

# APLIKÁCIE MATLAB WEB SERVERA VO VYUČOVACOM PROCESE

P. Holečko, M. Franeková

Katedra riadiacích a informačných systémov, Elektrotechnická fakulta, Žilinská univerzita v Žiline,  
Univerzitná 1, 010 26 Žilina, Slovenská republika

## Abstrakt

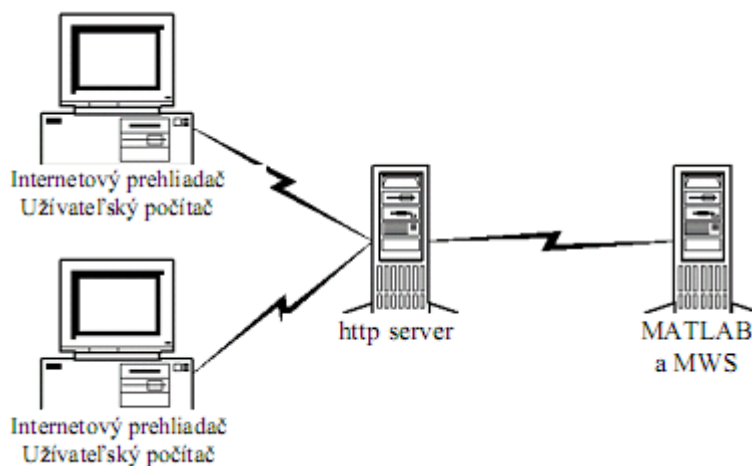
Príspevok je zameraný na problematiku výberu bezpečnostného kódu pre komunikačný protokol v rámci bezpečnostne relevantných aplikácií (napr. železničné riadiace systémy) a vlastnosti digitálnych modulačných a demodulačných techník. Nosné časti sú venované modelovaniu detekčných vlastností CRC-r kódu pre rôzne dĺžky telegramov, generovanú chybovú štruktúru v komunikačnom kanáli a určenie zvyškovej chybovosti zvoleného bezpečnostného kódu pomocou nástroja MATLAB a knižnice Communications Blockset a modelovaniu digitálnych modulácií, šírenia rádiových vln a techniky frekvenčného skákania.

## 1 Úvod

Väčšina vysokých škôl a vzdelávacích inštitúcií v súčasnosti využíva možnosti internetu a má pre svojich poslucháčov vytvorený systém elektronického vzdelávania (*e-learning*). Žilinská univerzita používa programový balík *Moodle*, ktorý je implementovaný v on-line systéme *Vzdelávanie Moodle*. *Moodle* je určený na podporu prezenčnej i dištančnej formy vyučovania pomocou kurzov dostupných prostredníctvom internetu. Umožňuje jednoduchú publikáciu študijných materiálov, tvorbu diskusných fór, zber a hodnotenie elektronicky odovzdávaných úloh, tvorbu on-line testov a množstvo iných činností spojených s vyučovacím procesom. [1].

Príspevok mapuje skúsenosti pri používaní nástroja MATLAB Web Server (MWS), ktorý umožňuje prácu so SW produktom MATLAB a jeho toolboxami prostredníctvom internetového prehliadača [2]. Tento nástroj sa používa ako podporná forma e-learningového vzdelávania v rámci laboratórnych cvičení na Katedre riadiacích a informačných systémov (KRIS) Elektrotechnickej fakulty (EF) Žilinskej univerzity v Žiline.

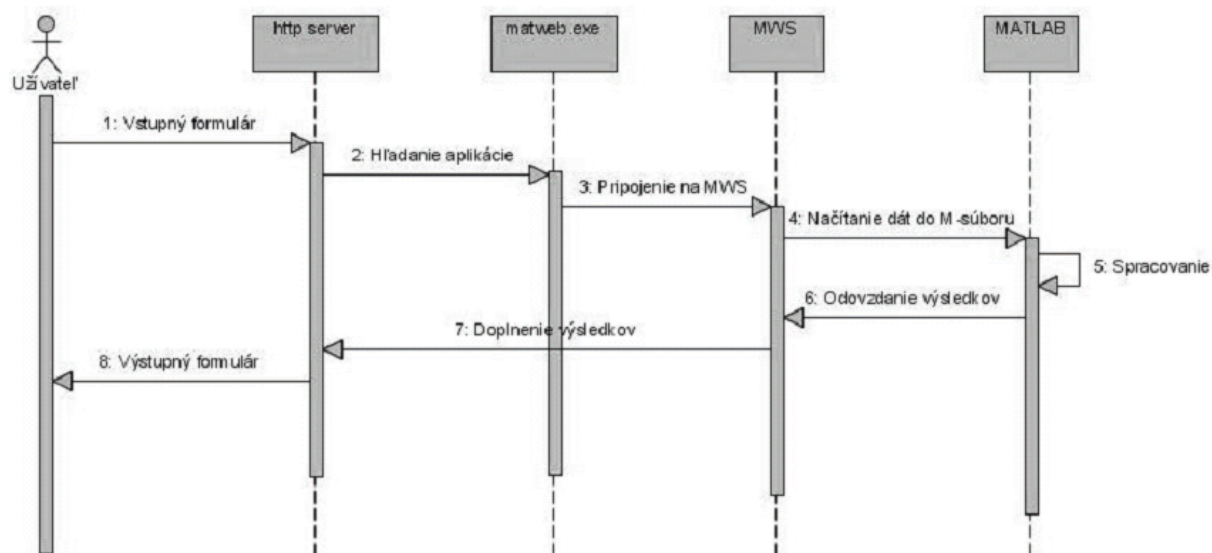
Pre prevádzkovanie MWS servera je potrebný počítač, na ktorom je nainštalovaný MATLAB a MWS. Pre zabezpečenie internetového rozhrania je potrebný HTTP web server podporujúci CGI (*Common Gateway Interface*). MATLAB Web Server a HTTP server môžu byť prevádzkované na tom istom počítači alebo môžu pracovať aj na samostatných serveroch (Obr. 1).



Obr. 1: MWS a HTTP server na oddelených serveroch

Riešenie s jedným PC je využívané najmä v malých skupinách, kde server používa nízky počet používateľov súčasne (do 10 používateľov). V tomto prípade postačuje klasické PC s výkonnejšou hardvérovou konfiguráciou. Oddelenie serverov pre MWS a HTTP server je využívané vtedy, ak sa k MWS pristupuje prostredníctvom už vytvoreného centrálného web servera alebo sú MATLAB spolu s MWS prevádzkované na špeciálnych vysokovýkonných serveroch, ktoré sú schopné obslúžiť veľké množstvo používateľov súčasne, prípadne realizovať veľmi náročné výpočty. Komunikácia medzi klientmi a serverom prebieha pomocou protokolu TCP/IP. Požiadavky na prenosovú rýchlosť sú minimálne, pretože sa prenášajú malé súbory (HTML stránky, prevažne textového charakteru a obrázky v nízkom rozlíšení). Pre komfortnú prácu postačujú bežne dostupné prenosové rýchlosti internetových pripojení.

Výhodou tohto riešenia je, že na strane klientov nie je potrebný žiaden špecializovaný softvér. Podľa charakteru kódu vstupných a výstupných webových stránok (použitý len HTML kód alebo aj skriptovacie jazyky PHP, Java a pod.) je potrebná príslušná verzia webového prehliadača, ktorá podporuje prezentáciu daného jazyka. Môže byť použitý ľubovoľný operačný systém. Servery najčastejšie pracujú so sieťovými verziami operačných systémov, ktoré sú postavené na báze Windows alebo UNIX / LINUX. Podľa zvoleného typu operačného systému je potrebná kompatibilná verzia MATLABu ktorý je doplnený o MATLAB Web Server. HTTP server musí byť tvorený aplikáciou podporujúcou CGI a v prípade použitia pokročilejších možností (využité jazykov ako sú PHP, Java, ASP a ďalších), musí server podporovať aj spracovanie príkazov v týchto jazykoch. Je možné použiť komerčné verzie systémov, napríklad od firiem Microsoft či Sun alebo využiť možnosti bezplatných, voľne šíriteľných serverov (napríklad Apache), prípadne svoje stránky upraviť tak, aby spoľahlivo pracovali na už vybudovaných serveroch.



Obr. 2: Sekvenčný diagram prenosu dát od používateľa, ich spracovanie a zobrazenie výsledkov

Nosná časť príspevku je venovaná dvom internetovým aplikáciám, vytvorených na podporu výučby predmetov Bezpečné komunikácie a Bezdrôtové komunikácie s podporou MATLAB, Communications Toolbox a Communications Blockset. V aplikáciách sú vytvorené tréningové príklady na modelovanie vlastností komunikačných kanálov, detekčných a korekčných vlastností kanálových kódov (blokových a konvolučných), vlastností digitálnych modulačných a demodulačných techník, simulácií šírenia vln prostredím a systému frekvenčného skákania (*frequency hopping*).

Internetové aplikácie plánujeme v budúcnosti rozširovať aj do iných oblastí, napr. pripravujeme aplikáciu pre predmet Biomedicínske informačné systémy [3].

## 2 Aplikácia MWS do oblasti zabezpečeného kódovania

Communications Toolbox je knižnica pre programové prostredie MATLAB, ktorá umožňuje analyzovať a navrhovať systémy pre prenos dát cez komunikačné kanály. Obsahuje nástroje umožňujúce simuláciu prenosového reťazca od vytvorenia dát, ich kompresiu, ochranu proti chybám v prenosovom kanály a umožňuje modelovať rôzne typy prenosových kanálov [4].

Pre vytváranie modelov si používateľ môže vybrať jednu z dvoch možností. Môže použiť zápis úloh v tvare špeciálneho textového súboru (*m-súbor*) s príponou *m*. V tomto prostredí sú jednotlivé bloky a funkcie reprezentované názvom, za ktorým nasledujú definície ich parametrov, ktoré sú umiestnené v okrúhlych zátvorkách. Takýto systém má podobnú syntax ako bežne používané programovacie jazyky (napríklad C, C++, JAVA), ktorá je však zjednodušená. Obdobne sa aj jednotlivé príkazy vykonávajú zhora nadol, ako sú postupne uvedené v *m* súbore.

Druhým spôsobom je vytváranie modelov v prostredí *Simulink*. Tu používateľ namiesto textu používa grafickú interpretáciu príslušných funkcií vo forme blokov. Poradie vykonávania jednotlivých blokov je reprezentovaný spojovacími čiarami. Všetky parametre je možné meniť prostredníctvom kontextového menu, ktoré sa zobrazí po dvojkliknutí na príslušný blok. Tento spôsob je vzhľadom na prehľadnosť ako aj možnosť jednoduchšej zmeny parametrov výhodnejší. V prípade potreby je však možné oba spôsoby zápisu kombinovať.

Z pohľadu komunikačného systému na úrovni dvojbodového spoja (end – to – end) má dôležitú funkciu dvojica kanálový kódér/dekodér, ktorých funkciou je eliminovať chybu v prenosovom reťazci spôsobenú vplyvom elektromagnetickej interferencie EMI (*Electromagnetic Interference*). Pre študenta elektrotechnického zamerania je potrebné poznať vlastnosti kanálových kódov, ktoré zúročí aj v predmetoch vyšších ročníkov so systémovým zameraním. K tomu má napomôcť tréningový modul na báze MWS servera, ktorý podporuje e-learningový spôsob výučby s možnosťou vzdialeného prístupu k aplikácii.

MATLAB Web Server je spoločne s http serverom umiestnený na vyhradenom počítači v laboratóriu AB317 na KRIS. Ide o klasickú pracovnú stanicu s operačným systémom Windows XP. Z tohto dôvodu je použitá aplikačná serverová platforma s názvom WAMP (Windows, Apache, MySQL, PHP) verzie 2.0. Verzia použitého MATLABu je 7.2.0.232 (R2006a) s Communications Toolboxom verzie 3.3 a s MWS verzie 1.2.4.

### 2.1 Vlastností kanálových kódov

Kanálové kódy umožňujú detegovať a prípadne aj korigovať chyby, ktoré vznikajú pri prenose správ cez reálne komunikačné kanály. Na dosiahnutie tejto vlastnosti je potrebné informačné symboly doplniť o prídavné (redundantné) symboly, ktoré dekodér využíva na detekciu chýb, prípadne aj ich korekciu, ktoré vzniknú počas prenosu. V súčasnosti teória kanálových kódov patrí medzi prudko sa vyvíjajúcu samostatnú vednú disciplínu. Podrobnejšie o existujúcich technikách kanálových kódov možno nájsť v odborných prameňoch, napr. [5], [6].

Pri použití kanálových kódov, ktoré len detegujú vznik chyby pri prenose, sa pri výskyte chyby musí prijaté kódové slovo opakovane preniesť – ide o systémy s potvrdzovaním prenosu - ARQ (*Automatic Repeat reQuest*). Ak využívame korekčné kanálové kódy, ktoré sú schopné chyby nielen detegovať, ale ja korigovať (opraviť), nie je potrebné potvrdzovať správnosť prijatých slov, avšak musíme použiť systém s doprednou korekciou chyby - FEC (*Forward Error Correction*).

V súčasnej dobe existujú dve významné skupiny kanálových kódov: blokové ( $n, k$ ) kódy a konvolučné ( $n, k, m$ ) kódy. U blokových kódov sa zobrazenie informačných symbolov  $k$  do symbolov kódového slova  $n$  odohráva len v rámci jedného bloku bez nutnosti interakcie s inými blokmi. Praktický význam majú hlavne systematické kódy, ktoré pridávajú k informačnej časti pozostávajúcej z  $k$  symbolov,  $r$  redundantných symbolov, čím vznikne kódové slovo dĺžky  $n = k + r$  a preto sa im hovorí aj ( $n, k$ ) kódy. Vyznačujú sa tým, že kódér a dekodér je zariadenie bez pamäte, t. j. k výpočtu nového kódového slova nie je potrebné si pamätať informačné symboly z predchádzajúceho kódového slova (kódové slová kódu sú na sebe nezávislé). Dekódovanie u blokových kódov využíva matematické vlastnosti lineárnej algebry a Galoisových konečných polí a používa hlavne syndrómovú techniku dekodovania. Algoritmy sú viac vhodné pre HW realizáciu, z dôvodu rýchlosti dekodovania, aj keď v súčasnosti existujú aj rýchle SW realizácie.

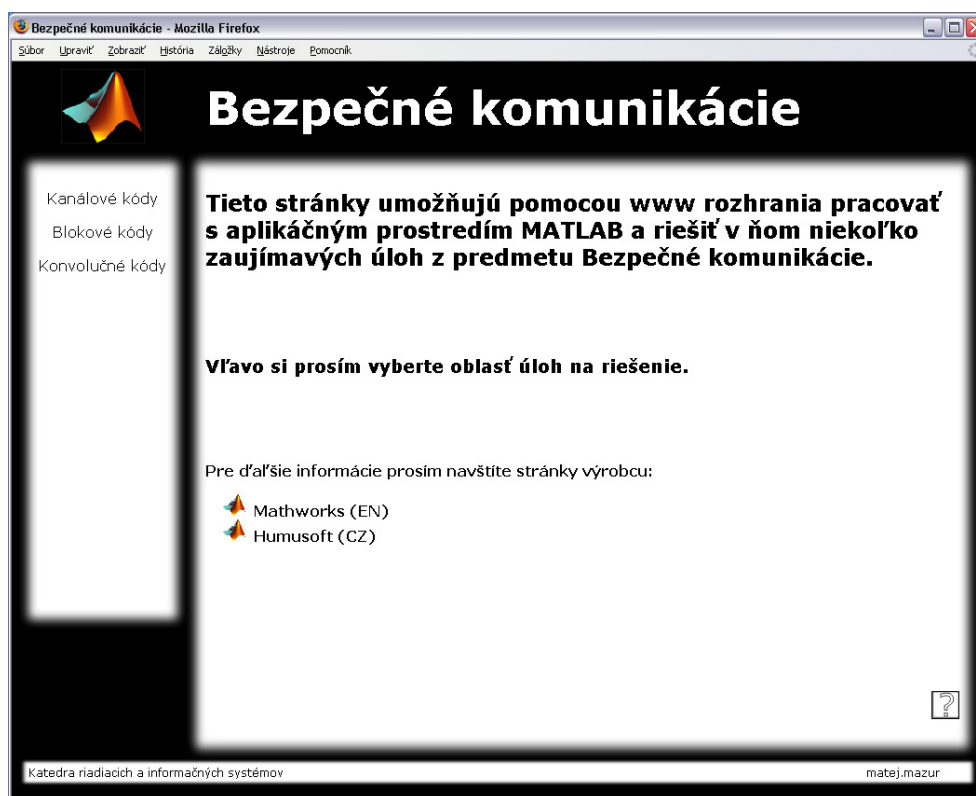
U konvolučných kódov, na rozdiel od blokových, je tvorba kódových slov na sebe závislá a preto sa im hovorí aj kódy s pamäťou. Mechanizmus výpočtu redundancie je založený na priebežnom pamätaní si určitého počtu informačných symbolov. V anglickej literatúre [5] sa tento parameter označuje *constraint length*, čo možno preložiť ako ohraničená dĺžka alebo veľkosť pamäte  $m$ , preto ich označujeme  $(n, k, m)$  kódy. Dekódovanie konvolučných kódov je vo väčšine aplikácií založené na princípe maximálneho pravdepodobnostného dekodovania [5].

## 2.2 Opis aplikácie

Aplikácia je zostavená z webových stránok, v ktorých okrem štandardných HTML funkcií sú použité aj príkazy jazyka PHP. Toto riešenie je dôvodu potreby zisťovania IP adresy servera, nakoľko pri generovaní výstupných stránok sa mení cesta, z ktorej sa načítavajú výstupné stránky, a preto v nich nie je možné použiť relatívne odkazovanie. Všetky vytvorené stránky majú príponu *\*.php*. Na ich prevádzkovanie je potrebný webový server s podporou tohto jazyka. Aplikácia pracuje s balíkom programov WAMP. Kostra stránok je definovaná prostredníctvom *<div>* značiek, ktorých formát a parametre sú definované v externom súbore s príponou *css* (*cascade style sheet*). V slovenčine sa tento spôsob označuje ako formátovanie pomocou kaskádnych štýlov [7], [8]. Všetky stránky majú jednotnú formu, kde v ľavej hornej časti je navigačné menu, pomocou ktorého sa používateľ pohybuje po jednotlivých podstránkach. Podstatný obsah je zobrazovaný v hlavnom okne, nad ktorým je uvedený názov riešenej úlohy.

## 2.3 Opis štruktúry stránok

Obsah stránok je možné rozdeliť na tri skupiny. V prvej je stránka opisujúca všeobecne kanálové kódy. Druhá skupina stránok sa venuje skupinám kanálových kódov: blokovým a konvolučným kódom (Obr. 3). V skupine stránok, ktoré sa venujú blokovým kódom je možné vybrať si z nasledujúcich úloh (Obr. 4): cyklické kódy, Hammingove kódy, paritné kódy a modely komunikačného kanála typu BSC 1 a BSC 2.



Obr. 3: Úvodná stránka

Bezpečné komunikácie - Mozilla Firefox

Šuťbor Upraviť Zobrazíť História Záložky Nástroje Pomocník

# Blokové kódy

Kanálové kódy  
Blokové kódy  
Cyklické  
Hammingove  
Paritné  
BSC 1  
BSC 2  
Konvolučné kódy

Blokové systematické kódy pridávajú k informačnej časti, ktorá pozostáva z  $k$  bitov,  $r$  redundantných bitov. Vznikne kódové slovo ktorého dĺžka  $n$  sa rovná súčtu  $k$  a  $r$ . Takéto kódy sa označujú aj ako  $(n,k)$  kódy. Blokový kodér a dekodér nemajú pamäť, pretože k výpočtu nového kódového slova nie sú potrebné bity z predošlého slova.

Základným bodom konštrukcie blokových kódov je ich minimálna Hammingova vzdialenosť  $d_{\min}$  a dĺžka kódového slova  $n$ . Pri blokových systematických  $(n,k)$  kódach je horná hranica dosiahnuteľnej minimálnej vzdialenosti  $d_{\min}$  pri danej dĺžke kódového slova  $n$  a počte zdrojových symbolov  $k$  daná pre párne  $d_{\min}$ :

$$2^k \sum_{i=0}^{(d_{\min}-1)/2} \binom{n}{i} \leq 2^n$$

pre nepárne  $d_{\min}$ :

$$2^k \sum_{i=0}^{(d_{\min}-2)/2} \binom{n-1}{i} \leq 2^{n-1}$$

Kódy, pre ktoré platí vo vzťahu rovnosť, nazývame perfektné kódy. Detekčné a korekčné vlastnosti blokových  $(n,k)$  kódov sú dané vzťahmi:

$$d_{\min} \geq \alpha + 1$$

$$d_{\min} \geq 2\beta + 1$$

$$d_{\min} \geq \alpha + \beta + 1$$

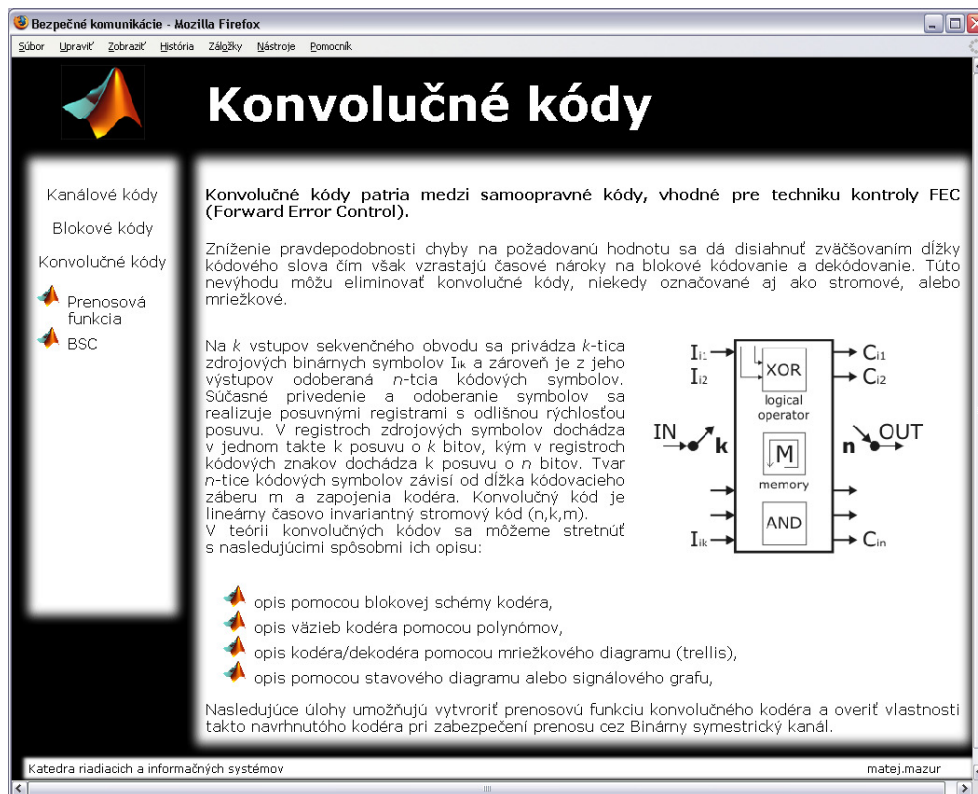
Kde  $\alpha$ , je počet detekovaných chýb a  $\beta$  je počet korigovaných chýb v kódovom slove.

Katedra riadiacich a informačných systémov matej.mazur

Obr. 4: Stránka venovaná problematike blokových kódov

Úloha *Cyklické* umožňuje študentom generovať cyklické generačné polynómy a overovať si ich vlastnosti. V časti zaoberajúcej sa Hammingovým kódom môžu študenti vytvoriť generačnú a kontrolnú maticu pre Hammingove kódy. Úlohy s názvom BSC 1 a BSC 2 realizujú úlohy zamerané na uplatnenie blokových kódov pri prenose binárnym symetrickým kanálom (BSC). V prvej úlohe je možné nastaviť štruktúru chýb pre všetky prenášané slová so 100% pravdepodobnosťou výskytu danej chybovej štruktúry. Je tu možné simulovať vznik jednoduchých a viacnásobných chýb, ako aj zhlukov chýb. Druhá úloha umožňuje zadávať s akou pravdepodobnosťou sa jednoduché chyby vyskytujú v prenášanom kóde.

V časti konvolučné kódy (Obr. 5). je možné vygenerovať prenosovú funkciu konvolučného kodéra a overiť si vlastnosti tohto kodéra pri prenose dát cez binárny symetrický kanál.



Obr. 5: Stránka venovaná problematike konvolučných kódov

Používateľovi aplikácia umožňuje prostredníctvom implementovaného formulára meniť hlavné parametre realizovanej simulácie. Z dôvodu náročnosti MATLABu na výpočtový výkon počítača je počet vygenerovaných zdrojových slov obmedzený, aby používateľ nemusel dlho čakať na vypočítané výsledky. Po potvrdení zadaných parametrov sa v MATLABe zrealizuje simulácia a po úspešnom ukončení sú jej výsledky prezentované v tabuľke. Po kliknutí na odkaz *zobraziť graf* sa otvorí nové okno s grafom, ktorý interpretuje časovú závislosť výskytu chybných bitov v prenášanom signáli.

### 3 Aplikácia MWS do oblasti rádiových komunikácií

V nasledujúcej časti bude charakterizovaná aplikácia určená pre podporu výučby predmetu Bezdrôtové komunikácie zameraného na oboznámenie sa so základmi šírenia elektromagnetického vlnenia, modulačných a demodulačných techník a všeobecne problematikou rádiových prenosov.

#### 3.1 Opis aplikácie

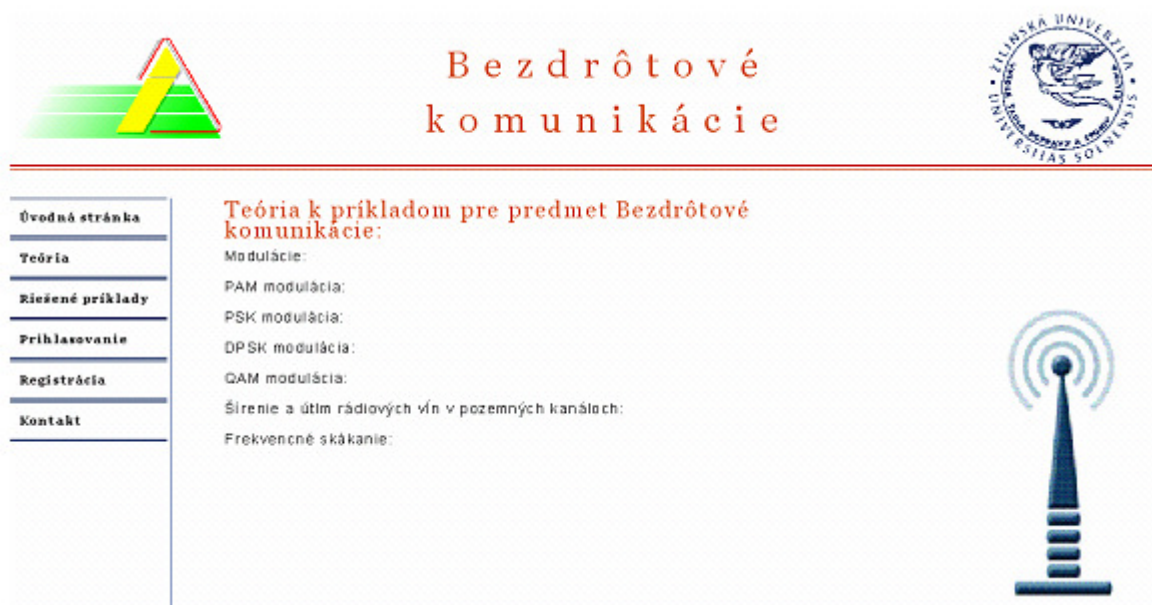
Aplikácia vytvorená pre potreby výučby predmetu Bezdrôtové komunikácie je založená na využití štandardného jazyka HTML v kombinácii so skriptovacím jazykom PHP, pričom správa a autentifikácia používateľov je realizovaná v spolupráci s databázou MySQL. Ako nosná platforma slúži balík aplikačných serverov WAMP. Podobne ako v predchádzajúcom prípade našla uplatnenie aj unifikácia prostredia použitím CSS. Z funkčného hľadiska aplikácia pracuje pomocou m-súborov využívajúcich podknižnice s nástrojmi na analýzu celého prenosového reťazca od generovania dát, ich kompresie, ochrany proti chybám pri prenose, modulácie až po modelovanie prenosového kanála s výskytom šumu. Obohatenie obsahu aplikácie predstavuje doplnenie o teoretický výklad k jednotlivým tematickým modulom.

#### 3.2 Opis štruktúry stránok

Používateľské prostredie aplikácie vychádza z jednotného menu umiestneného vľavo, ktoré prostredníctvom hypertextových odkazov poskytuje prístup k jednotlivým funkciám. Ako už bolo



uvedené, za účelom zvýšenia bezpečnosti a možnosti autentifikácie používateľov, je aplikácia doplnená o funkciu prihlasovania a overovania používateľov. Po úspešnom prihlásení resp. registrácii má používateľ možnosť výberu predovšetkým z dvoch hlavných častí: z teoretických okruhov (Obr. 6) a z riešených aplikačných príkladov (Obr. 7).



Obr. 6: Teoretické okruhy aplikácie



Obr. 7: Dostupné aplikačné projekty

Príklad *Modulácie všeobecne* (Obr. 8) demonštruje moduláciu a demoduláciu vstupného signálu do podoby vhodnej pre prenos rádiovým kanálom. Používateľ má možnosť výberu tvaru modulovanej binárnej postupnosti buď na základe náhodného výberu alebo ručným zadaním. K dispozícii je potom množina analógových (ASK, OOK) a digitálnych (BPSK, QPSK, 8PSK) modulácií. Výstupom príkladu je priebeh pôvodnej binárnej postupnosti a výstupný modulovaný signál.

Úvodná stránka
Teória
Riešené príklady
Prihlasovanie
Registrácia
Kontakt
Odhlásiť

### Modulácie všeobecne:

Tento príklad slúži ako ukážka modulácií a modulevania vstupného signálu do výstupnej podoby pripravenej pre prenos.

Zvoľte spôsob zadávania postupnosti:

Vlastné

- náhodne - automatické náhodné generovanie postupnosti
- vlastné - užívateľ sám určí tvar vstupného signálu pomocou zaškrtnávacích políčok:
  - prázdne políčko = 0
  - zaškrtnuté políčko = 1

Zvoľte bity ktoré majú byť jednotkové:


Zvoľte typ modulácie:

BPSK

Odoslať

V tejto časti sú na výber v ponuke modulácie z obidvoch typov ako analógových tak aj digitálnych.

- analógové:
  - ASK - amplitúdová modulácia kde jednotky a nuly sú odlišené rôznou amplitúdou modulovalného signálu.
  - OOK - pri tejto modulácii nie je znaku nula priradená žiadna amplitúda a znaku 1 je priradená amplitúda z hodnotou 1.
- digitálne ponúkajú len rôzne modifikácie PSK modulácie fázovým posuvom respektíve zdvihom ako:
  - BPSK - 2 stavová PSK
  - QPSK - 4 stavová PSK
  - 8PSK - 8 stavová PSK



Obr. 8: Vstupný formulár príkladu venovaného moduláciám všeobecne



## Bezdrôtové komunikácie



Úvodná stránka
Teória
Riešené príklady
Prihlasovanie
Registrácia
Kontakt
Odhlásiť

### QAM modulácia:

Modulačným signálom sa neovplyvňuje len amplitúda, ale aj fáza nosnej vlny. QAM modulácia predstavuje jednu z najstarších, ale stále veľmi dôležitých tried modulácií s premennou obálkou.

Počet stavov modulácie:

32

Počet slov prenášanej správy:

1000

Odstup signál/šum (dB):

30

Odoslať



Obr. 9: Vstupný formulár príkladu venovaného QAM modulácii

Príklad prezentujúci aplikáciu QAM modulácie (Obr. 9) poskytuje vo vstupnom formulári možnosť výberu počtu stavov modulácie, počet slov prenášanej postupnosti a voľbu odstup signál/šum. Po výpočte výstupný formulár znázorní zadané vstupné hodnoty, počet chýb, pravdepodobnosť chybného slova a konšteláčny diagram QAM modulácie.



Úvodná stránka	<h3>Hatov model:</h3> <p>Tento model skúma útlm rádiového signálu v závislosti od prostredia v ktorom je signál prenášaný, intenzity signálu, výšky vysielačej a prijímacej antény a vzájomnej vzdialenosti medzi vysielačom a prijímačom.</p> <p>Frekvencia vysielača 150-2000MHz:  <input type="text" value="900"/> MHz</p> <p>Výška antény základňovej stanice 30-200m:  <input type="text" value="100"/> m</p> <p>Výška antény mobilnej stanice 1-10m:  <input type="text" value="5"/> m</p> <p>Vzájomná vzdialenosť staníc 1-20km:  <input type="text" value="5"/> km</p> <p>Zvoľte prostredie pre prenos:</p> <p>Typy prostredí:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veľké mesto: prostredie s veľkým výskytom budov, výškových stavieb a veľkou hustotou osídlenia</li> <li>• Malé a stredné mesto: prostredie s malou a strednou hustotou osídlenia a nízkym výskytom výškových budov</li> <li>• Predmestie: stredná hustota osídlenia a šľadný výskyt výškových budov</li> <li>• Dedina: prostredie dedinského typu s rozptýleným osídlením cca do 5000 obyvateľov</li> <li>• Voľná príroda: prostredie s minimálnym výskytom stavieb</li> </ul> <p><input type="text" value="Veľke mesto"/> <input type="button" value="Odoslať"/></p>
Teória	
Riešené príklady	
Prihlasovanie	
Registrácia	
Kontakt	
Odhlásiť	



## Útlm v rádiových kanáloch

Frekvencia vysielača:	900 MHz
Výška antény základňovej stanice:	100 m
Výška antény mobilnej stanice:	5 m
Vzájomná vzdialenosť staníc:	5 km
Prostredie:	Veľke mesto
Útlm:	226.264 dB

Obr. 10: Príklad zameraný na šírenie a útlm rádiových vln so vstupným a výstupným formulárom

Príklad *Hatov model šírenia a prenosu vln v rádiových kanáloch* (Obr. 10) analyzuje útlm rádiového signálu v závislosti od prostredia (veľké mesto, malé a stredné mesto, predmestie, dedina a voľná príroda), intenzity signálu, výšky vysielačej a prijímacej antény a vzájomnej vzdialenosti medzi vysielačom a prijímačom. Výstupný formulár zobrazuje zadané vstupné údaje a vypočítaný útlm.

## Záver

Článok demonštruje možnosti aplikácie nástroja MATLAB Web Server za účelom vzdialeného prístupu k funkciám prostredia MATLAB a jeho toolboxov prostredníctvom webového prehliadača pre potreby podpory výučby založenej na e-learningu. Opísané aplikácie umožňujú štúdium tematických oblastí z oblasti kanálového kódovania a rádiového prenosu z hľadiska teoretického aparátu i vo forme prakticky realizovaných vopred zostavených výpočtov a simulácií. Získané poznatky a skúsenosti budú použité jednak pri rozšírení existujúcich aplikácií ako aj pri implementácii

analogických projektov v rámci vzdelávania v iných predmetoch vyučovaných na Katedre riadiacich a informačných systémov

Tento príspevok vznikol za podpory Kultúrnej a edukačnej grantovej agentúry v rámci projektu KEGA č. K-057-06-00 „Inovácia metodiky laboratórnej výučby na báze modelovania a simulácie v programovom prostredí Matlab v kombinácii s výukovými modelmi prostredníctvom e-learningu“ a čiastočne v rámci fakultnej úlohy č. 18/103140 „Informačné systémy a ich aplikácie v zdravotníctve“.

## Literatúra

- [1] [www.moodle.org](http://www.moodle.org)
- [2] MATLAB Web Server, The MathWorks, Inc., 1999.
- [3] FENG, D. D.: Biomedical Information Technology, Academic Press, 2007.
- [4] FRANEKOVÁ, M: Modelovanie komunikačných systémov v prostredí Matlab, Simulink a Communications Toolbox, EDIS Žilina, 2003.
- [5] CLARC, C. C. – CAIN, J. B.: Error – Correcting Codes for Digital Communications, Plenum Press New York, 1981.
- [6] FARKAŠ, P.: Kódovanie a modulácie, STU Bratislava, 1993.
- [7] [www.w3.org](http://www.w3.org)
- [8] [www.jakpsatweb.cz](http://www.jakpsatweb.cz)

---

Ing. Peter Holečko

Katedra riadiacich a informačných systémov, Elektrotechnická fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, Slovenská republika, e-mail: [peter.holecko@fel.uniza.sk](mailto:peter.holecko@fel.uniza.sk)

Doc. Ing. Mária Franeková, PhD.

Katedra riadiacich a informačných systémov, Elektrotechnická fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, Slovenská republika, e-mail: [maria.franekova@fel.uniza.sk](mailto:maria.franekova@fel.uniza.sk)