

COURSE DESCRIPTION

Field of study: Computer Science

Level: First cycle

Course name: Wireless Signal Processing in GNU Radio Environment

ECTS credits: 5

Instruction forms: lecture, laboratory

Instruction hours: 30, 30

Type, extent and method of teaching activities: 3 - 0 - 3 (lectures-exercises-labs) hours weekly, presence study.

Prerequisites: Basics of Signal Processing, Mathematical Analysis

Module/course unit objective: The main objective of the course is to introduce to wireless signal processing in GNU Radio environment

Student workload - forms of activity: individual work with computer in the GNU Radio environment.

Teaching methods / tools: Computer laboratory with Linux OS, installed GNU Radio environment and connection to the Internet.

Evaluation methods: evaluation is based on two components - the continuous evaluation during the semester and final exam. They are appreciated as follows.

Continuous examination:

- semester - 60 points: verification (written in the 9th week of the semester) - max. 40 points
- Special activities - min. 20 points
- Exam - 40 points: theoretical questions / tasks - min. 10 points

Final examination: Successful completion presume to obtain at least 61 points, including at least 10 points for theoretical problems. Evaluation of the subject:

- A 93 - 100,
- B 85 - 92,
- C 77 - 84,
- D 69 - 76,
- E 61 - 68,

To enroll for an exam the student must have at least 30.0 points.

Planned learning outcomes: After completing the course the student:

- has the ability to apply acquired knowledge to design basic radio communication systems,
- has the ability to use the GNU Radio environment.

Bibliography:

- R. Lyons, "Understanding Digital Signal Processing", ISBN 0201634678. 2nd ed, 2004.
- P. J. Nahin, "The Science of Radio", ISBN 1-56396-347-7, American Institute of Physics, 1996
- Lapidoth, "A Foundation in Digital Communication", 2nd ed, Cambridge University Press, 2009
- J. L. Volakis, "Antenna Engineering Handbook", 4th ed, McGraw-Hill, 2007
- G. Kalivas, "Digital Radio System Design", John Wiley & Sons, Ltd., 2009

Course content divided into various forms of instruction (with number of hours):

Week	Lecture (3h a week)	Laboratory (3h a week)
1	Introduction to wireless systems.	Introduction to The GNU Radio system. Data representations, signal operations, and analysis of radio signal sources. Basics of implementation of wireless transmission systems in the graphical environment.
2	Propagation of radio waves. Antenna techniques.	Signal representations in the time and frequency domain. Analysis of the properties of signals in the frequency domain. Implementation of solutions for generation and visualization of example signals.
3	Analog-digital and digital-analog conversion mechanisms.	Implementation of continuous amplitude and angle modulation systems. Assessment of modulated signal bandwidth and analysis of modulated signals in the frequency domain depending on the modulation index.
4	Representation of radio signals in the frequency domain.	The process of modulation and demodulation of amplitude, frequency and phase shift keying systems. Analysis of signals obtained in the process of modulation and demodulation.
5	Properties of wireless channels.	An analysis of the distortions in the transmission channel on the data transmission efficiency using shift-keying techniques.
6	Principles of the modulation process.	Quadrature modulator. Principle of digital modulation using constellation diagrams. Implementation of QPSK and QAM-16 modulations and experimental analysis.
7	Digital modulations.	Development of GMSK modulation system and comparison with selected modulations in the frequency domain.
8	Spread spectrum systems (DSSS, FHSS, THSS).	Design and implementation of spread spectrum systems using the FHSS method. The realisation of pseudo-random sequences generators using LFSR registers.
9	Software defined radio (SDR).	Simulation of an example radio transmission system with selected modulation schemes. Comparative analysis of the chosen digital modulation group.
10	Physical layers of selected wireless systems.	Radio communication system implementation in the Python language using GNU Radio library.

Tydzień	Wykład (3 godziny w tygodniu)	Laboratoria (3 godziny w tygodniu)
1	Wprowadzenie do systemów bezprzewodowych.	Wprowadzenie do systemu GNU Radio. Podstawowe reprezentacje danych, operacje na sygnałach oraz analiza źródeł sygnałów radiowych. Zapoznanie się z mechanizmami budowy układów w środowisku graficznym.
2	Propagacja fal radiowych i techniki antenowe.	Reprezentacje sygnałów w dziedzinie czasu oraz częstotliwości. Analiza właściwości sygnałów w dziedzinie częstotliwości. Realizacja rozwiązań służących do generacji i wizualizacji przykładowych sygnałów.
3	Konwersja analogowo-cyfrowa i cyfrowo-analogowa.	Realizacja systemów modulacji ciągłych amplitudy i kąta. Ocena szerokości pasma sygnałów zmodulowanych oraz analiza sygnałów zmodulowanych w dziedzinie częstotliwości w zależności od współczynnika głębokości modulacji.
4	Reprezentacja sygnałów radiowych w dziedzinie częstotliwości.	Proces modulacji i demodulacji systemów kluczowania amplitudy, częstotliwości i fazy. Analiza sygnałów uzyskanych w procesie modulacji i demodulacji.
5	Właściwości bezprzewodowych kanałów transmisyjnych.	Badania wpływu zniekształceń w kanale transmisyjnym na skuteczność przesyłania danych z wykorzystaniem mechanizmów kluczowania.
6	Zasady procesu modulacji.	Modulator kwadraturowy. Zasada modulacji cyfrowych z wykorzystaniem konstelacji kodowych. Realizacja modulacji QPSK oraz QAM-16 oraz badania eksperymentalne.
7	Modulacje cyfrowe.	Opracowanie systemu modulacji GMSK oraz porównanie z wybranymi modulacjami w dziedzinie częstotliwości.
8	Systemy rozpraszania widma (DSSS, FHSS, THSS).	Projekt i realizacja systemu rozpraszania widma metodą FHSS. Budowa generatorów ciągów pseudolosowych z wykorzystaniem rejestrów LFSR.
9	Radio programowalne (SDR).	Symulacja przykładowego toru radiowego z wybranymi schematami modulacji. Analiza porównawcza wybranej grupy modulacji cyfrowej.
10	Warstwy fizyczne wybranych systemów transmisji bezprzewodowej.	Realizacja systemu transmisyjnego z wykorzystaniem interfejsu GNU Radio w języku Python.

Obsah předmětu: Český jazyk

Týden	Přednáška (3 hodiny týdně)	Laboratoře (3 hodiny týdně)
1	Úvod do bezdrátových systémů.	Úvod do rádiového systému GNU. Repräsentace základních dat, operace signálu a analýza zdrojů rádiového signálu. Seznámení s mechanismy budování systémů v grafickém prostředí.
2	Šíření rádiových vln. Anténní techniky.	Repräsentace signálu v časové a frekvenční doméně. Analýza vlastností signálu ve frekvenční doméně. Implementace řešení pro generování a vizualizaci vzorových signálů.
3	Analogově-digitální a digitálně-analogové mechanismy převodu.	Implementace systémů spojitě amplitudové a úhlové modulace. Vyhodnocení šířky pásma modulovaných signálů a analýza modulovaných signálů ve frekvenční doméně v závislosti na faktoru hloubky modulace.
4	Repräsentace rádiových signálů ve frekvenční oblasti.	Proces modulace a demodulace systémů amplitudových, frekvenčních a fázových klíčů. Analýza signálů získaných v procesu modulace a demodulace.
5	Vlastnosti bezdrátových kanálů.	Výzkum dopadu zkreslení v přenosovém kanálu na účinnost přenosu dat s využitím klíčovacích mechanismů.
6	Principy modulačního procesu.	Kvadraturní modulátor. Princip digitální modulace s využitím kódových konstelací. Implementace modulace QPSK a QAM-16 a experimentální výzkum.
7	Digitální modulace.	Vývoj modulačního systému GMSK a srovnání s vybranými modulacemi ve frekvenční doméně.
8	Systémy rozprostřeného spektra (DSSS, FHSS, THSS).	Návrh a implementace systému šíření spektra metodou FHSS. Konstrukce generátorů pseudonáhodných sekvencí s využitím registrů LFSR.
9	Softwarově definované rádio (SDR)	Simulace příkladné rádiové cesty s vybranými modulačními schématy. Srovnávací analýza vybrané skupiny digitální modulace.
10	Fyzické vrstvy vybraných bezdrátových systémů.	Implementace přenosového systému pomocí rádiového rozhraní GNU v Pythonu.

Sylabus predmetu

Obor štúdia: Informatika

Stupeň: prvý – bakalárske štúdium

Názov predmetu: Bezdrôtové spracovanie signálov v prostredí GNU Radio

ECTS kredity: 5

Forma výuky: prednášky, laboratórne cvičenia

Hodinová výmera: 30, 30

Druh, rozsah a metóda vzdelávacích aktivít: 3 – 0 – 3 (prednáška-cvičenie-laboratórne cvičenie) hodiny týždenne, denné štúdium.

Prerekvizity: základy spracovania signálov, matematická analýza

Cieľ modulu/predmetu: Hlavným cieľom predmetu je uvedenie študentov do problematiky bezdrôtového spracovania signálov v prostredí GNU Radio.

Obsah kurzu rozdelený do rôznych foriem výučby (s počtom hodín):

Týždeň	Prednáška (2 h týždenne)	Laboratórne cvičenia (2 h týždenne)
1	ÚVOD DO BEZDRÔTOVÝCH SYSTÉMOV	<ul style="list-style-type: none">• Úvod do rádiového systému GNU.• Reprézntácie dát, operácie so signálmi a analýza zdrojov rádiového signálu.• Oboznámenie sa s mechanizmami budovania systémov v grafickom prostredí.
2	ŠÍRENIE RÁDIOVÝCH VLN. ANTÉNNE TECHNIKY.	<ul style="list-style-type: none">• Reprézntácie signálov v časovej a frekvenčnej doméne.• Analýza vlastností signálu vo frekvenčnej oblasti.• Implementácia riešení na generovanie a vizualizáciu vzorových signálov.
3	REPRÉZNTÁCIA RÁDIOVÝCH SIGNÁLOV VO FREKVENČNEJ OBLASTI	<ul style="list-style-type: none">• Proces modulácie a demodulácie systémov amplitúdového, frekvenčného a fázového klúčovania.• Analýza signálov získaných v procese modulácie a demodulácie.
4	ANALÓGOVO-DIGITÁLNE A DIGITÁLNO-ANALÓGOVÉ MECHANIZMY KONVERZIE SIGNÁLOV	<ul style="list-style-type: none">• Implementácia systémov kontinuálnej amplitúdovej a frekvenčnej modulácie• Vyhodnotenie šírky pásma modulovaných signálov a analýza modulovaných signálov vo frekvenčnej oblasti v závislosti od faktora hĺbky modulácie.
5	VLASTNOSTI BEZDRÔTOVÝCH KANÁLOV	<ul style="list-style-type: none">• Výskum vplyvu deformácií v prenosovom kanáli na efektívnosť prenosu údajov s využitím mechanizmov klúčovania.
6	PRINCÍPY MODULAČNÉHO PROCESU	<ul style="list-style-type: none">• Kvadraturný moduláto• Princíp digitálnej modulácie s využitím kódových konštelácií.• Implementácia modulácie QPSK a QAM-16 a experimentálny výskum.

7	DIGITÁLNE MODULÁCIE	<ul style="list-style-type: none"> • Vývoj modulačného systému GMSK a porovnanie s vybranými moduláciami vo frekvenčnej oblasti
8	SYSTÉMY ROZPRESTRETÉHO SPEKTRA (DSSS, FHSS, THSS)	<ul style="list-style-type: none"> • Návrh a implementácia systému šírenia spektra pomocou metódy FHSS • Konštrukcia generátorov pseudonáhodných sekvencií s využitím registrov LFSR.
9	SOFTVÉRO VO DEFINOVANÉ RÁDIO (SDR)	<ul style="list-style-type: none"> • Simulácia vzorovej rádiovkej cesty s vybranými modulačnými schémami • Komparatívna analýza vybranej skupiny digitálnej modulácie
10	FYZICKÉ VRSTVY VYBRANÝCH BEZDRÔTOVÝCH SYSTÉMOV.	<ul style="list-style-type: none"> • Implementácia prenosového systému pomocou rádiového rozhrania GNU v jazyku Python

Pracovná náplň študentov – formy činnosti: Individuálna práca na počítači v prostredí GNU Radio, riešenie problémov zo štatistiky a programovanie v R, práca s reálnymi dátami.

Vyučovacie metódy a nástroje: Počítačové laboratórium s OS Linux, nainštalované prostredie GNU Radio a pripojenie na internet.

Metódy hodnotenia: hodnotenie je založené na dvoch zložkách - priebežnom hodnotení počas semestra a záverečnej skúške. Hodnotí sa nasledovne.:

Priebežné hodnotenie:

- v priebehu semestra je možné získať celkovo 60 bodov:
 - písomný test (v 9.týždni semestra); max. 40 bodov
 - aktivita na vyučovaní – max. 20 bodov

Na prihlásenie na skúšku musí študent získať najmenej 30 bodov.

Záverečná skúška:

teoretické otázky a úlohy; max. 40 bodov, min. 10 bodov

Celkové hodnotenie: Úspešné absolvovanie predpokladá získať najmenej 61 bodov, a zároveň aspoň 10 bodov zo záverečnej skúšky.

Známka	Body
A	93–100
B	85–92
C	77–84
D	69–76
E	61–68

Plánované výsledky vzdelávania:: Po absolvovaní predmetu študent:

- vie aplikovať získané poznatky na dizajnovanie základných rádiových komunikačných systémov,
- dokáže používať prostredie GNU Radio.

Literatúra:

- LYONS, R. (2004) *Understanding Digital Signal Processing*. second edition, ISBN 0201634678
- NAHIN, P.J. (1996) *The Science of Radio*. American Institute of Physics. ISBN 1-56396-347-7.
- LAPIDOTH, L. (2009) *A Foundation in Digital Communication*, 2second edition, Cambridge University Press.
- VOLAKIS, J.L. (2007) *Antenna Engineering Handbook*, 4th edition, McGraw-Hill.
- KALIVAS, G. (2006) *Digital Radio System Design*. John Wiley & Sons, Ltd..