza, má rôznou mierou vplyv na všetky prijímače elektromagnetického signálu. Mnohé simulátory sa zameriavajú práve na verné spracovanie tejto skutočnosti. Ich metódy napríklad pre výpočet prijímaného výkonu, alebo odstup signálu od šumu (SNR) sú výborne spracované a budú pre náš simulátor užitočné.

2.2.2 Modularita návrhu

Podobne ako v predchádzajúcej práci [1] sa nám overil diferencovaný prístup k jednotlivým vrstvám odvodený od OSI-ISO modelu, bude snaha o postavenie sieťových prvkov z viacerých častí, ktoré budú medzi sebou ideálne komunikovať len predávaním správ.

Tento pohľad na komplexnú štruktúru sieťových prvkov nám zaručí jednoduchosť prípadných neskorších zásahov napríklad z dôvodu zmeny v smerovacích mechanizmoch. V danom prípade bude nutné iba vykonať zmeny v module, ktorý zabezpečuje smerovanie paketov.

Kapitola 3

Zigbee a IEEE 802.15.4

S nástupom zariadení pre bezdrôtovú komunikáciu určených pre použitie v lokálnych (LAN - Local Area Network), alebo osobných (PAN - Personal Area Network) sieťach sa začala vynárať možnosť využiť bezdrôtovú technológiu aj pre inteligentné systémy, ktoré nevyžadujú vysoké prenosové rýchlosti. To bol popud pre vznik štandardu pre bezdrôtovú komunikáciu v LAN a PAN sieťach charakteristickú nízkymi prenosovými rýchlosťami, malými nárokmi na konfiguráciu a aj samotnú prevádzku.

3.1 IEEE 802.15.4

Tento štandard definujúci fyzickú (PHY) a linkovú (MAC) vrstvu bol prvý krát predstavený v roku 2003 [2]. Od toho momentu je ďalej vyvíjaný dvoma smermi. Jeden bol predstavený v roku 2006 pod označením IEEE 802.15.4b [3], formálne aj označovaný ako IEEE 802.15.4b-2006 vďaka roku svojho publikovania. Rozšíril možnosti modulácie signálu, a teda aj zvýšil maximálne prenosové rýchlosti vo frekvenčných pásmach 868/915 MHz. Umožnenie viacerých druhov modulácie v týchto prenosových pásmach umožnilo zjednodušenie samotných zariadení, pretože na komunikáciu v 868/915 MHz a 2.4 GHz už stačil iba jeden modulačný čip. Druhú vetvu vývoja predstavoval štandard označovaný ako IEEE 802.15.4a prípadne formálne IEEE 802.15.4a-2007, ktorý operuje v pásme Ultra-Wideband (UWB). Týmto sa však nebudeme v tejto práci zaoberať. Všetky nasledovné informácie sa budú viazať k verzii IEEE 802.15.4b-2006, ak nebude uvedené inak.

Všeobecne, IEEE 802.15.4 predstavuje základ pre tzv. LR-WPAN (Low-Rate Wireless PAN) siete. Naň sa spoliehajú technológie ako WirelessHART, MiWi, alebo aj ZigBee.

3.1.1 Fyzická vrstva

Ako už bolo spomenuté, jedná sa o technológiu pracujúcu so vzduchom ako zdieľaným médium. Frekvenčné pásma, v ktorých zariadenia operujú, sú uvedené v tabuľke

PHY (MHz)	Frekvencia (MHz)	Modulácia	Bitrate	Symbol rate	Symboly
868/915	868–868.6	BPSK	20	40	Binárne
	902–928	BPSK	40	40	Binárne
868/915	868–868.6	ASK	250	12.5	20-bitové PSSS
	902–928	ASK	250	50	5-bitové PSSS
868/915	868–868.6	O-QPSK	100	25	16-kové ortogonáln.
	902–928	O-QPSK	250	62.5	16-kové ortogonáln.
2450	2400–2483.5	O-QPSK	250	62.5	16-kové ortogonáln.

Pre komunikáciu je vyhradených 27 kanálov, ktoré sú združené do troch tzv. stránok kanálov. Takýto spôsob členenia je z historických dôvodov a z dôvodov spätnej kompatibility so zariadeniami fungujúcimi na IEEE 802.15.4-2003.

Kapitola 4

Popis problému, specifikace cíle

- Popis řešeného problému, vymezení cílů DP/BP a požadavků na implementovaný systém.
- Popis struktury DP/BP ve vztahu k vytyčeným cílům.
- Rešeršní zpracování existujících implementací, pokud jsou známy.

Kapitola 5

Analýza a návrh řešení

Analýza a návrh implementace (včetně diskuse různých alternativ a volby implementačního prostředí).

Kapitola 6

Realizace

Popis implementace / realizace se zaměřením na nestandardní části řešení.

Kapitola 7

Testování

- Způsob, průběh a výsledky testování.
- Srovnání s existujícími řešeními, pokud jsou známy.

Kapitola 8

Závěr

- Zhodnocení splnění cílů DP/BP a vlastního přínosu práce (při formulaci je třeba vzít v potaz zadání práce).
- Diskuse dalšího možného pokračování práce.

Literatura

- [1] B. Halás. Návrh simulácie bezdrôtovej siete ZigBee 802.15.4 pomocou simulačného systému OMNeT++. Master's thesis, 2003. In Slovak.
- [2] IEEE Computer Society. Wireless medium access control and physical layer specifications for low-rate wireless personal area networks, Oct 2003.
- [3] IEEE Computer Society. Wireless medium access control and physical layer specifications for low-rate wireless personal area networks, Sep 2006.
- [4] M. Haindl, Š. Kment, P. Slavík. Virtual Information Systems. In *WSCG'2000 — Short communication papers*, pages 22–27. University of West Bohemia, Pilsen, 2000.
- [5] P. Slavík. Grammars and Rewriting Systems as Models for Graphical User Interfaces. *Cognitive Systems*, 4-3(4):381–399, 1997.
- [6] CSTUG — $\mathcal{C}\mathcal{S}\mathcal{T}\mathcal{E}\mathcal{X}$ Users Group — hlavní stránka.
<http://www.cstug.cz/>.
- [7] K336 Info — pokyny pro psaní diplomových prací.
<https://info336.felk.cvut.cz/clanek.php?id=400>.
- [8] Knihovna Grafické skupiny.
<http://www.cgg.cvut.cz/Bib/library/>.
- [9] Grafický vektorový editor pro práce vhodný pro práci $\mathcal{L}\mathcal{A}\mathcal{T}\mathcal{E}\mathcal{X}$ em.
<http://tclab.kaist.ac.kr/ipe/>.
- [10] $\mathcal{L}\mathcal{A}\mathcal{T}\mathcal{E}\mathcal{X}$ — online manuál.
<http://www.cstug.cz/latex/lm/frames.html>.
- [11] Wiki books $\mathcal{L}\mathcal{A}\mathcal{T}\mathcal{E}\mathcal{X}$.
<http://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX/>.
- [12] ZigBee Alliance, Inc. Zigbee specification, Jan 2008.
- [13] J. Žára, B. Beneš, and P. Felkel. *Moderní počítačová grafika*. Computer Press s.r.o, Brno, 1st edition, 1998. In Czech.

Dodatek A

Testování zaplnění stránky a odsazení odstavců

Tato příloha samozřejmě nebude součástí vaší práce. Slouží pouze jako příklad formátování textu.

Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili? Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili? Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili?

Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili? Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili? Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili?

Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili? Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili? Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili?

Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili? Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili? Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili? Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili? Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili?

ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili? Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili?

Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili? Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili?

Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili? Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili? Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili? Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili? Určitě existuje nějaká pěkná latinská věta, která se k tomuhle testování používá, ale co mají dělat ti, kteří se nikdy latinsky neučili?

Dodatek B

Pokyny a návody k formátování textu práce

Tato příloha samozřejmě nebude součástí vaší práce. Slouží pouze jako příklad formátování textu.

Používat se dají všechny příkazy systému \LaTeX . Existuje velké množství volně přístupné dokumentace, tutoriálů, příruček a dalších materiálů v elektronické podobě. Výchozím bodem, kromě Googlu, může být stránka CSTUG (Czech Tech Users Group) [6]. Tam najdete odkazy na další materiály. Většinou dostačující a přehledně organizovanou elektronikou dokumentaci najdete například na [10] nebo [11].

Existují i různé nadstavby nad systémy \TeX a \LaTeX , které výrazně usnadní psaní textu zejména začátečníkům. Velmi rozšířený v Linuxovém prostředí je systém Kile.

B.1 Vkládání obrázků

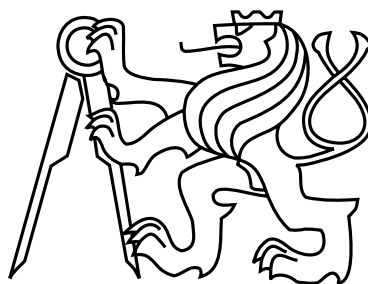
Obrázky se umísťují do plovoucího prostředí `figure`. Každý obrázek by měl obsahovat **název** (`\caption`) a **návěští** (`\label`). Použití příkazu pro vložení obrázku `\includegraphics` je podmíněno aktivací (načtením) balíku `graphicx` příkazem `\usepackage{graphicx}`.

Budete-li zdrojový text zpracovávat pomocí programu `pdflatex`, očekávají se obrázky s příponou `*.pdf`¹, použijete-li k formátování `latex`, očekávají se obrázky s příponou `*.eps`.²

Příklad vložení obrázku:

¹`pdflatex` umí také formáty PNG a JPG.

²Vzájemnou konverzi mezi snad všemi typy obrázku včetně změn velikostí a dalších vymožeností vám může zajistit balík ImageMagick (<http://www.imagemagick.org/script/index.php>). Je dostupný pod Linuxem, Mac OS i MS Windows. Důležité jsou zejména příkazy `convert` a `identify`.



Obrázek B.1: Popiska obrázku

```
\begin{figure}[h]
\begin{center}
\includegraphics[width=5cm]{figures/LogoCVUT}
\caption{Popiska obrázku}
\label{fig:logo}
\end{center}
\end{figure}
```

B.2 Kreslení obrázků

Zřejmě každý z vás má nějaký oblíbený nástroj pro tvorbu obrázků. Jde jen o to, abyste dokázali obrázek uložit v požadovaném formátu nebo jej do něj konvertovat (viz předchozí kapitola). Je zřejmě vhodné kreslit obrázky vektorově. Celkem oblíbený, na ovládání celkem jednoduchý a přitom dostatečně mocný je například program Inkscape.

Zde stojí za to upozornit na kreslicí programe Ipe [9], který dokáže do obrázku vkládat komentáře přímo v latexovském formátu (vzroce, stejné fonty atd.). Podobné věci umí na Linuxové platformě nástroj Xfig.

Za pozornost ještě stojí schopnost editoru Ipe importovat obrázek (jpg nebo bitmap) a krelit do něj latexovské popisky a komentáře. Výsledek pak umí exportovat přímo do pdf.

B.3 Tabulky

Existuje více způsobů, jak sázet tabulky. Například je možno použít prostředí `table`, které je velmi podobné prostředí `figure`.

Zdrojový text tabulky B.1 vypadá takto:

```
\begin{table}
\begin{center}
\begin{tabular}{|c|l|l|l|}
```

DTD	construction	elimination
	in1 A B a:sum A B in1 A B b:sum A B	case([_:A]a)([_:B]a)ab:A case([_:A]b)([_:B]b)ba:B
+	do_reg:A -> reg A	undo_reg:reg A -> A
*,?	the same like and + with empty_el:empty	the same like and + with empty_el:empty
R(a,b)	make_R:A->B->R	a: R -> A b: R -> B

Tabulka B.1: Ukázka tabulky

```

\hline
\textbf{DTD} & \textbf{construction} & \textbf{elimination} \\
\hline
$ \mid $ & \verb+in1|A|B a:sum A B+ & \verb+case([_:A]a)([_:B]a)ab:A+\\
& \verb+in1|A|B b:sum A B+ & \verb+case([_:A]b)([_:B]b)ba:B+\\
\hline
$+$ & \verb+do_reg:A -> reg A+ & \verb+undo_reg:reg A -> A+\\
\hline
$*,?$ & the same like $ \mid $ and $+$ & the same like $ \mid $ and $+$\\
& with \verb+empty_el:empty+ & with \verb+empty_el:empty+\\
\hline
R(a,b) & \verb+make_R:A->B->R+ & \verb+a: R -> A+\\
& & \verb+b: R -> B+\\
\hline
\end{tabular}
\end{center}
\caption{Ukázka tabulky}
\label{tab:tab1}
\end{table}
\begin{table}

```

B.4 Odkazy v textu

B.4.1 Odkazy na literaturu

Jsou realizovány příkazem `\cite{odkaz}`.

Seznam literatury je dobré zapsat do samostatného souboru a ten pak zpracovat programem bibtex (viz soubor `reference.bib`). Zdrojový soubor pro bibtex vypadá například takto:

```
@Article{Chen01,
```

```

author = {Yong-Sheng Chen and Yi-Ping Hung and Chiou-Shann Fuh},
title  = {Fast Block Matching Algorithm Based on the Winner-Update
          Strategy},
journal = {IEEE Transactions On Image Processing},
pages   = {1212--1222},
volume  = 10,
number  = 8,
year    = 2001,
}

@Misc{latexdocweb,
author = {},
title  = {{\LaTeX} --- online manuál},
note   = {\verb|http://www.cstug.cz/latex/lm/frames.html|},
year   = {},
}
....

```

Pozor: Budete-li používat české prostředí (`\usepackage[czech]{babel}`), potom `bibtex` automaticky vysází s velké pouze počáteční písmeno z názvu zdroje, ostatní písmena zůstanou malá bez ohledu na to, jak je napíšete. Pokud to chcete jinak (viz `title = {{\LaTeX} - online manuál}`), v předchozím příkladu), je nutné text uzavřít do dvojitých složených závorek.

Odkazy na literaturu ve zdrojovém textu se pak zapisují:

```

Podívejte se na \cite{Chen01},
další detaily najdete na \cite{latexdocweb}

```

Vazbu mezi soubory `*.tex` a `*.bib` zajistíte příkazem `\bibliography{}` v souboru `*.tex`. V našem případě tedy zdrojový dokument `thesis.tex` obsahuje příkaz `\bibliography{reference}`.

Zpracování zdrojového textu s odkazy se provede postupným voláním programů `pdflatex <soubor>` (případně `latex <soubor>`), `bibtex <soubor>` a opět `pdflatex <soubor>`.³

Níže uvedený příklad je převzat z dříve existujících pokynů studentům, kteří dělají svou diplomovou nebo bakalářskou práci v Grafické skupině.⁴ Zde se praví:

³První volání `pdflatex` vytvoří soubor s koncovkou `*.aux`, který je vstupem pro program `bibtex`, pak je potřeba znovu zavolat program `pdflatex` (`latex`), který tentokrát zpracuje soubory s příponami `.aux` a `.tex`. Informaci o případných nevyřešených odkazech (cross-reference) vidíte přímo při zpracovávání zdrojového souboru příkazem `pdflatex`. Program `pdflatex` (`latex`) lze volat vícekrát, pokud stále vidíte nevyřešené závislosti.

⁴Několikrát jsem byl upozorněn, že web s těmito pokyny byl zrušen, proto jej zde přímo necituji. Nicméně příklad sám o sobě dokumentuje obecně přijímaný koncesus ohledně citací v bakalářských a diplomových pracích na KP.

...

j) Seznam literatury a dalších použitých pramenů, odkazy na WWW stránky, ...
Pozor na to, že na veškeré uvedené prameny se musíte v textu práce odkazovat -- [1].

Pramen, na který neodkazujete, vypadá, že jste ho vlastně nepotřebovali a je uveden jen do počtu. Příklad citace knihy [1], článku v časopise [2], stati ve sborníku [3] a html odkazu [4]:

[1] J. Žára, B. Beneš;, and P. Felkel.

Moderní počítačová grafika. Computer Press s.r.o, Brno, 1 edition, 1998.
(in Czech).

[2] P. Slavík. Grammars and Rewriting Systems as Models for Graphical User Interfaces. Cognitive Systems, 4(4--3):381--399, 1997.

[3] M. Haindl, Š. Kment, and P. Slavík. Virtual Information Systems.
In WSCG'2000 -- Short communication papers, pages 22--27, Pilsen, 2000.
University of West Bohemia.

[4] Knihovna grafické skupiny katedry počítačů:
<http://www.cgg.cvut.cz/Bib/library/>

... abychom výše citované odkazy skutečně našli v (automaticky generovaném) seznamu literatury tohoto textu, musíme je nyní alespoň jednou citovat: Kniha [13], článek v časopisu [5], příspěvek na konferenci [4], [www odkaz](#) [8].

B.4.2 Odkazy na obrázky, tabulky a kapitoly

- Označení místa v textu, na které chcete později čtenáře práce odkázat, se provede příkazem `\label{navesti}`. Lze použít v prostředích `figure` a `table`, ale též za názvem kapitoly nebo podkapitoly.
- Na návěští se odkážeme příkazem `\ref{navesti}` nebo `\pageref{navesti}`.

B.5 Rovnice, centrováná, číslovaná matematika

Jednoduchý matematický výraz zapsaný přímo do textu se vysází pomocí prostředí `math`, resp. zkrácený zápis pomocí uzavření textu rovnice mezi znaky `$`.

Kód `$ S = \pi * r^2 $` bude vysázen takto: $S = \pi * r^2$.

Pokud chcete nečíslované rovnice, ale umístěné centrovane na samostatné řádce, pak lze použít prostředí `displaymath`, resp. zkrácený zápis pomocí uzavření textu rovnice mezi znaky `$$`. Zdrojový kód: `$$$ S = \pi * r^2 $$$` bude pak vysázen takto:

$$S = \pi * r^2$$

Chcete-li mít rovnice číslované, je třeba použít prostředí `eqation`. Kód:

```
\begin{equation}
  S = \pi * r^2
\end{equation}
```

```
\begin{equation}
  V = \pi * r^3
\end{equation}
```

je potom vysázen takto:

$$S = \pi * r^2 \quad (\text{B.1})$$

$$V = \pi * r^3 \quad (\text{B.2})$$

B.6 Kódy programu

Chceme-li vysázet například část zdrojového kódu programu (bez formátování), hodí se prostředí verbatim:

```
(* nickname2 *)
Lego> Refine in1
      (do_reg (nickname1 h));
Refine by in1 (do_reg (nickname1 h))
  ?4 : pcddata
  ?5 : pcddata
      (* surname2 *)
Lego> Refine surname1 h;
Refine by surname1 h
  ?5 : pcddata
      (* email2 *)
Lego> Refine undo_reg (email1 h);
Refine by undo_reg (email1 h)
*** QED ***
```

B.7 Další poznámky

B.7.1 České uvozovky

V souboru `k336_thesis_macros.tex` je příkaz `\uv{}` pro sázení českých uvozovek. „Text uzavřený do českých uvozovek.“

B.7.2 Začátky kapitol na liché stránky

Ve výsledném textu je dobré, když každá kapitola začíná na liché stránce. Tedy použijte:

```
\cleardoublepage\include{1_uvod}  
\cleardoublepage\include{2_teorie}  
atd.\ldots{}
```


Dodatek C

Zoznam použitých skratiek

APP Application

CSMA-CA Carrier Sense Multiple Access - Collision Avoidance

FFD Full Functionality Device

GTS Guaranteed Time Slot

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers

ISM Industrial Scientific and Medical

LR-WPAN Low-Rate Wireless Personal Area Network

MAC Medium Access Control

MHz Megahertz

NET Network

PHY Physical

RFD Reduced Functionality Device

UWB Ultra-Wideband

⋮

Dodatek D

UML diagramy

Tato příloha není povinná a zřejmě se neobjeví v každé práci. Máte-li ale větší množství podobných diagramů popisujících systém, není nutné všechny umísťovat do hlavního textu, zvláště pokud by to snižovalo jeho čitelnost.

Dodatek E

Instalační a uživatelská příručka

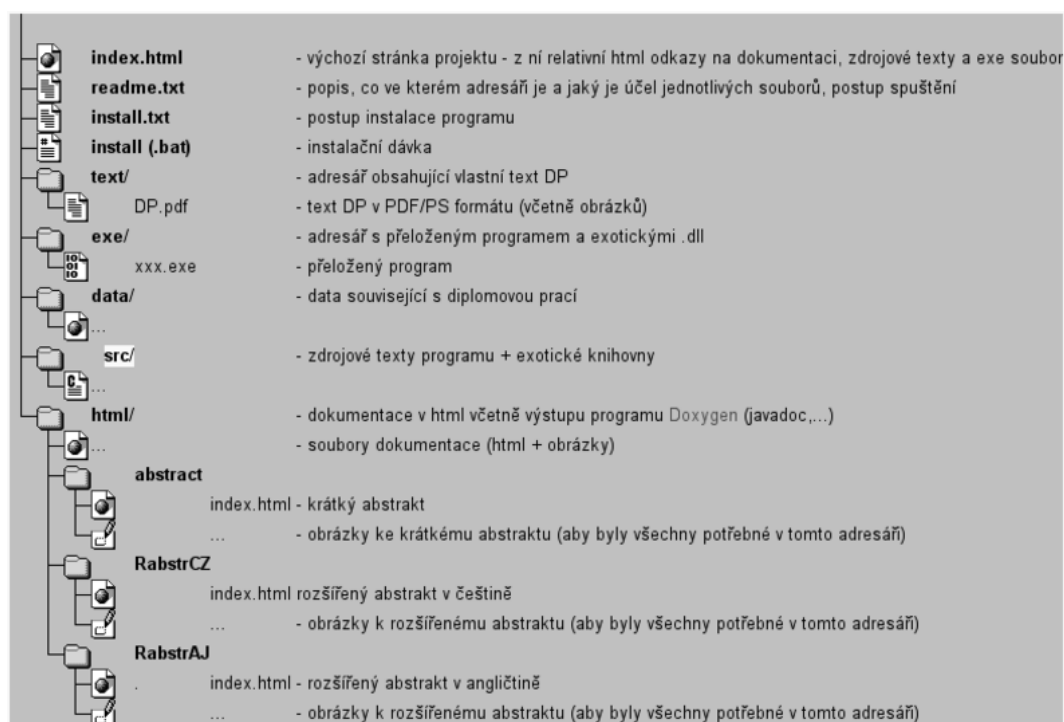
Tato příloha velmi žádoucí zejména u softwarových implementačních prací.

Dodatek F

Obsah příloženého CD

Tato příloha je povinná pro každou práci. Každá práce musí totiž obsahovat příložené CD. Viz dále.

Může vypadat například takto. Váš seznam samozřejmě bude odpovídat typu vaší práce. (viz [7]):



Obrázek F.1: Seznam příloženého CD — příklad

Na GNU/Linuxu si strukturu příloženého CD můžete snadno vyrobit příkazem:
`$ tree . >tree.txt`
Ve vzniklém souboru pak stačí pouze doplnit komentáře.

Z **README.TXT** (případně index.html apod.) musí být rovněž zřejmé, jak programy instalovat, spouštět a jaké požadavky mají tyto programy na hardware.

Adresář **text** musí obsahovat soubor s vlastním textem práce v PDF nebo PS formátu, který bude později použit pro prezentaci diplomové práce na WWW.