



### FIȘA DISCIPLINEI

#### 1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București
1.2 Facultatea	Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației
1.3 Departamentul	Telecomunicații
1.4 Domeniul de studii	Inginerie Electronică, Telecomunicații și Tehnologii Informaționale
1.5 Ciclu de studii	Masterat
1.6 Specializarea	Comunicații Mobile

#### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro)		Virtualizarea sistemelor de comunicații mobile					
(en)							
2.2 Titularul activităților de curs		Conf. Dr. Ing. Alexandru Vulpe					
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator		Conf. Dr. Razvan Craciunescu					
2.4 Anul de studiu	2	2.5 Semestrul	I	2.6 Tipul de evaluare	V	2.7 Regimul disciplinei	Ob
2.8 Tipul disciplinei	DA	2.9 Codul disciplinei	UPB.04.M3.O.08-36	2.10 Tipul de notare	Nota		

#### 3. Timpul total estimat (ore pe semestru al activităților didactice)

3.1 Număr de ore pe săptămână	2	Din care: 3.2 curs	1.00	3.3 seminar/laborator	1
3.4 Total ore din planul de învățământ	28.00	Din care: 3.5 curs	14	3.6 seminar/laborator	14
Distribuția fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					20
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					0
Examinări					2
Alte activități (dacă există):					0
3.7 Total ore studiu individual	22.00				
3.8 Total ore pe semestru	50				
3.9 Numărul de credite	2				

#### 4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	– Programarea calculatoarelor și limbaje de programare (1 și 2)
4.2 de rezultate ale învățării	– concepte fundamentale de programarea calculatoarelor și sisteme de operare.

#### 5. Condiții necesare pentru desfășurarea optimă a activităților didactice (acolo unde este cazul)

5.1 Curs	– Cursul se va desfășura într-o sală dotată cu videoproiector și computer.
----------	--



5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	– Laboratorul se va desfășura într-o sală cu dotare specifică, care trebuie să includă: videoproiector, computer, software specific (mașini virtuale, Linux) și acces la Internet.
-----------------------------------	--

**6. Obiectiv general** (*Se referă la intențiile profesorilor pentru studenți, la ceea ce studenții vor fi învățați în timpul cursului. Oferă o orientare cu privire la locul cursului în cadrul domeniului științific abordat, precum și la rolul pe care acesta îl are în cadrul specializării studiate. Vor fi descrise de o manieră generală tematicile abordate, justificarea includerii cursului în planul de învățământ al specializării studiate etc.*)

Scopul principal al acestei discipline este de a oferi studenților o înțelegere solidă și practică a principalelor concepte și tehnologii asociate cu furnizarea și utilizarea serviciilor Cloud în comunicațiile mobile. Acest curs urmărește să explice diferitele modele de servicii Cloud, cum ar fi Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS) și Software as a Service (SaaS), precum și caracteristicile lor fundamentale. Prin includerea acestui curs în curriculum, se urmărește pregătirea studenților pentru a înțelege și a aplica aceste tehnologii, având în vedere relevanța lor în contextul actual al industriei comunicațiilor mobile și al nevoilor de scalabilitate și flexibilitate ale organizațiilor moderne.

La finalul cursului, studenții vor dobândi competențele necesare pentru a gestiona resursele Cloud, a implementa soluții scalabile și a optimiza utilizarea infrastructurilor Cloud. Ei vor înțelege principiile de virtualizare, mecanismele de furnizare a resurselor și provocările legate de securitatea și managementul datelor în mediile Cloud. Cursul va aborda, de asemenea, teme precum scalabilitatea resurselor, gestionarea stocării datelor, precum și interacțiunea dintre diversele straturi ale unui sistem Cloud.

Laboratorul asociat acestui curs va oferi studenților oportunitatea de a pune în practică conceptele discutate, prin exerciții hands-on ce includ configurarea și gestionarea infrastructurilor Cloud, analizarea traficului de rețea și testarea soluțiilor de securitate pentru resursele Cloud. Studenții vor avea ocazia să exploreze diverse platforme Cloud (Docker, Kubernetes, AWS etc.) și să implementeze soluții reale, pregătindu-i pentru provocările din mediul profesional.

**7. Competențe** (*Capacitatea dovedită de a utiliza cunoștințe, aptitudini și abilități personale, sociale și/sau metodologice în situații de muncă sau de studiu și pentru dezvoltarea profesională și personală. Reflectă cerințele angajatorilor.*)

Specifice	<ul style="list-style-type: none"><li>– Demonstrează că deține cunoștințe de bază privind conceptele teoretice și metodele de virtualizare existente pentru infrastructuri IT și de comunicații.</li><li>– Aplică în practică cunoștințele teoretice dobândite și utilizează mașini virtuale pentru a simula diverse soluții de virtualizare.</li><li>– Aplică metode și instrumente standardizate, specifice domeniului virtualizării comunicațiilor mobile, pentru realizarea procesului de evaluare și planificare a procesului de virtualizare a sistemelor de comunicații mobile, în funcție de problemele de rezolvat și identifică soluții.</li><li>– Argumentează și analizează coerent și corect contextul de aplicare a cunoștințelor de bază ale domeniului virtualizării comunicațiilor mobile, utilizând concepte cheie ale disciplinei și metodologia specifică.</li><li>– Comunicare orală și în scris în limba română: utilizează vocabularul științific specific domeniului studiat, în vederea comunicării eficiente și corecte, în scris și oral.</li><li>– Comunicare orală și în scris într-o limbă străină (engleză): demonstrează înțelegerea și aplicarea corectă a vocabularului aferent domeniului studiat, într-o limbă străină.</li></ul>
-----------	---



<b>Transversale (generale)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– <b>Comunică eficient</b>, în special în timpul orelor de aplicații, coordonându-și eforturile cu ceilalți pentru <b>rezolvarea de situații problemă</b> de complexitate medie.</li><li>– <b>Autonomie și gândire critică</b>: abilitatea de a gândi în termeni științifici, de a căuta și analiza date în mod independent, de a identifica soluții, precum și de a desprinde și prezenta concluzii.</li><li>– <b>Capacitate de analiză și sinteză</b>: prezintă în mod sintetic cunoștințele dobândite, ca urmare a unui proces de analiză sistematică.</li><li>– <b>Respectă principiile de etică academică</b>: în activitatea de documentare citează corect sursele bibliografice utilizate.</li><li>– Pune în practică elemente de <b>inteligentă emoțională</b> în gestionarea socio-emoțională adecvată a unor situații din viața academică, demonstrând stăpânire de sine și obiectivitate în luarea deciziilor sau în situații de stres.</li></ul>
------------------------------------	--

**8. Rezultatele învățării** (Sunt enunțuri sintetice referitoare la ceea ce un student va fi capabil să facă sau să demonstreze la finalizarea unui curs. Rezultatele învățării reflectă realizările studentului și mai puțin intențiile profesorului. Rezultatele învățării informează studenții despre ceea ce se așteaptă de la ei din punct de vedere al performanței, pentru a obține notele și creditele dorite. Sunt definite în termeni concreți, folosind verbe similare exemplurilor de mai jos și indică ceea ce se va urmări prin evaluare. Rezultatele învățării vor fi astfel redactate încât să fie evidențiată clar relația față de competențele definite la punctul 7.)

<b>Cunoștințe</b>	<p><i>Rezultatul asimilării de informații prin învățare. Cunoștințele reprezintă ansamblul de fapte, principii, teorii și practici legate de un anumit domeniu de muncă sau de studiu. Pot fi teoretice și/sau factice.</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>– <b>Definește</b> corect noțiunile de bază ale domeniului virtualizării resurselor de calcul.</li><li>– <b>Describe</b> în mod corespunzător conceptele fundamentale legate de implementarea soluțiilor de virtualizare și extinderea acestor funcționalități spre rețelele de comunicații mobile.</li><li>– <b>Evidențiază</b> modalitățile de testare și evaluare a performanței specifice soluțiilor de virtualizare.</li><li>– <b>Înțelege</b> diferențele între diferitele tipuri de hypervizoare și soluții cloud.</li><li>– <b>Definește și utilizează</b> elementele de bază legate de dezvoltarea rețelelor virtualizate pentru interconectarea resurselor containerizate.</li><li>– <b>Este capabil să explice</b> modalitățile de integrare a soluțiilor de virtualizare în infrastructurile mobile, inclusiv aspectele legate de interoperabilitate și scalabilitate.</li><li>– <b>Înțelege</b> provocările și soluțiile pentru securizarea rețelelor de comunicații virtualizate.</li></ul>
<b>Aptitudini</b>	<p><i>Capacitatea de a aplica cunoștințe și de a utiliza know-how pentru a duce la îndeplinire sarcini și a rezolva probleme. Aptitudinile sunt descrise ca fiind cognitive (implicând utilizarea gândirii logice, intuitive și creative) sau practice (implicând dexteritate manuală și utilizarea de metode, materiale, unelte și instrumente).</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>– <b>Selectează și grupează</b> informații relevante legate de virtualizarea resurselor într-un context dat, putând astfel să descrie diferite aspecte teoretice și practice ale virtualizării în rețelele de comunicații mobile.</li><li>– <b>Aplică argumentat</b> conceptele de virtualizare în vederea abordării corecte a problemelor specifice rețelelor de comunicații mobile.</li><li>– <b>Testează și verifică</b> soluțiile propuse pentru virtualizarea rețelelor mobile, utilizând unelte și metode adecvate.</li><li>– <b>Formulează concluzii corecte</b> în urma experimentelor efectuate cu soluțiile de virtualizare pentru comunicațiile mobile.</li><li>– <b>Propune și justifică</b> soluții eficiente pentru optimizarea și securizarea rețelelor de comunicații virtualizate.</li></ul>



<b>Responsabilitate și autonomie</b>	<i>Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale.</i>
	– <b>Selectează</b> surse bibliografice potrivite și le analizează.
	– <b>Respectă principiile de etică academică</b> , citând corect sursele bibliografice utilizate.
	– <b>Demonstrează receptivitate</b> pentru contexte noi de învățare.
	– <b>Manifestă colaborare</b> cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice.
	– <b>Demonstrează autonomie</b> în organizarea contextului de învățare și a problemelor de rezolvat.
	– <b>Conștientizează valoarea contribuției sale în domeniul ingineriei</b> la identificarea de soluții viabile care să rezolve probleme din viața socială și economică.
– <b>Analizează oportunități de afaceri</b> sau de dezvoltare antreprenorială, pornind de la cunoștințele dobândite în domeniul securității cibernetice.	
– <b>Demonstrează abilități de management</b> ale situațiilor din viața reală (de exemplu gestionarea corectă a timpului de învățare).	

**9. Metode de predare** (Se vor avea în vedere metode care să asigure predarea centrată pe student. Se va descrie modul în care se asigură participarea studenților la stabilirea propriului parcurs de învățare, cum se identifică eventualele rămăneri în urmă și ce măsuri remediale se adoptă în astfel de cazuri.)

– Cursurile sunt predate într-o manieră interactivă, fiind încurajată participarea activă a studenților. Sunt folosite atât metode clasice de predare (prelegerea și expunerea), utilizând prezentări PowerPoint prin intermediul mijloacelor multimedia, cât și interactive, bazate pe întrebări – răspunsuri și feedback-ul studenților, adaptând permanent demersul pedagogic la posibilitățile de asimilare și învățare a studenților (prin repetarea suplimentară a anumitor noțiuni și concepte, dacă acest lucru se dovedește necesar).

Fiecare curs debutează cu recapitularea succintă a capitolelor anterioare, cu accent asupra noțiunilor parcurse la ultimul curs. Prezentările utilizează numeroase imagini și scheme, astfel încât informațiile prezentate să fie cât mai ușor de înțeles și asimilat. Materialele complete de curs sunt disponibile în format electronic pe platforma Moodle a facultății.

– Predarea cunoștințelor în cadrul orelor de laborator se bazează pe comunicarea orală și explicarea detaliată a metodelor utilizate și a rezultatelor obținute, într-o manieră permanent interactivă. Studenții implementează și evaluează independent aceleași probleme prin utilizarea calculatorului, a mediului software și a echipamentelor hardware (atunci când este cazul). Aplicațiile realizate îi ajută pe studenți în dezvoltarea unor relații optime de comunicare într-un climat favorabil învățării prin descoperire. Materialele de laborator sunt disponibile studenților sub formă electronică pe platforma Moodle a facultății.

## 10. Conținuturi

CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	Introducere în Cloud Computing și Virtualizare în Rețelele Mobile 1.1. Definiția și evoluția Cloud Computing (IaaS, PaaS, SaaS) 1.2. Importanța virtualizării în rețelele mobile 1.3. Rolul și avantajele virtualizării resurselor în rețelele de comunicații	2
2	Tipuri de Virtualizare și Arhitecturi pentru Rețelele Mobile 2.1. Tipuri de virtualizare: virtualizarea sistemului de operare, hardware și paravirtualizare 2.2. Virtualizarea în rețelele de comunicații mobile: hypervisor, arhitectura virtualizată 2.3. Tehnologii de virtualizare clasice: Xen, VMware, OpenStack	2



3	Implementarea și Managementul Infrastructurilor Virtualizate pentru Rețele Mobile 3.1. Managementul resurselor virtualizate în IaaS și PaaS 3.2. Monitorizarea performanței și scalabilitatea sistemelor virtualizate 3.3. Tehnici de load balancing și automatizarea managementului resurselor	2
4	Securitatea în Virtualizarea Rețelelor de Comunicații Mobile 4.1. Provocările de securitate în rețelele virtualizate 4.2. Măsurile de securitate pentru hypervizoare și sistemele virtualizate 4.3. Studii de caz: atacuri și metode de protecție în mediile virtualizate	2
5	Platform as a Service (PaaS) și Aplicații în Rețelele Mobile 5.1. Conceptul de PaaS și rolul său în dezvoltarea de aplicații mobile 5.2. Integrarea aplicațiilor cu platformele PaaS în rețelele virtualizate 5.3. Exemple de platforme: Google App Engine, Microsoft Azure	2
6	Software as a Service (SaaS) și Aplicațiile Mobile în Rețelele Virtualizate 6.1. Modelul SaaS și aplicațiile mobile bazate pe servicii cloud 6.2. Scalabilitatea și securitatea aplicațiilor SaaS în rețelele mobile 6.3. Exemple de servicii SaaS: AWS 5G Core Network 2	2
7	Tendențe Viitoare și Evoluții în Virtualizarea Rețelelor Mobile 7.1. Utilizarea inteligenței artificiale în administrarea rețelelor virtualizate 7.2. Tehnologii emergente: B5G, edge computing și integrarea cu cloud-ul 7.3. Provocările viitoare și soluții inovatoare în virtualizarea comunicațiilor mobile	2
	<b>Total:</b>	14

**Bibliografie:**

- Alexandru Vulpe, R. Crăciunescu, *Virtualizarea sistemelor de comunicații mobile*, suport de curs electronic pe platforma Moodle a facultății de ETTI: <https://curs.upb.ro/>
- Y. Zhang, *Network Function Virtualization – Concepts and Applicability in 5G Networks*, WILEY, 2018, ISBN 9781119390602.
- S. Rommer, P. Hedman, *5G Core Networks – Powering Digitalization*, ELSEVIER, 2020, ISBN 978-0-08-103009-7.
- F. Al-Turjman, *Edge Computing – From Hype to Reality*, SPRINGER, 2019, ISBN 978-3-319-99060-6.
- W. Stallings, L. Brown, *Computer Security. Principles and Practice*, Prentice Hall, 2008.

**LABORATOR**

Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Introducere în sisteme containerizate de tip Docker – Se descrie modul în care funcționează virtualizarea prin containere. Se introduc conceptele de bază ale management-ului de containere, urmate de metodologia și instrumentele necesare pentru a gestiona astfel de infrastructuri.	2
2	Introducere în sisteme de orchestrare a containerelor - Kubernetes – Se discută conceptele de bază ale orchestrării containerelor, instalarea Kubernetes, arhitectura sistemului, componentele asociate, crearea pod-urilor și management-ul acestor instanțe.	4



3	Utilizarea Kubernetes pentru orchestrarea unor servicii comerciale – Se analizează metodele de instanțiere automată pentru containere, revenirea la versiunea anterioară a unor aplicații containerizate și la virtualizarea conexiunilor dintre elementele containerizate.	2
4	Automatizarea infrastructurilor virtualizate - Terraform – Se analizează metodele de automatizare a instanțierii de infrastructuri containerizate prin Terraform.	2
5	Utilizarea platformelor de public Cloud – Se analizează funcționarea unei platforme de public Cloud – AWS și de asemenea crearea de mașini virtuale, containere și clustere Kubernetes în mod automat pe aceasta folosind Terraform.	4
<b>Total:</b>		14

**Bibliografie:**

**Bibliografie:**

1. R. Crăciunescu, *Virtualizarea sistemelor de comunicații mobile*, suport de laborator electronic pe platforma Moodle a facultății de ETTI: <https://curs.upb.ro/>
2. Y. Zhang, *Network Function Virtualization – Concepts and Applicability in 5G Networks*, WILEY, 2018, ISBN 9781119390602.
3. B. Burns, *Kubernetes Up & Running*, O'REILLY, 2022, ISBN 978-1-098-12197-6

**11. Evaluare**




Tip activitate	11.1 Criterii de evaluare	11.2 Metode de evaluare	11.3 Pondere din nota finală
11.4 Curs	Cunoașterea noțiunilor teoretice fundamentale legate de virtualizarea sistemelor de comunicații mobile. Cunoașterea modului de aplicare a teoriei la rezolvarea unor probleme specifice domeniului.	examen scris	50%
11.5 Seminar/laborator/proiect	Înțelegerea tehnicilor fundamentale de implementare a infrastructurilor virtualizate. Cunoașterea modului de simulare și de implementare practică în sisteme de tip public Cloud a metodelor studiate.	Fișă de laborator la fiecare lucrare de laborator	50%
11.6 Condiții de promovare			
– Obținerea a minimum 50% din punctajul total. – Realizarea obligațiilor caracteristice activității de laborator (participarea la lucrările planificate).			

**12. Coroborarea conținutului disciplinei cu așteptările reprezentanților angajatorilor și asociațiilor profesionale reprezentative din domeniul aferent programului, precum și cu stadiul actual al cunoașterii în domeniul științific abordat și practicile în instituții de învățământ superior din Spațiul European al Învățământului Superior (SEİS)**



În contextul digitalizării accelerate și al atacurilor cibernetice tot mai sofisticate, există o cerere crescută pe piața muncii pentru competențe avansate în implementarea infrastructurilor virtualizate. Angajatorii și asociațiile profesionale subliniază necesitatea ca absolvenții să aibă o înțelegere solidă a sistemelor virtualizate, managementului instanțelor/containerelor și securității acestora. Prin acoperirea unui spectru larg de subiecte, de la principiile de bază la gestionarea avansată a sistemelor de tip public Cloud, disciplina răspunde acestor nevoi. De asemenea, actualizarea conținutului cursului cu cele mai recente cercetări și tehnologii din domeniu este un aspect fundamental pentru pregătirea studenților în abordarea provocărilor dinamice ale virtualizării sistemelor de comunicații mobile. Alinierea cu standardele Spațiului European al Învățământului Superior (SEÎS) contribuie la asigurarea calității educației și recunoașterea competențelor pe plan internațional, pregătind studenții pentru piața globală a muncii și provocările infrastructurilor virtualizate.

Se asigură astfel absolvenților programului de masterat competențe adecvate cu necesitățile calificărilor actuale și o pregătire științifică și tehnică modernă, de calitate și competitivă, care să le permită angajarea rapidă după absolvire, disciplina fiind perfect încadrată în politica Universității Naționale de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București, atât din punctul de vedere al conținutului și structurii, cât și din punctul de vedere al aptitudinilor și deschiderii internaționale oferite studenților. Posibili angajatori vizează atât mediul academic (profil didactic și de cercetare), cât și mediul de cercetare-dezvoltare din instituțiile de stat și private care utilizează rețele de servere, soluții de virtualizare și diverse mecanisme de orchestrare a serviciilor containerizate și sunt interesate în managementul acestora, sau oferă servicii avansate de cloud computing.

Data completării	Titular de curs	Titular(i) de aplicații
09.09.2022	Conf. Dr. Ing. ALEXANDRU Vulpe 	Conf. Dr. Razvan Craciunescu 
Data avizării în departament	Director de departament	
27.10.2024	Conf. Dr. Serban Georgica Obreja 	
Data aprobării în Consiliul Facultății	Decan	
25.10.2024	Prof. Dr. Mihnea Udrea 