



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Radiowe systemy i sieci programowalne

### Przedmiot

Kierunek studiów

Teleinformatyka

Studia w zakresie (specjalność)

Poziom studiów  
drugi

Forma studiów  
stacjonarne

Rok/semestr

1/2

Profil studiów  
ogólnoakademicki

Język oferowanego przedmiotu  
polski

Wymagalność  
obowiązkowy

### Liczba godzin

Wykład

15

Laboratoria

30

Inne (np. online)

Ćwiczenia

0

Projekty/seminaria

0/0

### Liczba punktów ECTS

3

### Wykładowcy

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

dr hab. inż. Adrian Kliks, prof. PP  
Wydział Informatyki i Telekomunikacji, Instytut  
Radiokomunikacji, email:  
adrian.kliks@put.poznan.pl, tel. +48 61 665 3813

### Wymagania wstępne

Student:



- ma wiedzę w zakresie budowy i architektury programowalnych układów cyfrowych oraz w zakresie możliwości ich praktycznego wykorzystania
- ma zaawansowaną wiedzę z zakresu współczesnych bezprzewodowych systemów dostępowych i technik w nich stosowanych
- potrafi swobodnie porozumiewać się w języku angielskim, także stosując słownictwo fachowe, potrafi ze zrozumieniem korzystać z literatury fachowej w języku angielskim
- potrafi wybrać właściwe metody numeryczne oraz metody symulacji dla rozwiązywania typowych zadań związanych z analizą, projektowaniem i optymalizacją systemów teleinformatycznych
- w ograniczonym zakresie potrafi działać jako lider grupy współpracowników, potrafi kierować niewielkim zespołem

### Cel przedmiotu

Poznanie zasady działania oraz podstawowych problemów systemów radia programowalnego, sieci radiowych zdefiniowanych programowo oraz metod dynamicznego zarządzania i sterowania nimi, implementacja układu radia programowalnego.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

#### Wiedza

##### Student:

- ma zaawansowaną wiedzę w zakresie budowy i architektury programowalnych układów radiowych oraz możliwości ich praktycznego wykorzystania
- ma zaawansowaną wiedzę z zakresu sieci radiowych zdefiniowanych programowo i ich optymalizacji.
- ma poszerzoną wiedzę na temat zoptymalizowanych pod kątem efektywności energetycznej i widmowej sieci bezprzewodowych

#### Umiejętności

##### Student:

- potrafi wykonać oprogramowanie systemu radiowego zdefiniowanego programowo
- potrafi zaprojektować sieć teleinformatyczną zdefiniowaną programowo z dostępem radiowym
- umie oszacować efektywność energetyczną systemów i sieci radia programowalnego
- potrafi ocenić krytycznie własne rozwiązania systemów programowalnych

#### Kompetencje społeczne

##### Student:

- rozumie wpływ pracy własnej na wyniki zespołu i konieczność podporządkowania się zasadom pracy w zespole w przypadku wieloosobowego tworzenia oprogramowania systemów
- ma świadomość roli społecznej projektanta urządzeń mających wpływ na zużycie energii przez te urządzenia i na środowisko naturalne

### Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:



Warunkiem zaliczenia treści wykładów jest pozytywna ocena z kolokwium - testu z pytaniami problemowymi i opisowymi. Warunkiem zaliczenia ćwiczeń laboratoryjnych jest rozwiązanie problemu projektowego dotyczącego radiowego systemu programowalnego oraz realizacja poszczególnych składowych zadań laboratoryjnych. Do końcowej oceny będzie brana pod uwagę również aktywność studentów na zajęciach zwłaszcza w kontekście promowania aktywnego udziału.

Przyjęto skalę ocen: bardzo dobry (A) - 5,0; dobry plus (B) - 4,5; dobry (C) - 4,0; dostateczny plus (D) - 3,5; dostateczny (E) - 3,0; niedostateczny (F) - 2,0

## Treści programowe

Treści poruszane na wykładzie:

1. Problem złego wykorzystywania statycznie przydzielonych zasobów częstotliwościowych w kontekście współczesnej i przyszłej komunikacji bezprzewodowej
2. Idea radia definiowanego programowo (Software Defined Radio - SDR)
3. Tradycyjna i idealna architektura sprzętowa transceivera SDR wraz z uwzględnieniem wymagań i ograniczeń wynikających z dostępnych obecnie rozwiązań sprzętowych i programowych
4. Zarządzanie oprogramowaniem na platformie SDR
5. Idea radia kognitywnego (Cognitive Radio, CR), cechy CR
6. Zagadnienia detekcji i dynamicznego wykorzystania wolnych zasobów radiowych
7. Zagadnienie współdzielenia widma częstotliwościowego
8. Rozwój technologii CR (platformy sprzętowe, programistyczne, standardy, wdrożenia)
9. Rozwój CR w kierunku wykorzystania informacji kontekstowej oraz sztucznej inteligencji
10. Sieci zdefiniowane programowo (Software Defined Networks – SDN), wirtualizacja funkcji sieci
11. Zarządzanie i sterowanie siecią SDN
12. Rozwój technologii radia i sieci programowalnych w kierunku efektywności energetycznej

Laboratorium:

1. Poznanie architektury sprzętowa transceivera SDR
2. Programowanie układów SDR w ramach wybranej platformy programowej i sprzętowej - realizacja kilku przykładowych aplikacji
3. Implementacja chmurowa systemu zarządzania zasobami i/lub radia kognitywnego

Wykład:

1. Problem złego wykorzystywania statycznie przydzielonych zasobów częstotliwościowych w kontekście współczesnej i przyszłej komunikacji bezprzewodowej
2. Idea radia definiowanego programowo (Software Defined Radio - SDR), w szczególności definicje, potrzeba stosowania technologii SDR, pożądane cechy urządzeń nadawczo-odbiorczych, główne cele techniczne
3. Tradycyjna i idealna architektura sprzętowa transceivera SDR wraz z uwzględnieniem wymagań i ograniczeń wynikających z dostępnych obecnie rozwiązań sprzętowych i programowych. W szczególności uwzględnienie wymagań i rozwiązań dla stopnia częstotliwości radiowej (RF) oraz anten w układach nadawczo-odbiorczych, problemu konwersji analogowo-cyfrowej oraz cyfrowej realizacji



modulacji częstotliwości pośredniej (IF) w SDR, przedstawienie podstawowych komponentów sprzętowych cyfrowego przetwarzania sygnałów (hardware)

3. Zarządzanie oprogramowaniem na platformie SDR, w szczególności opis idealnej architektury programowej, koncepcja kompatybilności wprzód, możliwość pobrania aktualizacji oprogramowania
4. Idea radia kognitywnego (Cognitive Radio, CR), cechy CR uwzględniając wymogi i oczekiwania stawiane takim systemom oraz ograniczenia wynikające z dostępnych obecnie technologicznie rozwiązań
5. Zagadnienia detekcji i dynamicznego wykorzystania wolnych zasobów radiowych, w szczególności przedstawienie wybranych technik tzw. sensingu oraz metod RV
6. Zagadnienie współdzielenia widma częstotliwościowego, w tym koncepcje overlay, underlay oraz interweave
7. Rozwój technologii CR (platformy sprzętowe, programistyczne, standardy, wdrożenia), w szczególności przedstawienie działań realizowanych w ramach FCC, IEEE, ETSI, czy ECC, przedstawienie platform LSA oraz CBRS
8. Rozwój CR w kierunku wykorzystania informacji kontekstowej oraz sztucznej inteligencji, zwłaszcza z uwzględnieniem algorytmów inteligencji na krawędzi
12. Sieci zdefiniowane programowo (Software Defined Networks – SDN), wirtualizacja funkcji sieci
13. Wprowadzenie do zagadnień zarządzania i sterowanie siecią SDN
14. Rozwój technologii radia i sieci programowalnych w kierunku efektywności energetycznej

Laboratorium:

1. Architektura sprzętowa transceivera SDR
2. Programowanie układów SDR w ramach wybranej platformy programowej i sprzętowej (np. GNU Radio, USRB, BladeRF)
3. Implementacja chmurowa systemu zarządzania widmem i/lub radia kognitywnego

## Metody dydaktyczne

Wykład będzie prowadzony w postaci zarówno prelekcji, jak i w formie wykładów konwersatoryjnych z elementami dyskusji. Laboratoria zakładają pracę w grupach w celu realizacji wybranych zadań składowych, a także w miarę możliwości pozwalają na zdobycie doświadczenia w pracy w metodologii SCRUM (lub zbliżonej)

## Literatura

Podstawowa

1. H. Bogucka, Technologie radia kognitywnego, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2013
2. Paul Goransson, Chuck Black, Software Defined Networks: A Comprehensive Approach, Elsevier, Jun 5, 2014 - Computers.
3. Benzekki Kamal et al., "Software-defined networking (SDN): a survey.", Security and Communication Networks 9, no. 18 (2016): 5803-5833.
4. K. Cichoń, A. Kliks and H. Bogucka, "Energy-Efficient Cooperative Spectrum Sensing: A Survey," in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 18, no. 3, pp. 1861-1886, thirdquarter 2016. doi: 10.1109/COMST.2016.2553178



5. J. Perez-Romero *et al.*, "On the use of radio environment maps for interference management in heterogeneous networks," in *IEEE Communications Magazine*, vol. 53, no. 8, pp. 184-191, August 2015. doi: 10.1109/MCOM.2015.7180526

6. M. Wasilewska *et al.*, "Artificial Intelligence for Radio Communication Context-Awareness," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 144820-144856, 2021. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3119524

Uzupełniająca

O. Holland, H. Bogucka, A. Medeisis, (eds.) "Opportunistic Spectrum Sharing and White Space Access: The Practical Reality", John Wiley & Sons, April 2015, ISBN: 978-1-118-89374-6

**Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta**

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	86	3.0
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	45	2.0
Praca własna studenta (przygotowanie do zaliczenia, przygotowanie do laboratorium, studia literaturowe)	41	1.0