**Nazwa przedmiotu:**

Podstawy komutacji cyfrowej

**Koordynator przedmiotu:**

Krzysztof BRZEZIŃSKI

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Telekomunikacja

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne

**Kod przedmiotu:**

PKC

**Semestr nominalny:**

7 / rok ak. 2018/2019

**Liczba punktów ECTS:**

5

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

Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta:
 - udział w wykładach: 15 x 2 godz. = 30 godz.
 - przygotowanie do wykładów (przejrzenie notatek): 15 x 30 min. = 7.5 godz.
 - udział w konsultacjach w semestrze (przy założeniu, że student czterokrotnie korzysta z 1 godz. konsultacji): 4 godz.
 - przygotowanie do kolokwiów: 4 x 2 godz. = 8 godz.
 - udział w laboratoriach: 12 x 2.5 godz. = 30 godz.
 - przygotowanie do laboratoriów: 12 x 2 godz. = 24 godz.
 - przygotowanie do egzaminu: 12 godz.
 - konsultacje przed egzaminem: 2 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi zatem:
 30 + 7.5 + 4 + 8 + 30 + 24 + 12 + 2 = 117.5 godzin,
co odpowiada 5 punktom ECTS.

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

Nakład pracy studenta związany z zajęciami wymagającymi bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:
 30 + 4 + 12 (udział nauczyciela w laboratorium) + 2 = 48 godz.,
co odpowiada ok. 2 punktom ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

Nakład pracy studenta związany z zajęciami praktycznymi:
 30 godz. (laboratorium)
co odpowiada ok. 1 punktowi ECTS

**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 systemach telekomunikacyjnych / teleinformatycznych: tradycyjnych (komutacja łączy w sieciach PSTN/ISDN) i nowej generacji (komutacja pakietów, Internet).
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

Część 1: System, sieć, protokół.

[] Pojęcie i rodziny definicji Systemu; klasyfikacja systemów; specyfika systemów sztucznych (artefaktów); funkcja właściwa (misja) systemu; komunikacja jako misja i jako mechanizm wewnętrzny; struktura a zachowanie; systemy (tele-)komunikacyjne i (tele-)informatyczne.

[] Podstawy projektowania systemów: definiowanie i modelowanie, proces i produkt, usługa jako rodzaj produktu; trajektorie cyklu życia, podejścia do projektowania, weryfikacja i walidacja, idea, rola i praktyka zastosowań metod formalnych w projektowaniu systemów teleinformatycznych.

[] Zasady i narzędzia sformalizowanego opisu i analizy różnych aspektów systemu teleinformatycznego; standaryzacja "metod formalnych" (FDT): SDL, MSC, TTCN, ASN.1. Pojęcie protokołu, protokół jako język, poziomy lingwistyczne protokołu, protokół a usługa; Protocol Engineering: tezy, podejścia, praktyka.

[] Typologia protokołów jako takich i ich specyfika teleinformatyczna. Zastosowanie języków formalnych i ich wsparcia narzędziowego w standaryzacji i projektowaniu protokołów związanych z usługami teleinformatycznymi (SDL, MSC: podstawy, przykłady).

Część 2: Usługi.

[] Usługa: istota, różnorodność interpretacji środowiskowych, klasyczne i nowe klasyfikacje; usługa "tele...": elementy definicyjne i warianty realizacyjne; zasady opisu usług w standardach: aspekty statyczne i dynamiczne; sygnalizacja dla realizacji usługi: rola, klasyfikacje, protokoły sygnalizacyjne (przykłady w konkretnych sieciach). Pojęcie "usługi komutowanej"; usługi realizowane w trybie połączeniowym i bezpołączeniowym; intuicja pojęcia komutacji i jej odmian.

[] Panowanie nad złożonością: pojęcie "architektury"; abstrakcja, idealizacja, dekompozycja, punkty widzenia, modele odniesienia, podziały (obszary funkcjonalne, warstwy, płaszczyzny...); wielość architektur jednego systemu; meta-standardy architektoniczne, architektura OSI (wyprowadzenie) i jej praktyczne zastosowania (m.in. w sieci ISDN); nowe modele architektoniczne.

[] Jakość w ogóle (Pirsig, Garvin) a jakość produktów (w tym - usług) teleinformatycznych: rozumienie, miary, pomiary, standaryzacja; związek jakości z cechami funkcjonalnymi i poza-funkcjonalnymi systemu.

Część 3: Transport danych.

[] Sieć transportu danych: rola. Użytkownicy sieci i źródła ruchu. Ruch: strumienie zgłoszeń i strumienie danych; charakterystyka strumieni i wymagania na ich obsługę. Matematyczny opis ruchu – proces Poissona, własności, rozkład Poissona.

[] Funkcje płaszczyzny danych sieci: transmisja, zwielokrotnienie, komutacja. Techniki komutacji: komutacja kanałów i komutacja pakietów. Techniki zwielokrotnienia – zwielokrotnienie przestrzenne, częstotliwościowe, czasowe. Matematyczny model obsługi ruchu – łańcuchy Markowa, analiza systemów obsługowych.

[] Model płaszczyzny danych – komponenty topologiczne, komponenty transportowe, funkcje transportowe. Dekompozycja sieci – pionowa (warstwy) i pozioma (podsieci). Styki UNI i NNI.

[] Płaszczyzna sterowania. Model funkcjonalny płaszczyzny sterowania – komponenty i funkcje. Protokoły: sygnalizacyjne, routingowe, zarządzania łączem. Proces zestawiania połączenia: centralizacja a rozproszenie.

Część 4: Zarządzanie.

[] Zarządzanie systemem telekomunikacyjnym i realizowanymi w nim usługami; CSP - uwarunkowania techniczne i biznesowe; fizyczne i wirtualizowane zasoby sieciowe/usługowe. Systematyzacja – cykl życia zasobów, warstwy i obszary funkcjonalne zarządzania.

[] Procesy zarządzania sieciami/usługami. Model TMF-TOM. Klasy procesów – service/network provisioning, service fulfillment, assurance, billing. Przykłady realizacji procesów zarządzania.

[] Systemy NMS/EMS, interfejsy zarządzania; modelowanie zasobów na potrzeby zarządzania; protokoły zarządzania (SNMP).

LABORATORIUM

Ćwiczenie 1

Ćwiczenie składa się z trzech powiązanych ze sobą części, mających na celu zapoznanie studentów z pojęciem protokołu i jego związkami z realizowaną przez system funkcją oraz ze sposobami i narzędziami specyfikowania protokołu i jego analizowania (weryfikacji, walidacji). W ćwiczeniu wykorzystuje się symulację komputerową działania rozproszonego systemu sterowania obiektu teleinformatycznego, zainstalowany w laboratorium działający węzeł zintegrowanej sieci teleinformatycznej oraz profesjonalne, licencjonowane środowisko projektowe języka SDL: PragmaDev. Program symulacyjny i okrojona wersja środowiska SDL są udostępniane studentom do celów przygotowania się do ćwiczeń, a ponadto studenci mają możliwość uzyskania zdalnego dostępu do środowiska w wersji pełnej.

[] Część (a): Zadaniem studentów jest zaobserwowanie działania i nieformalne przeprowadzenie weryfikacji i walidacji protokołów zdefiniowanych w przykładowym systemie rozproszonym (systemie sterowania węzła sieci telekomunikacyjnej), na podstawie: zadanych diagramów SDL zawierających (celowo ułomną) specyfikację tych protokołów, dotychczas posiadanej wiedzy o zachowaniu systemu/sieci telekomunikacyjnej (w konfrontacji z zaobserwowanym działaniem rzeczywistego węzła), oraz symulacji komputerowej stanowiącej (celowo ułomną) implementację zadanej specyfikacji. Ta część ćwiczenia ma także dwa dodatkowe cele: zapoznanie studentów z pół-formalnym sposobem użycia języka SDL charakterystycznym dla standardów teleinformatycznych oraz wyrobienie intuicji na temat klasycznych mechanizmów obsługi zgłoszenia użytkownika (przywołania usługi) w tradycyjnych sieciach telekomunikacyjnych.

[] Część (b): Wstęp do projektowania systemu (jego struktury i protokołów) z formalnym użyciem języka SDL. Celem tej części jest: zapoznanie studentów z charakterem formalnego, rygorystycznego użycia języka SDL w zastosowaniu do prostych protokołów; oswojenie studentów z podstawowymi funkcjami profesjonalnego środowiska projektowego PragmaDev; wyrobienie zdolności do samodzielnego przeprowadzenia “lekkiego cyklu rozwojowego” protokołu z użyciem narzędzia wspomagającego (w odróżnieniu od metody „ręcznej” prezentowanej w Części a); poznanie i wypróbowanie kilku przydatnych patternów – charakterystycznych fragmentów specyfikacji protokołu, które typowo pojawiają się w różnych kontekstach. W ramach ćwiczenia, studenci w interakcji z prowadzącym projektują, zapisują formalnie i uruchamiają prosty system (o cechach teleinformatycznego systemu realizującego usługę na rzecz użytkowników). W zakresie mini-projektu laboratoryjnego leży także zaprojektowanie i zbudowanie funkcjonalnej makiety urządzenia zewnętrznego, dołączonego do projektowanego systemu.

[] Część (c): W tej części, bazując na wiedzy i umiejętnościach wyniesionych z Części (b) oraz wykładów, studenci samodzielnie projektują, weryfikują i demonstrują działanie systemu obsługi użytkowników, z jego protokołami. Ponownie wykorzystuje się narzędzie PragmaDev.

Ćwiczenie 2

Ćwiczenie ma na celu zapoznanie studentów z działaniem i technicznymi możliwościami obserwacji i oceniania poprawności protokołów towarzyszących realizacji usług w sieciach telekomunikacyjnych / teleinformatycznych różnych klas.

[] Część (a): Celem tej części jest praktyczne (hands-on) zapoznanie studentów z realizacją klasycznych telekomunikacyjnych połączeniowych usług konwersacyjnych (w tym: telefonii i wideotelefonii) w środowisku rzeczywistej (nie symulowanej) laboratoryjnej sieci PSTN/ISDN i ugruntowanie wiedzy na temat powiązań między obserwowanym zachowaniem usługi a wykonaniem związanych z nią protokołów sterujących w przekroju dostępu abonenckiego. Wykorzystuje się do tego monitor sygnalizacji MONDIS konstrukcji własnej IT P.W. oraz, informacyjnie, komercyjne monitory sygnalizacji firmy Tektronix. Będące przedmiotem ćwiczenia protokoły i usługi ISDN pozostają w użyciu (choć są wypierane przez kolejne generacje rozwiązań, będące przedmiotem kolejnych ćwiczeń), a ponadto stanowią klarowne przykłady wprowadzanych na wykładach podziałów i klasyfikacji.

[] Część (b): Zapoznanie się z protokołami i usługami „internetowymi”, funkcjonującymi w strukturach Internetu Rzeczy. Te usługi i protokoły mają inne pochodzenie, charakter, i wymagają innych narzędzi do ich badania, niż te będące przedmiotem Części (a). W ćwiczeniu zwraca się uwagę na analogie, podobieństwa i różnice. Wśród celów ćwiczenia leży wyrobienie podstawowej umiejętności posługiwania sie popularnym monitorem / analizatorem protokołów Wireshark. Studenci mogą zainstalować i użyć tego narzędzia na ich prywatnych zasobach, w celu lepszego przygotowania się do ćwiczenia.

[] Część (c): Wprowadzenie do zarządzania, na przykładzie usług dodatkowych towarzyszących klasycznym telekomunikacyjnym usługom konwersacyjnym w sieci PSTN/ISDN. Studenci, ze wsparciem prowadzącego, dokonują działań z obszaru zarządzania i sterowania usługami dodatkowymi, a następnie obserwują ich efekty: na poziomie percepcji użytkownika i na poziomie technicznym, w którym obserwuje się zawartość wiadomości sygnalizacyjnych. W ćwiczeniu wykorzystuje się rzeczywisty zintegrowany system teleinformatyczny PSTN/ISDN/IP (DGT 3450 Millenium) wraz z jego systemem zarządzania oraz, do obserwacji sygnalizacji, monitory MONDIS. Działania zarządzające są dokonywane z wykorzystaniem aparatów końcowych (klienckie „sam-zarządzanie”) oraz z wykorzystaniem systemu zarządzania systemu. Ćwiczenie jest zarazem zapowiedzią i prostą egzemplifikacją treści z zakresu zarządzania, które są przekazywane w dalszej części wykładu i utrwalane na Ćwiczeniu 4.

Ćwiczenie 3

Ćwiczenie składa się z trzech powiązanych ze sobą części, realizowanych z wykorzystaniem zestawu wspólnych, popularnych narzędzi sieciowych, takich jak: emulator sieci Mininet, wirtualny przełącznik sieciowy Open vSwitch, generatory ruchu iPerf oraz D-ITG, a także sterownik SDN Ryu. Studenci w sposób praktyczny poznają zagadnienia przekazane na wykładach oraz zapoznają się z konfiguracją i podstawowymi komendami wykorzystywanych narzędzi. Podczas zajęć niezbędne jest również uzupełnianie prostych skryptów napisanych w języku Python. W celu przygotowania do ćwiczeń studenci korzystając z narzędzi wykonują krótkie zadania domowe.

[] Część (a) – Strumienie danych. Celem tej części jest zapoznanie studentów z podstawowymi pojęciami związanymi ze strumieniami danych oraz przybliżenie narzędzi używanych podczas kolejnych zajęć. Proces losowego napływu danych, rozkład wykładniczy i proces Poissona. Emulator sieci Mininet, podstawowe komendy. Generatory ruchu iPerf oraz D-ITG, generowanie strumieni danych o zadanej charakterystyce.

[] Część (b) – Płaszczyzna danych. Tworzenie sieci o zadanej topologii w emulatorze Mininet. Konfigurowanie dróg przesyłu danych przez sieć; konfigurowanie wirtualnego przełącznika Open vSwitch. Przesyłanie danych generowanych z wykorzystaniem generatorów ruchu i usługi wideorozmowy. Jakość przesyłu danych QoS, sposób zapewniania jakości, mechanizmy kolejek i ich konfigurowanie.

[] Część (c) – Płaszczyzna sterowania. Zadania sterownika SDN, podstawowe pojęcia; architektura i cechy sterownika SDN Ryu. Zasady pisania programów na sterownik SDN, realizujących zadany routing strumieni danych. Routing z wykorzystaniem najkrótszych ścieżek oraz routing uwzględniający mierzone obciążenie łączy; tworzenie i uzupełnianie skryptów sterownika SDN w języku Python.

Ćwiczenie 4

[] Część (a) - Protokół i modele informacyjne SNMP w zarządzaniu urządzeniami sieci (NEML). Monitorowanie hosta z systemem operacyjnym Linux; monitorowanie i konfigurowanie interfejsów sieciowych hosta.

[] Część (b) - Wykorzystanie interfejsów SNMP i CLI do zarządzania w warstwie elementów sieci (NEML) i sieci (NML). Monitorowanie i konfigurowanie mechanizmów OSPF, MPLS i BGP.

**Metody oceny:**

Sprawdzanie osiągnięcia założonych celów kształcenia w zakresie oceny sumatywnej jest realizowane poprzez:

[] sprawdzanie wiedzy i umiejętności wykazanych na egzaminie pisemnym o charakterze testu zamkniętego z możliwymi elementami otwartymi (zadanie problemowe);

[] sprawdzanie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych wykazanych podczas ćwiczeń laboratoryjnych: sprawozdanie z ćwiczenia, uzupełniająca ocena bieżąca (w uzasadnionych przypadkach)

[] dodatkowe sprawdzanie wiedzy i umiejętności podczas czterech mini-kolokwiów, organizowanych na zakończenie merytorycznie wydzielonych ciągów wykładów i towarzyszących im spotkań laboratoryjnych

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

Ćwiczenia laboratoryjne są zajęciami obowiązkowymi. Nieobecność należy usprawiedliwiać; w razie przyjęcia usprawiedliwienia, prowadzący wyznaczy sposób uzupełnienia zajęć. Do zaliczenia przedmiotu niezbędne jest złożenie wszystkich wymaganych sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych.

Ocenianie następuje na podstawie sumy punktów zdobytych z mini-kolokwiów, egzaminu i ćwiczeń laboratoryjnych, w skali standardowej. Zaliczenie przedmiotu: powyżej 50p (na 100p).

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

[1] K.Brzeziński, Istota sieci ISDN. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 1999

[2] M.Dąbrowski (ed.), Sterowanie i oprogramowanie w telekomunikacyjnych sieciach zintegrowanych. WKŁ, 1990

[3] H.Hanrahan, Network Convergence: Services, Applications, Transport, and Operations Support. Wiley, 2007

[4] W.Kabaciński, M.Żal, Sieci telekomunikacyjne. WKŁ, 2008

[5] H. Koenig, Protocol Engineering. Springer, 2012

[6] W. Stallings, Fundamentals of modern networking SDN, NFV, QoE, IoT and Cloud. Pearsons, 2017.

[7] Frameworx Reference. Core Frameworks Concepts and Principles, TM. Forum, 2018.

[8] Materiały wykładowe, wyrywki z zalecanych pozycji bibliograficznych, bogata literatura uzupełniająca (w tym artykuły i standardy), instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych z rozszerzonym wprowadzeniem - udostępniane studentom w postaci elektronicznej na stronie przedmiotu

**Witryna www przedmiotu:**

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

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka PKC1-W1:**

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

Weryfikacja:

kolokwium 1 i 2, egzamin, ćwiczenie 1a, 2a, 2c

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W04, K\_W08, K\_W10, K\_W12, K\_W14, K\_W16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG, III.P6S\_WG.o, I.P6S\_WK

**Charakterystyka PKC1-W2:**

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

Weryfikacja:

kolokwia 1..4, egzamin, ćwiczenia 1..4

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W05, K\_W08, K\_W12, K\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG, III.P6S\_WG.o

**Charakterystyka PKC1-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 1, 2, 3, egzamin, ćwiczenie 1, 2, 3

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W08, K\_W11, K\_W12, K\_W04, K\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG

**Charakterystyka PKC1-W4:**

Ma podstawową wiedzę na temat zjawisk obsługi masowej

Weryfikacja:

kolokwium 3, egzamin, ćwiczenie 3

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG

**Charakterystyka PKC1-W5:**

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

Weryfikacja:

kolokwium 2 i 4, egzamin, ćwiczenie 2c i 4

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W08, K\_W11, K\_W12, K\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka PKC1-U1:**

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

Weryfikacja:

kolokwium 2 i 3, egzamin, ćwiczenie 2b i 3

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.2.o, III.P6S\_UW.3.o

**Charakterystyka PKC1-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 1 i 2, egzamin, ćwiczenie 1a, 2a, 2c

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U10, K\_U14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.1.o, III.P6S\_UW.2.o

**Charakterystyka PKC1-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:

kolokwium 3, egzamin, ćwiczenie 3

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U06, K\_U09, K\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.1.o, III.P6S\_UW.4.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka PKC1-K1:**

Potrafi pracować indywidualnie i w zespole

Weryfikacja:

kolokwia, egzamin, laboratoria

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K03, K\_K06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_KO