



### 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 Ciclul de studii	Masterat
1.6 Specializarea	Managementul Serviciilor și Rețelelor

#### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro) (en)	Protocoale și tehnologii pentru servicii de comunicații în Internet						
2.2 Titularul activităților de curs	Conf. Dr. Octavian Catrina						
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator	Conf. Dr. Octavian Catrina						
2.4 Anul de studiu	1	2.5 Semestrul	I	2.6. Tipul de evaluare	E	2.7 Regimul disciplinei	Ob
2.8 Tipul disciplinei	DA	2.9 Codul disciplinei	UPB.04.M1.O.11-17	2.10 Tipul de notare	Nota		

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

3.1 Număr de ore pe săptămână	4	Din care: 3.2 curs	2.00	3.3 seminar/laborator	2
3.4 Total ore din planul de învățământ	56.00	Din care: 3.5 curs	28	3.6 seminar/laborator	28
Distribuția fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					41
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					0
Examinări					3
Alte activități (dacă există):					0
3.7 Total ore studiu individual	44.00				
3.8 Total ore pe semestru	100				
3.9 Numărul de credite	4				

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

4.1 de curriculum	Promovarea unor rețele de telecomunicații în cadrul programului de studii de licență care să includă stiva de protocoale TCP/IP.
4.2 de rezultate ale învățării	Cunoștințe de bază despre rețelele de telecomunicații cu comutație de pachete: principii, arhitecturi și protocoale, în special stiva de protocoale TCP/IP folosită în Internet.

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



5.1 Curs	Sală de curs dotată cu videoproiector.
5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	Laborator dotat cu calculatoare și videoproiector. Emulatorul de rețele GNS3 și analizorul de protocoale Wireshark sunt gratuite.

**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.)

Cursul are ca obiectiv aprofundarea și extinderea cunoștințelor studenților despre o serie de tehnologii care au un rol esențial în realizarea rețelelor de telecomunicații moderne, cu servicii integrate și acoperire globală. Cursul se adresează studenților programului de master Managementul Serviciilor și Rețelelor, care posedă (de regulă) cunoștințe de bază despre rețelele de telecomunicații și stiva de protocoale TCP/IP din studiile de licență. Pe de altă parte, fiind un curs din primul an al programului, subiectele abordate sunt tratate astfel încât să fie accesibile unei categorii de studenți cât mai largi și să asigure un fundament solid pentru cursurile de specialitate care urmează.

Conținutul cursului se concentrează asupra tehnologiilor fundamentale utilizate în rețele cu comutație de pachete realizate folosind MPLS (comutație de etichete) și stiva de protocoale TCP/IP: studiu aprofundat al rutării unicast intra-domeniu și inter-domeniu, comunicații multicast, studiu aprofundat al rețelelor bazate pe MPLS, realizarea rețelelor private virtuale folosind MPLS și BGP, ingineria traficului în rețele MPLS.

Cursul oferă cunoștințe teoretice și practice care să permită înțelegerea arhitecturilor și interacțiunilor complexe din aceste rețele, pentru a le putea proiecta, realiza și întreține. Prezentarea conceptelor teoretice este însoțită de experimente în laborator cu echipamente de rețea, în care studenții realizează exemple reprezentative de rețele și analizează funcționarea lor în diverse scenarii, examinând starea fiecărui echipament și analizând comunicațiile dintre ele cu ajutorul unui analizor de protocoale.

**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.)

<b>Specifice</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Descrierea, analiza și explicarea arhitecturii și funcționării rețelelor și serviciilor bazate pe tehnologii și protocoale standard utilizate în Internet, folosind concepte și terminologie specifice, în principal: rutarea intra-domeniu și inter-domeniu pentru comunicații unicast și comunicații multicast, rețele MPLS, servicii de rețea privată virtuală realizate folosind BGP și MPLS și ingineria traficului în rețele bazate pe MPLS.</li><li>- Elaborarea unor soluții eficiente și scalabile pentru rețele de telecomunicații cu servicii integrate și acoperire globală, folosind tehnologii standardizate.</li></ul>
<b>Transversale (generale)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Analiza metodică a problemelor întâlnite în activitate, identificând elementele pentru care există soluții consacrate, asigurând astfel îndeplinirea sarcinilor profesionale.</li><li>- Capacitatea de a se adapta la noile tehnologii și de a se documenta (în limba română și limba engleză), pentru dezvoltarea profesională și personală, prin formare continuă.</li><li>- Abilitatea de a gândi în termeni științifici, de a căuta și analiza date în mod independent, precum și de a desprinde și prezenta concluzii sau de a identifica soluții.</li><li>- Capacitatea de analiză și sinteză: prezentarea în mod sintetic a cunoștințele dobândite, ca urmare a unui proces de analiză sistematică.</li><li>- Abilitatea de a coopera cu specialiști din domeniu și de a lucra în echipă, comunicând eficient și coordonându-și eforturile cu ceilalți pentru soluționarea problemelor.</li><li>- Respectare principiilor de etică academică, în particular, citarea corectă a surselor bibliografice utilizate în activitatea de documentare.</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>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 faptice.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Cunoaște noțiunile specifice domeniului și subiectelor tratate în curs: arhitecturi stratificate; adresare, comutație și dirijare a pachetelor cu/fără conexiune și cu/fără rezervare de bandă; comunicații multicast; principalele protocoale utilizate în rețele IP și MPLS (rutare intra/inter-domeniu, politici de rutare, distribuție a etichetelor, rezervare a resurselor); tipuri de echipamente de rețea; etc.</li><li>- Cunoaște modul în care componentele rețelelor interacționează local (prin interfețe) și la distanță (prin protocoale) și cooperează pentru îndeplinirea serviciilor de comunicații necesare utilizatorilor.</li></ul>
<b>Aptitudini</b>	<p>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).</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Identifică și formulează cerințele funcționale de bază ale unei rețele de telecomunicații.</li><li>- Analizează, descrie și explică rolul și funcționarea componentelor unei rețele de date cu comutație de pachete (echipamente, protocoale), folosind terminologie specifică.</li><li>- Identifică, implementează și testează soluții pentru rețele de date bazate pe stiva de protocoale TCP/IP și MPLS, inclusiv servicii de rețea privată virtuală și soluții de inginerie a traficului.</li></ul>
<b>Responsabilitate și autonomie</b>	<p>Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Selectează surse bibliografice potrivite și le analizează.</li><li>- Respectă principiile de etică academică, citând corect sursele bibliografice utilizate.</li><li>- Demonstrează receptivitate pentru contexte noi de învățare.</li><li>- Manifestă colaborare cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice</li><li>- Demonstrează autonomie în organizarea situației de învățare sau în situația problemelor de rezolvat.</li><li>- Conștientizează valoarea contribuției sale în domeniul ingineriei la identificarea de soluții viabile/sustenabile care să rezolve probleme din viața socială și economică (responsabilitate socială).</li><li>- Analizează și valorifică oportunități de afaceri/de dezvoltare antreprenorială în domeniul de specialitate.</li><li>- Demonstrează abilități de management al situațiilor din viața reală.</li></ul>

**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.)

Procesul de predare utilizează atât metode de predare expositive (prelegerea, expunerea), cât și conservative-interactive, bazate pe modele de învățare prin descoperire facilitate de explorarea directă și indirectă a realității (experimente conceptuale sau practice), dar și pe metode bazate pe acțiune, precum exercițiul, activitățile practice și rezolvarea de probleme.

Activitatea de predare utilizează prelegeri bazate pe prezentări PowerPoint ilustrate prin imagini și scheme



(arhitecturi, mesaje, diagrame pentru algoritmi și interacțiuni), astfel încât informațiile să fie mai ușor de înțeles și de asimilat. Prezentările PowerPoint sunt completate cu exemple construite interactiv pe tablă. Prezentările introductive ale cursurilor și lucrărilor de laborator scot în evidență legătura cu noțiunile prezentate anterior.

La laborator, studenții construiesc și configurează folosind un emulator exemple de rețele și de sisteme care reprezintă modele la scară redusă ale rețelelor și sistemelor din Internet, apoi efectuează experimente care le permit să examineze și să analizeze evoluția stării fiecărui echipament și comunicațiile dintre ele (de exemplu, descoperirea destinațiilor și a rutelor în rețele IP, stabilirea căilor etichetate și rezervarea resurselor în rețele MPLS).

Procesul de predare ține seama de diferențele importante dintre studiul comunicațiilor între calculatoare și celelalte discipline din domeniul ingineriei electronice și telecomunicațiilor: studenții sunt confrunțați aici cu sisteme distribuite complexe, în care un număr mare de componente evoluează în paralel și colaborează, comunicând local sau la distanță, pentru a îndeplini diverse funcții sau servicii de comunicații. Analiza și înțelegerea funcționării acestor sisteme distribuite necesită studiile experimentale menționate anterior. Emulatoarele de rețea și analizoarele de protocoale disponibile în prezent facilitează considerabil aceste studii experimentale.

Prelegerile includ numeroase exemple de experimente similare celor efectuate la laborator, asigurând o cuplare mai strânsă a celor două tipuri de activități didactice. De asemenea, emulatorul de rețea și analizorul de protocoale folosite în laborator sunt disponibile gratuit și studenții le pot instala pe propriile calculatoare.

## 10. Conținuturi

CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	Rutarea intra-domeniu. Protocoale de rutare intra-domeniu bazate pe vectori de distanță (distance vector) și pe starea legăturilor (link state). Studiu aprofundat al protocoalelor RIPv2 și OSPF și cunoștințe necesare pentru capitolele următoare.	4
2	Comunicații în grup (multicast). Aplicații, cerințe, principii. Adrese multicast. Gestiunea grupului folosind IGMP. Protocoalele de rutare multicast PIM-DM și PIM-SM.	5
3	Rutarea inter-domeniu. Rutarea inter-domeniu bazată pe politici în Internet. Studiu aprofundat al protocolului BGP și cunoștințe necesare pentru capitolele următoare.	5
4	Rețele cu comutație de etichete (MPLS). Motivație, obiective, aplicații. Studiu aprofundat al protocoalelor utilizate în rețele cu comutație de etichete (MPLS, LDP). Interconectarea rețelelor folosind MPLS și BGP (BGP-free core).	6
5	Rețele private virtuale bazate pe BGP și MPLS. Concepte, cerințe, categorii de rețele private virtuale. Tehnici de realizare a rețelelor private virtuale folosind BGP și MPLS.	4
6	Ingineria traficului în rețele MPLS. Motivație, obiective, introducere în rutarea cu constrângeri și rezervarea resurselor folosind protocolul RSVP. Protocoale utilizate pentru ingineria traficului în rețele MPLS: RSVP-TE, OSPF-TE.	4
	<b>Total:</b>	28

### Bibliografie:

1. Catrina Octavian, Protocoale și Tehnologii pentru Servicii de Comunicații în Internet. Suport de curs electronic (platforma Moodle): <https://curs.upb.ro/>
2. L. Peterson, B. Davie. Computer Networks. A systems approach. Ediția 6, 2019, este disponibilă online gratuit: <https://www.systemsapproach.org/>
3. Luc De Ghein. MPLS Fundamentals. Cisco Press, 2006.
4. Specificații ale protocoalelor din suita TCP/IP publicate de IETF online (<http://www.ietf.org>).



LABORATOR		
Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Rutarea intra-domeniu în Internet. Protocoalele de rutare RIP și OSPF. Configurarea ruterelelor și analiza experimentală a funcționării protocoalelor în diverse scenarii (inclusiv defecțiuni în rețea).	4
2	Comunicații multicast în rețele IP. Gestiunea grupurilor folosind IGMP. Rutarea multicast cu PIM-DM și PIM-SM. Configurarea ruterelelor și analiza experimentală pentru diverse scenarii de comunicații multicast.	4
3	Rutarea interdomeniu în Internet. Protocolul de rutare inter-domeniu BGP. Tehnici scalabile de interconectare a ruterelelor BGP. Politici de rutare. Configurarea ruterelelor și analiza experimentală a rutării inter-domeniu.	4
4	Interconectarea rețelelor folosind BGP și MPLS. Protocoalele MPLS și LDP. Tuneluri GRE. Configurarea ruterelelor și analiză experimentală pentru tranzit folosind tuneluri GRE sau MPLS.	4
5	Rețele private virtuale bazate pe BGP și MPLS. Tehnici standardizate de realizare a serviciilor de rețea privată virtuală de nivel 3 folosind BGP și MPLS. Configurarea ruterelelor și analiza experimentală.	4
6	Ingineria traficului în rețele MPLS. Realizarea tunelelor MPLS-TE folosind RSVP-TE și OSPF-TE. Configurarea ruterelelor și analiza experimentală, pentru diverse scenarii (inclusiv defecțiuni în rețea, etc.).	4
7	Colocviu de laborator.	4
	<b>Total:</b>	28

**Bibliografie:**  
Catrina Octavian, Protocoale și Tehnologii pentru Servicii de Comunicații în Internet - Îndrumar de laborator în format electronic și proiecte GNS inițiale (platforma Moodle): <https://curs.upb.ro/>

## 11. Evaluare

Tip activitate	11.1 Criterii de evaluare	11.2 Metode de evaluare	11.3 Pondere din nota finală
11.4 Curs	- Cunoașterea conceptelor, metodelor, algoritmilor, arhitecturilor și protocoalelor studiate la curs. - Abilitatea de a descrie, analiza și explica funcționarea rețelelor în situații practice, concrete, prin aplicarea cunoștințelor dobândite (exemple de rețele, servicii, scenarii de comunicație).	Examen scris	50%
11.5 Seminar/laborator/proiect	Abilitatea de a configura, testa, analiza și depana rețele și servicii care utilizează protocoalele studiate în curs.	Colocviu final de laborator	50%
11.6 Condiții de promovare			
Studentii trebuie să obțină minimum 50/100 la examen și minimum 50/100 la colocviul de laborator.			



**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)**

Rețeaua globală de telecomunicații între terminale fixe și mobile converge rapid către o infrastructură comună care folosește stiva de protocoale TCP/IP, atât în planul de date, cât și în planul de control. De asemenea, rețelele operatorilor utilizează tehnologie MPLS, pentru a beneficia de eficiența, versatilitatea și scalabilitatea pe care le oferă, de exemplu pentru ingineria traficului și pentru servicii de rețea privată virtuală și cu calitate diferențiată. Industria IT, în mod special operatorii care oferă servicii de telecomunicații și furnizorii de componente și echipamente de telecomunicații, solicită ingineri cu cunoștințe solide în domeniul rețelelor bazate pe TCP/IP și MPLS.

Prin urmare, cursul răspunde cerințelor actuale și de perspectivă ale economiei globale în domeniile Electronică și Telecomunicații. El oferă absolvenților cunoștințe teoretice și practice aprofundate privind tehnologii fundamentale utilizate în rețelele moderne de telecomunicații, care le îmbunătățesc competitivitatea și le permit angajarea rapidă după absolvire, fiind perfect încadrat în politica Universității Politehnice din București, atât din punctul de vedere al conținutului și structurii, cât și din punctul de vedere al aptitudinilor și deschiderii internaționale oferite studenților.

Data completării

Titular de curs

Titular(i) de aplicații

10.10.2024

Conf. Dr. Octavian Catrina

Conf. Dr. Octavian Catrina

Data avizării în departament

Director de departament

27.10.2024

Conf. Dr. Serban Georgica Obreja

Data aprobării în Consiliul Facultății

Decan

01.11.2024

Prof. Dr. Mihnea Udrea