**Nazwa przedmiotu:**

Podstawy komutacji cyfrowej

**Koordynator przedmiotu:**

Krzysztof Brzeziński

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Telekomunikacja

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne - podstawowe

**Kod przedmiotu:**

PKC

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2018/2019

**Liczba punktów ECTS:**

5

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta:
125 h

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

2,5

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

1

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 30h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Od studentów oczekuje się podstawowej znajomości zagadnień obwodów elektrycznych, układów cyfrowych i zasad określania architektury funkcjonalnej systemów. Przedmiot podstawowy - brak wymagań szczególnych.

**Limit liczby studentów:**

60

**Cel przedmiotu:**

1. Ukształtowanie zrozumienia związków pomiędzy cechami usług telekomunikacyjnych a wariantowymi koncepcjami i środkami ich realizacji.
2. Zapoznanie studentów z kanonem koncepcji i technik stosowanych w tradycyjnych systemach telekomunikacyjnych z komutacją łączy: telefonicznych (PSTN) i zintegrowanych (ISDN).
3. Ukształtowanie podstawowych umiejętności rozpoznawania, jakościowego i ilościowego opisywania oraz powiązywania ze sobą zjawisk zachodzących w procesie realizacji usługi, zwłaszcza dotyczących sygnalizacji i komutacji.

**Treści kształcenia:**

Wykład:

‭(2h) ‬Wprowadzenie.‭ Pojęcie systemu, jego g‬ranica,‭ ‬cel‭ (‬misja‭) ‬i struktura wewnętrzna.‭ ‬System telekomunikacyjny "‬naiwny‭"‬,‭ ‬zcentralizowany,‭ ‬rozproszony. Dzielenie się wspólnymi zasobami. Struktura sieci:‭ ‬aparaty końcowe,‭ ‬węzły komutacyjne,‭ ‬łącza abonenckie i międzycentralowe.
(2h) Pojęcia:‭ ‬usługa‭ (‬jej przywołanie‭); ‬sesja usługowa‭ (‬jej ustanowienie‭)‬,‭ ‬połączenie‭ (‬jego zestawianie‭)‬.‭ ‬Klasy usług:‭ ‬interaktywne‭ (‬konwersacyjne,‭ ‬messaging,‭ ‬information retrieval‭) ‬i rozsiewcze.‭ ‬Usługi przenoszenia i teleusługi.‭ ‬Usługi podstawowe i dodatkowe.‭ ‬Usługa powszechna.‭ ‬Usługi a sposoby ich skutecznej realizacji.‭ ‬Pojęcie komutacji.‭ ‬Komutacja‭ ‬łączy-kanałów,‭ ‬pakietów,‭ ‬wiadomości.‭ ‬Koncepcje alternatywne:‭ ‬zestawianie połączeń w systemach ze wspólnym medium transmisyjnym.‭ ‬Techniki zwielokrotnienia.‭ ‬Technologie dostępu.
‭(3h) ‬Wewnętrzna struktura węzła komutacyjnego.‭ ‬Główny paradygmat działania sieci PSTN/ISDN:‭ ‬autonomia węzłów.‭ "‬Krok‭" ‬procesu‭ ‬łączeniowego.‭ ‬Scenariusz obsługi połączenia w sieci.‭ ‬Scenariusz obsługi zgłoszenia w węźle:‭ ‬wykrywanie zgłoszenia,‭ ‬preselekcja,‭ ‬zestawianie‭ ‬łącza,‭ ‬zaliczanie,‭ ‬rozłączanie.‭ ‬Funkcje elementarne systemu sterowania:‭ ‬przepatrywanie,‭ ‬realizacja procesu sekwencyjnego,‭ ‬odwołanie do bazy danych,‭ ‬wysterowanie sprzętu.‭
(2h) Koordynacja w systemie rozproszonym:‭ ‬sygnalizacja i jej protokoły.‭ ‬Problemy projektowania i implementowania protokołu sygnalizacyjnego:‭ ‬cykl‭ ‬życia,‭ ‬defekty konstrukcji protokołu, języki opisu (SDL, MSC), standaryzacja.
‭(2h) ‬Sygnalizacja abonencka analogowa w sieci telefonicznej PSTN.‭ ‬Postać sygnałów.‭ B‬udowa klasycznego aparatu telefonicznego.‭ Z‬espoły przyłączeniowe‭ (‬abonenckie zespoły liniowe‭)‬.
(2h) Transmisja sygnału rozmównego w sieci PSTN.‭ U‬kład rozgałęźny,‭ ‬transmisja dwutorowa,‭ ‬zjawiska sprzężeń i echa.‭ T‬ransmisja cyfrowa: abonenckie zespoły liniowe klasy BORSCHT,‭ p‬rzekształcenie PCM.‭
‭(2h) ‬Komutacja sygnału dyskretnego.‭ ‬Komutator czasowy‭ ‬-‭ ‬koncepcja,‭ ‬schemat ideowy,‭ ‬zastosowania.‭ ‬Potrzeba komutacji sygnałów w wielu strumieniach zwielokrotnionych‭ ‬-‭ ‬komutator przestrzenny.‭ S‬truktury złożonych pól komutacyjnych.‭ ‬Własności strukturalne pól wielosekcyjnych‭ ‬-‭ ‬twierdzenie Closa. Synchronizacja strumienia:‭ ‬mechanizm porządkujący‭ ‬-‭ ‬bufor elastyczny,‭ ‬zjawisko poślizgów.‭ ‬Synchronizacja sieci.‭
(2h) Podstawy teorii ruchu telekomunikacyjnego.‭ ‬Miary ruchu,‭ ‬wzory Erlanga, elementy projektowania sieci.
‭(4h) ‬Sieć ISDN.‭ ‬Geneza,‭ ‬charakterystyczne cechy,‭ ‬realizowane usługi przenoszenia i wspierane teleusługi.‭ ‬Sygnalizacja DSS1:‭ ‬koncepcja,‭ ‬realizacja fizyczna,‭ ‬protokoły warstwy‭ ‬1,‭ ‬2‭ ‬i‭ ‬3.‭ ‬Aparaty końcowe i urządzenia zakończeniowe o rozszerzonej funkcjonalności.
(4h) Sygnalizacja międzycentralowa.‭ S‬ystemy CAS i CCS. Zagadnienia współpracy‭ (‬interworking‭) ‬protokołów sygnalizacyjnych.‭ ‬Protokół sygnalizacji międzycentralowej ISUP:‭ ‬elementy syntaktyczne,‭ ‬standaryzowane procedury sygnalizacyjne a pragmatyka ich użycia.‭ ‬Struktura i pozostałe protokoły systemu sygnalizacji SS7.‭ ‬Zestawianie połączeń i realizacja usług dodatkowych z użyciem współpracujących protokołów ISUP i DSS1.‭
‭(1h) ‬Ewolucja i struktury alternatywne:‭ ‬koncepcja i zastosowania sieci inteligentnej,‭ ‬sieci hybrydowe.‭ N‬iezawodność:‭ ‬wymagania ‭i ‬mechanizmy.‭

Laboratorium:

Ćwiczenie‭ ‬1:‭ ‬Komutacja elektroniczna.

Praktyczna ilustracja działania cyfrowych pól komutacyjnych dla komutacji kanałów (łączy), z wykorzystaniem programu symulacyjnego. Obserwacja i analiza działania elektronicznych komutatorów czasowych i przestrzennych oraz pól komutacyjnych o złożonej strukturze. Zadaniem studentów jest odpowiednie wysterowanie pól komutacyjnych o różnej budowie tak, by zostały zrealizowane podane przez prowadzącego plany numeracji.

Ćwiczenie‭ ‬2:‭ ‬Alternatywne struktury realizacji usług telekomunikacyjnych

Realizacja kontrolowanego przenoszenia strumienia cyfrowego pomiędzy wybranymi portami‭ ‬– struktury ze wspólnym medium transmisyjnym i sterowaniem rozproszonym‭ (‬jak w klasie sieci LAN‭)‬.‭ ‬Obserwacja zachowania systemu w zadawanych warunkach,‭ ‬na bazie symulacji komputerowych‭ (‬dla struktur magistralnych i pierścieniowych‭)‬. Przewidywanie i analiza własności systemu.‭ ‬Identyfikacja aspektu zaobserwowanego zachowania,‭ ‬który‭ ‬nie jest zgodny z właściwym, standardowym algorytmem dostępu do medium (przez co utrwalony zostaje obraz tego co, jest zgodne ze standardami).

Ćwiczenie‭ ‬3:‭ ‬Zależności ruchowe.

W ćwiczeniu studenci stosują elementy teorii ruchu do projektowania sieci wiązek łączy, na przykładzie sieci z alternatywnym, hierarchicznym kierowaniem ruchu. Wykorzystywany jest własny, komputerowy system projektowania sieci. Podczas ćwiczenia studenci utrwalają znajomość podstawowych elementów teorii systemów masowej obsługi, w których m.in. zachodzą zjawiska blokady. Dodatkowo, studenci uzyskują informacje o rzeczywistym koszcie poszczególnych elementów sieci i porównują łączne koszty struktur wariantowych.

Ćwiczenie‭ ‬4:‭ ‬Specyfikacja,‭ ‬weryfikacja,‭ ‬walidacja zachowania systemu sterowania węzła.

Ćwiczenie dotyczy zagadnienia weryfikacji i walizacji,‭ ‬nieodłącznie związanego z procesem projektowania i implementowania systemów telekomunikacyjnych.‭ ‬Dana jest specyfikacja zachowania rozproszonego systemu sterowania węzła,‭ ‬wyrażona formalnie.‭ Studenci k‬onfrontują proces obsługi zgłoszenia,‭ ‬zaobserwowany w systemie symulacyjnym,‭ ‬z zadaną specyfikacją oraz z wcześniej poznanym przebiegiem wzorcowym. Dla ułatwienia,‭ ‬studenci mogą posiłkować się przy tym obserwacją zachowania systemu rzeczywistego, zainstalowanego w laboratorium. Zadanie polega na identyfikowaniu usterek‭ ‬-‭ ‬przypadków‭ ‬„niepoprawnego‭“‬ zachowania systemu symulowanego i ich przyczyn:‭ ‬błędów koncepcyjnych i defektów specyfikacji, klasyfikowaniu takich działań jako walidacji bądź weryfikacji oraz proponowaniu stosownych korekt specyfikacji.‭

Ćwiczenie‭ ‬5:‭ ‬Protokoły sygnalizacyjne DSS1‭ ‬i ISUP.

Zapoznanie się z centralą abonencką ISDN‭ (‬DGT‭ ‬3450‭)‬,‭ ‬terminalami abonenckimi ISDN (telefonicznymi i wideotelefonicznymi) i monitorami sygnalizacji‭ (własne - ‬Mondis, Tektronix‭)‬. Przewidywanie,‭ ‬obserwacja i analiza przebiegu sygnalizacji abonenckiej DSS1‭ ‬i międzycentralowej ISUP przy realizacji usług,‭ ‬w warunkach rzeczywistych,‭ ‬w działającej instalacji ISDN,‭ ‬z użyciem monitorów sygnalizacji.‭

Ćwiczenie‭ ‬6:‭ ‬Konfigurowanie i eksploatacja systemu telekomunikacyjnego.
Zapoznanie się z funkcjonalnością i oprogramowaniem eksploatacyjno-utrzymaniowym węzła komutacyjnego, na bazie zintegrowanego systemu telekomunikacyjnego ISDN‭ ‬/‭ ‬PSTN‭ ‬/‭ ‬VoIP typu DGT‭ ‬3450‭ ‬Millenium.‭ ‬Tworzenie konfiguracji dla struktur sprzętowych i logicznych oraz usług centrali,‭ ‬zgodnie ze wskazanymi założeniami i celami. Aplikowanie zmodyfikowanej konfiguracji i obserwowanie jej efektów.‭

**Metody oceny:**

Sprawdzanie osiągnięcia założonych celów kształcenia w zakresie oceny sumatywnej jest realizowane poprzez:
- sprawdzanie wiedzy i umiejętności wykazanych na kolokwium i egzaminie pisemnym o charakterze testu zamkniętego, z elementami otwartymi (zadanie problemowe); w razie wątpliwości sprawdzanie następuje w formie indywidualnego egzaminu ustnego;
- sprawdzanie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych wykazanych podczas ćwiczeń laboratoryjnych: krótkie kolokwium wstępne, uzubełniająca ocena bieżąca, sprawozdanie z ćwiczenia

Sprawdzanie osiągnięcia założonych celów kształcenia w zakresie oceny formatywnej następuje poprzez interaktywne elementy wykładów oraz podczas bezpośrednich kontaktów ze studentem w ramach konsultacji.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

[1] A.Jajszczyk:‭ ‬Wstęp do telekomutacji.‭ ‬WNT,‭ ‬1990 (wydanie preferowane),‭ ‬1998‭
[2] K.Brzeziński:‭ ‬Sieci lokalne.‭ ‬Oficyna Wydawnicza PW,‭ ‬1995
[3] K.Brzeziński:‭ ‬Istota sieci ISDN.‭ ‬Oficyna Wydawnicza PW,‭ ‬1999
[4] M.Dąbrowski‭ (‬red.‭)‬:‭ ‬Sterowanie i oprogramowanie w telekomunikacyjnych sieciach zintegrowanych.‭ ‬WKiŁ,‭ ‬1990
[5] G.Danilewicz,‭ ‬W.Kabaciński:‭ ‬System Sygnalizacji nr‭ ‬7.‭ ‬WKŁ,‭ ‬2005
‭[6] Materiały wykładowe i instrukcje do ćwiczeń, udostępniane studentom w postaci elektronicznej.

**Witryna www przedmiotu:**

https://studia.elka.pw.edu.pl

**Uwagi:**

Limit liczby studentów jest ścisły i nieprzekraczalny.

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka PKC2-W1:**

Zna sposób realizacji usług w sieci z komutacją łączy (PSTN i ISDN) , jego genezę i uwarunkowania (także pozatechniczne)

Weryfikacja:

kolokwium, egzamin, ćwiczenie 1 i 5

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W08, K\_W09, K\_W11, K\_W12, K\_W15, K\_W07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG, I.P7S\_WK, III.P7S\_WK.o

**Charakterystyka PKC2-W2:**

Ma podstawową wiedzę na temat roli, rodzajów, mechanizmów, sposobów wyrażania w standardach, a także elementów projektowania i implementowania protokołów sygnalizacyjnych

Weryfikacja:

kolokwium, egzamin, ćwiczenie 4 i 5

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W09, K\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

**Charakterystyka PKC2-W3:**

Zna ogólną budowę elementów sieci i aparatów końcowych oraz zadania i zasady działania ich podstawowych wewnętrznych części (obwodów, podsystemów), w tym - pól komutacyjnych

Weryfikacja:

kolokwium, egzamin, ćwiczenie 1 i 4

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W03, K\_W05, K\_W07, K\_W08, K\_W09, K\_W10, K\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

**Charakterystyka PKC2-W4:**

Ma podstawową wiedzę na temat zjawisk obsługi masowej

Weryfikacja:

egzamin, ćwiczenie 3

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W09, K\_W12, K\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG, I.P7S\_WK, III.P7S\_WK.o

**Charakterystyka PKC2-W5:**

Zna ogólną ideę i sposób prowadzenia działań eksploatacyjnych i utrzymaniowych węzła komutacyjnego

Weryfikacja:

egzamin, ćwiczenie 6

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W08, K\_W12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG, I.P7S\_WK, III.P7S\_WK.o

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka PKC2-U1:**

Potrafi krytycznie odnieść sposób realizacji usług w sieciach z komutacją łączy do zasad i technik stosowanych w systemach telekomunikacyjnych innych typów

Weryfikacja:

egzamin, ćwiczenie 2 i 5

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U15, K\_U01, K\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UW, I.P7S\_UO, III.P7S\_UW.2.o, III.P7S\_UW.4.o, I.P7S\_UK, III.P7S\_UW.3.o

**Charakterystyka PKC2-U2:**

Potrafi rozpoznać i zaklasyfikować elementy syntaktyczne i proceduralne protokołów sygnalizacyjnych oraz zinterpretować przebiegi sygnalizacji abonenckiej i międzycentralowej PSTN/ISDN w typowych scenariuszach realizacji usług

Weryfikacja:

kolokwium, egzamin, ćwiczenie 4 i 5

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UW

**Charakterystyka PKC2-U3:**

Potrafi wyrazić matematycznie podstawowe prawa rządzące zjawiskami obsługi masowej oraz wykorzystać te prawa w prostych zadaniach projektowania (wymiarowania) sieci łączy, z uwzględnieniem aspektu ekonomicznego

Weryfikacja:

egzamin, ćwiczenie 3

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U06, K\_U09, K\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.3.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka PKC2-K1:**

Potrafi pracować indywidualnie i w zespole

Weryfikacja:

kolokwium, egzamin, laboratoria

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_KO