

CZU: 378.016:004.7

DOI: 10.36120/2587-3636.v32i2.35-45

METODOLOGIA UTILIZĂRII SOFTWARE-ULUI SPECIALIZAT ÎN PROCESUL DE STUDIERE A REȚELOR DE CALCULATOARE

Dorin PAVEL, dr., conf. univ., UPSC

<https://orcid.org/0000-0002-9600-1360>

Rezumat. În articol se propun instrumente didactice și tehnice de studiere a cursului Rețele de Calculatoare, predat la specialitățile informatice universitare. Cursul Rețele de Calculatoare este esențial pentru viitorii specialiști informaticieni, dar are un aspect practic accentuat și necesită software și hardware specializat, de simulare a rețelilor, deseori inaccesibil studenților.

Cuvinte cheie: rețele de calculatoare, simulator de rețea, Cisco Packet Tracer, învățământ superior, specializare informatică.

THE METHODOLOGY OF USING SPECIALIZED SOFTWARE IN THE PROCESS OF STUDYING COMPUTER NETWORKS

Summary. The article proposes didactic and technical tools for studying the Computer Networks course, taught at university computer science majors. The Computer Networks course is essential for future computer science majors, but has a strong practical aspect and requires specialized network simulation software and hardware, often inaccessible to students.

Keywords: computer networking, network simulator, Cisco Packet Tracer, higher education, computer major.

Introducere

Unul din cursurile esențiale din programele de studii superioare pentru informaticieni este cursul *Rețele de Calculatoare*. În cadrul facultății de Fizică, Matematică și Tehnologii Informaționale, UST/UPSC, acest curs se studiază de către studenții de la ciclul I, licență la specialitățile: *Informatică*, *Informatică și Matematică*, *Informatică și Fizică*, *Matematică și Informatică*. Cursul *Rețele de Calculatoare* se încadrează în categoria unităților de curs de specialitate și are ca scop formarea competențelor de bază, din perspectiva activității de informatician, ce țin de: principalele topologii de rețea, configurarea echipamentelor rețelei de calculatoare, proiectarea unei rețele de calculatoare, interconectarea în rețea a dispozitivelor [1]. Cursul interconectează mai multe domenii de competență profesională, așa: administrarea rețelilor de calculatoare, gestionarea schimbului de date, securitatea informațională, criptografia datelor etc. Pentru studiul acestui curs se alocă 90 ore total, dintre care 55 de ore de contact direct (33 ore curs și 22 ore laborator), echivalentul a 3 ECTS, în semestrul VI, anul III, pentru monospecialități (180 credite) și în semestrul VIII, anul IV, pentru specialități duble (240 credite). Finalitățile cursului, se referă la faptul că studenții trebuie să fie capabili:

- ✓ să cunoască noțiunea de rețele de calculatoare și istoria dezvoltării acestora;
- ✓ să descrie formele și modalități de reprezentare a informației în rețele.

- ✓ să identifice sensul principalelor concepte din câmpul semantic al rețelelor de calculatoare;
- ✓ să cunoască noțiunea de stații în rețele; Să cunoască tehnologiile de cooperare a resurselor în rețele: stăpân-aservit; server-de-fișiere; client-server; egal-la-egal;
- ✓ să înțeleagă noțiunea de sistem elementar de transfer date (STD) și să fie capabil să identifice componentele de baza ale STD;
- ✓ să cunoască și să poată clasifica modemele, multiplexoarele, concentratoarele;
- ✓ să identifice rețeaua de transfer de date (RTD) și să fie capabil să clasifice RTD;
- ✓ să perceapă standardele pentru rețele: modelul de referință OSI/ISO și modelul de referință TCP/IP;
- ✓ să descrie rețelele de arie largă: telefonice, timpurii;
- ✓ să conștientizeze necesitatea securizării informației prin diferite metode de criptare, așa ca modelul de criptare cu chei publice; să cunoască metodele identificării persoanei;
- ✓ să conștientizeze conceptul de rețea locală de calculatoare; să cunoască topologiile și generațiile rețelelor locale de calculatoare;
- ✓ să exploreze istoria dezvoltării comunității de rețele internet;
- ✓ să valorifice serviciile oferite de rețeaua internet;
- ✓ să utilizeze motoarele de căutare și să cunoască istoria dezvoltării comunității de rețele Internet în RM.

Cursul *Rețele de Calculatoare* se studiază la toate programele informatice asigurate de majoritatea instituțiilor universitare din țară. De exemplu, la Universitatea Tehnică din Moldova acest curs se predă la specialitățile: *Automatică și informatică*, *Calculatoare și rețele*, *Informatică aplicată*, *Ingineria software*, *Managementul informației*, *Robotică și mecatronică*, *Securitate informațională* și *Tehnologia informației*. La programele de studii enumerate, cursul se studiază în semestrul IV și i se alocă 120 ore în total (4 credite), dintre care 60 de ore de contact direct: 30 de ore de teorie, 30 de ore laboratoare.

De asemenea, cursul *Rețele de Calculatoare* este parte și a programelor de studii de licență oferite de USM, așa ca: *Informatică* (științe ale educației), semestrul II, 120 ore - 4 credite (75 contact direct: 30 teorie, 45 laboratoare); *Informatică aplicată*, semestrul III, 120 ore - 4 credite (60 contact direct: 30 teorie, 30 laboratoare); *Informatică* (științe exacte), semestrul III, 120 ore - 4 credite (60 contact direct: 30 teorie, 30 laboratoare) și *Designul jocurilor*, semestrul III, 120 ore (60 contact direct: 30 teorie, 30 laboratoare), 4 credite.

Programele de studii *Informatică aplicată*, *Securitate informațională*, *Tehnologia informației*, ce se regăsesc în oferta educațională a ASEM, conțin cursuri de 4-5 ECTS (56-60 ore de contact direct), ce abordează subiecte din domeniul rețelelor de calculatoare (Rețele informatice).

În cadrul programelor de studii superioare de licență, oferite de USARB (*Informatică și Tehnologia informației*), de asemenea se studiază un curs de rețelistică: *Arhitectura, administrarea și securitatea rețelelor*, din semestrul V, căruia i se alocă 150 ore (5 credite): 75 contact direct: 30 teorie, 45 laboratoare. Ba mai mult, pentru specialitatea *Tehnologia informației*, acest curs este separat în două părți: una obligatorie, studiată în anul II, semestrul III, 5 credite 150 ore (75 contact direct: 30 teorie, 45 laboratoare), și alta la alegere: anul III, semestrul 5, 150 ore (75 contact direct: 30 teorie, 45 laboratoare).

Ofertele educaționale ale universităților din România, conțin programe de studii de licență în cadrul cărora se studiază rețelele de calculatoare. Printre acestea, se pot menționa:

- Politehnica, București, cu programul *Tehnologia informației*, care conține cursul *Rețele locale* (Local Area Networks), în anul 3 și cursul *Proiectarea Rețelelor de Calculatoare* (Computer Network Design) la Specializarea C1: Computer Systems Architecture, în anul 4.
- Politehnica, Timișoara, cu programele: *Informatica, Tehnologia informației, Calculatoare, Automatică și informatică aplicată*, la care se predă cursul de *Rețele de calculatoare* (4-5 credite) și cursul *Administrarea rețelelor* (5 credite).
- Universitatea „A. I. Cuza” din Iași, în cadrul căreia se predă cursul *Rețele de calculatoare* în anul 2, semestrul 3, 6 credite, la specialitatea *Informatică*.

În oferta educațională a universităților din Statele Unite, de asemenea se regăsesc cursuri de rețelistică sub diferite titlaturi: *Introducere în rețele și aplicațiile acestora* (specialitatea *Computer Science*, Universitatea din IOWA, anul III, semestrul 5); *Introducere în rețele de calculatoare* (specialitatea *Computer and Network Security*, Universitatea Stanford); *Rețele de calculatoare* (specialitatea *Computer Science*, Universitatea Princeton); sau *Analiza performanței rețelelor locale* (specialitatea *Computer Science*, Universitatea Portland).

În cadrul universităților europene, așa ca Universitatea Oxford, Universitatea Tehnică din Berlin, Universitatea Paris-Saclay, Universitatea Grenoble Alpes și altele, ce oferă programe de studii la specialitățile informatice *Informatics* sau *Computer Science*, se studiază așa cursuri conexe rețelelor de calculatoare, precum: *Arhitecturi de rețea, Systems and networks, Introduction aux systèmes et réseaux, Computer networks* etc.

Predarea cursurilor de rețele de calculatoare la majoritatea specializărilor informatice din universitățile europene, americane și naționale, este dictată de cerințele tehnice globale, în care circuitul informației se realizează în milioane de rețele locale, metropolitane și globale, iar specialiștii în domeniu trebuie să fie capabili să proiecteze și administreze aceste rețele de calculatoare, totodată ținând cont de necesitatea stringentă a asigurării securității informaționale.

Aspecte didactice ale predării cursului de rețelele de calculatoare

Cursul universitar *Rețele de calculatoare* are un aspect practic accentuat, deoarece obiectul de studiu al acestuia este constituit din setul de dispozitive fizice, interconectate prin intermediul unor medii de comunicație, cu scopul schimbului de date și informații, astfel accesându-se resursele fizice, logice și informaționale comune ale acestui ansamblu [2, 3, 4]. Praxiologia acestui curs mai rezidă și din modelele de conexiune diverse: prin cabluri metalice, submarine sau din fibră de sticlă, prin radio, WLAN, Wi-Fi sau Bluetooth, prin raze infraroșii, prin intermediul tehnologiilor de telefonie mobilă sau prin intermediul sateliților. De asemenea, practicismul cursului este evidențiat și de spațiul necesar proiectării și aranjării nodurilor unei rețele la nivel fizic și logic, dictat de topologia acesteia. Prin urmare, pentru dezvoltarea unor competențe specifice cursului *Rețele de Calculatoare* la nivel înalt și pentru evitarea studiului teoretic superficial, este necesar un laborator de calculatoare spațios, bine echipat, cu diverse dispozitive specifice conexiunilor în rețea, ceea ce deseori, este foarte greu de realizat.

Laboratorul de rețele de calculatoare, echipat cu hardware și software specializat, ce permite configurarea, gestionarea și analizarea rețelelor, servește drept mediu dedicat în care se desfășoară activități de învățare, dezvoltare, testare și cercetare în domeniul rețelelor de calculatoare.

În ceea ce privește hardware-ul, într-un laborator de rețele de calculatoare trebuie să existe:

- echipamente de rețea, cum ar fi routere, comutatoare, firewall, servere, switch-uri, puncte de acces wireless și alte dispozitive necesare pentru a construi și testa diferite topologii și scenarii de rețea;
- infrastructură de cablare adecvată, așa ca patch panel-uri, cabluri Ethernet, prize și alte elemente necesare pentru conectarea și gestionarea cablurilor.

Vis-a-vis de software, necesar configurării, gestionării și analizei rețelelor, în laborator trebuie să fie instalate diverse aplicații specializate și instrumente de rețea, așa ca:

- sisteme de operare de rețea, cum ar fi Cisco IOS sau Juniper Junos, aplicații de rețea utilizate pentru monitorizare și depanare;
- software de virtualizare pentru a crea medii de rețea virtuale, a testa topologii complexe de rețea într-un mediu virtual, cum ar fi Cisco Packet Tracer, GNS3 sau VMware, fără a avea nevoie de hardware fizic suplimentar.

Un astfel de laborator de rețele trebuie să permită efectuarea de experimente și teste practice într-un mediu controlat, precum: crearea și configurarea rețelelor, efectuarea testelor de performanță, simularea atacurilor cibernetice și analiza traficului de rețea pentru a înțelege și a rezolva probleme legate de securitate, scalabilitate și optimizarea rețelei.

Dar cel mai important rol al laboratorului de rețele de calculatoare, în contextul cursului universitar analizat, constă în valorificarea acestuia în scopuri educaționale, pentru instruirea studenților sau a profesioniștilor din domeniul IT, oferind un mediu oportun de practică interactivă, însușirea cunoștințelor teoretice și dezvoltarea la studenți a competențelor practice în domeniul rețelelor de calculatoare.

Cisco Packet Tracer

Software-ul *Cisco Packet Tracer*, reprezintă un instrument puternic de simulare a rețelelor de calculatoare, disponibil gratuit pentru studenți, instructori și membrii *Netacad* (Cisco Networking Academy), ce este indispensabil formării și dezvoltării competențelor din domeniul rețelelor de calculatoare, deoarece nu necesită echipament real [5].



Figura 1. Pagina de start – Cisco Packet Tracer

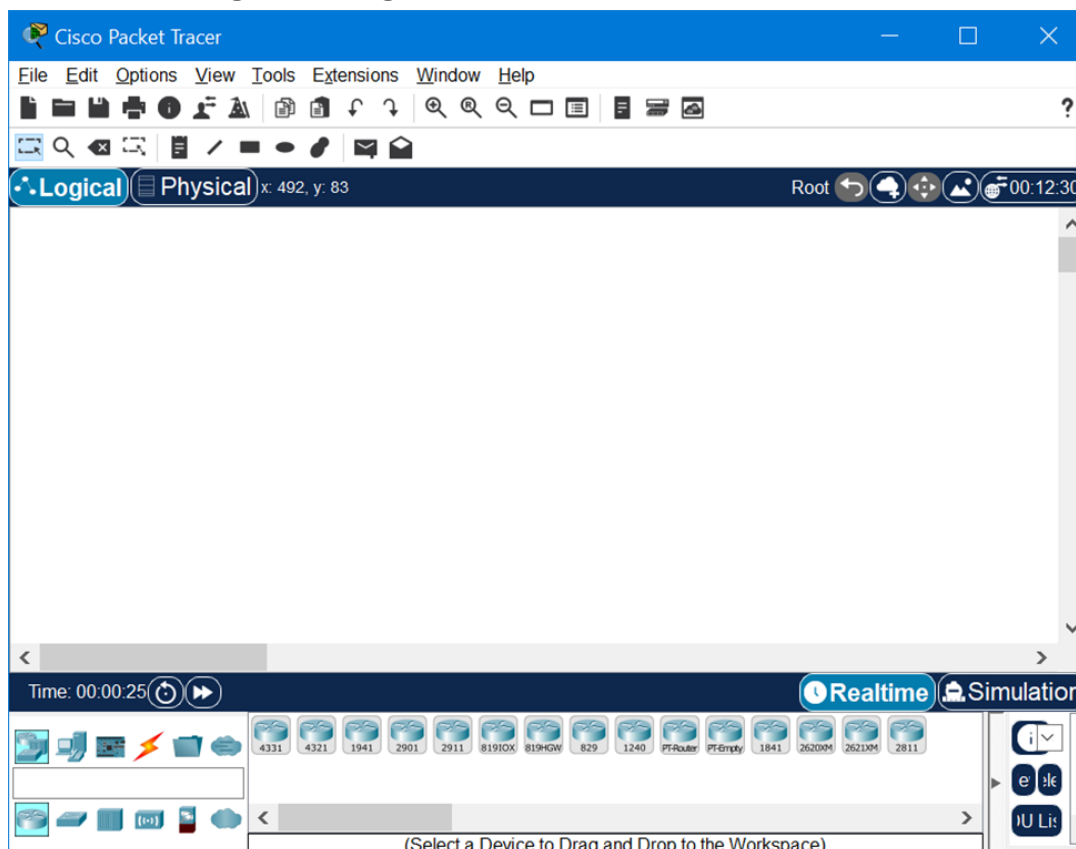


Figura 2. Interfața principală – Cisco Packet Tracer

Pentru a descărca ultima versiune disponibilă a soft-ului de pe site-ul oficial *Netacad* [6], secțiunea *Packet Tracer*, este necesar preventiv de creat un cont gratuit. Instalarea se realizează în mod obișnuit, executând și urmând instrucțiunile, acceptând termenii și condițiile utilizării software-ului și selectând opțiunile potrivite în timpul procesului. După instalarea și deschiderea aplicației *Cisco Packet Tracer* (figura 1), pe ecranul de autentificare se vor introduce detaliile contului creat anterior pe site-ul *Cisco Networking Academy*.

Interfața principală a aplicației oferă diferite instrumente și opțiuni pentru a crea și configura rețele virtuale (figura 2).

În caseta componentelor rețelei, plasată în stânga panoului de jos, se vor putea accesa dispozitivele de rețea disponibile și grupate pe categorii. De exemplu, în categoria routere, se pot accesa diverse modele de router Cisco (figura 3), cum ar fi 1841 și 2811, ce permit configurarea rețelelor virtuale locale (VLAN).

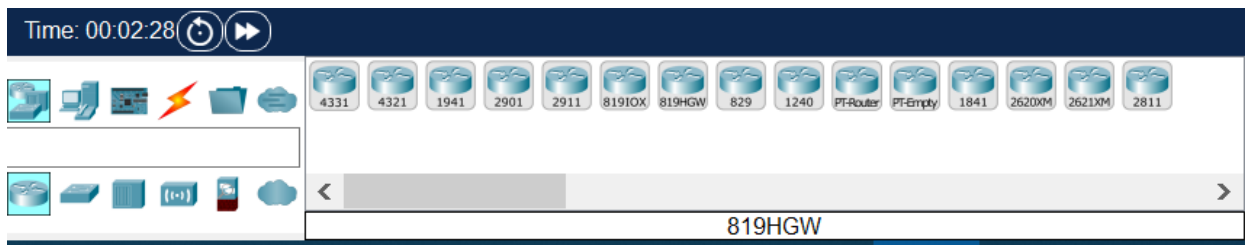


Figura 3. Bara de instrumente Cisco Packet Tracer cu routere

În categoria switch-uri, de asemenea sunt propuse serii de dispozitive de comutare de marca Cisco (figura 4). În mesajul din bara de stare este vizibilă invitația de a selecta un dispozitiv și de a-l plasa pe spațiul de lucru prin glisare (Drag and Drop), ceea ce este valabil pentru orice componentă de rețea aleasă.

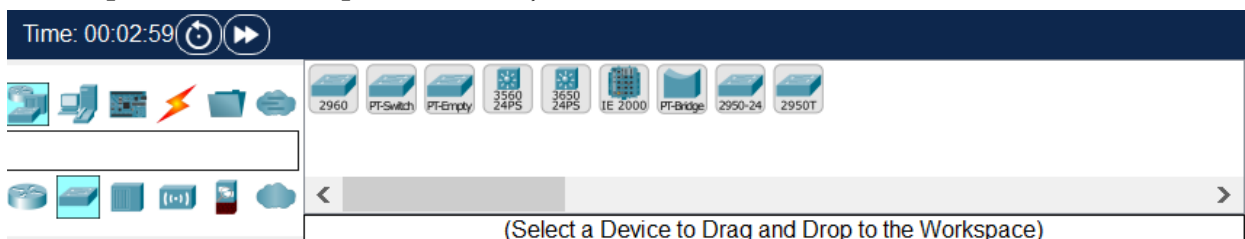


Figura 4. Bara de instrumente Cisco Packet Tracer cu switch-uri

Dacă însă se dorește ca toate nodurile din rețea să aibă acces la pachetul de date ce traversează rețeaua, atunci se va utiliza un hub, ce poate fi accesat din caseta din figura 5.



Figura 5. Bara de instrumente Cisco Packet Tracer cu Hub și splitter coaxial

Pentru diferite modele de routere wireless, se accesează un dispozitiv din caseta din figura 6.

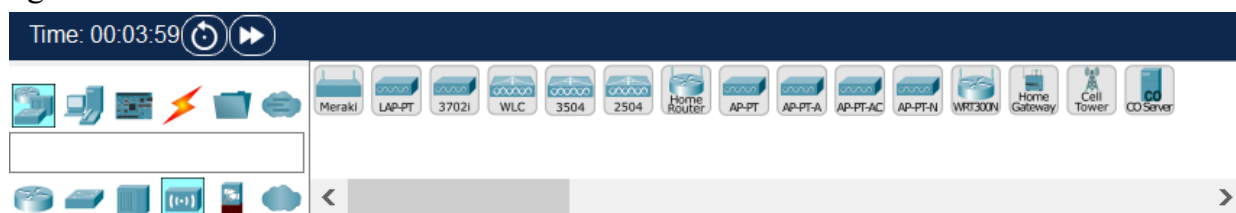


Figura 6. Bara de instrumente Cisco Packet Tracer cu server și gateway

Cea mai bogată casetă de dispozitive este cea a perifericelor ce vor servi drept capete de client-server și include PC-uri, laptopuri, servere, imprimante etc. (figura 7).

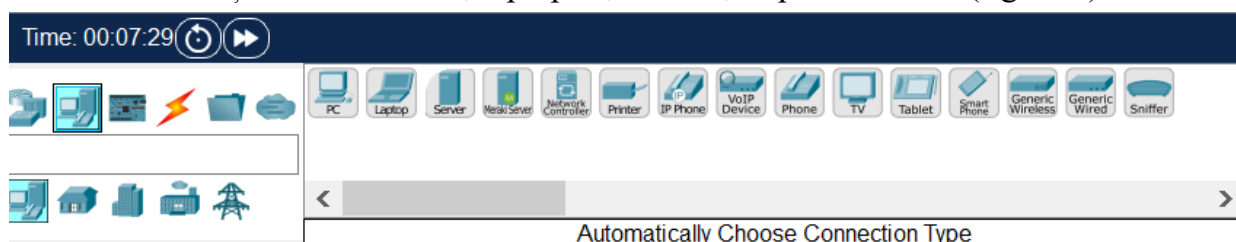


Figura 7. Bara de instrumente Cisco Packet Tracer cu dispozitive ce pot fi conectate la rețea

Pentru a realiza legătura dintre dispozitivele selectate anterior, sunt necesare diferite tipuri de cabluri și conexiuni, accesibile în caseta din figura 8. Conexiunea poate fi realizată cu ajutorul cablurilor: console, copper straight-through, copper cross-over, fiber, phone, coaxial și serial.



Figura 8. Bara de instrumente Cisco Packet Tracer cu dispozitive de conexiune între nodurile rețelei

Cablurile de conexiune pot fi accesate tot prin metoda drag-and-drop, până la un capăt al conexiunii, apoi prin tragere, către celălalt capăt. Activarea unor săgeți de culoarea verde de-a lungul canalului de comunicare, va fi un indiciu că a fost selectat tipul de cablu corect pentru dispozitivele legate. În cazul selectării greșite a unui cablu, aplicația furnizează un mesaj de eroare („The cable cannot be connected to that port”), iar studenții vor fi încurajați să selecteze un alt tip (figura 9). Acest moment este destul de util în cazul unei rețele virtuale, ceea ce nu întotdeauna se poate realiza în cazul unei rețele reale și ar putea duce la pierderi materiale esențiale.

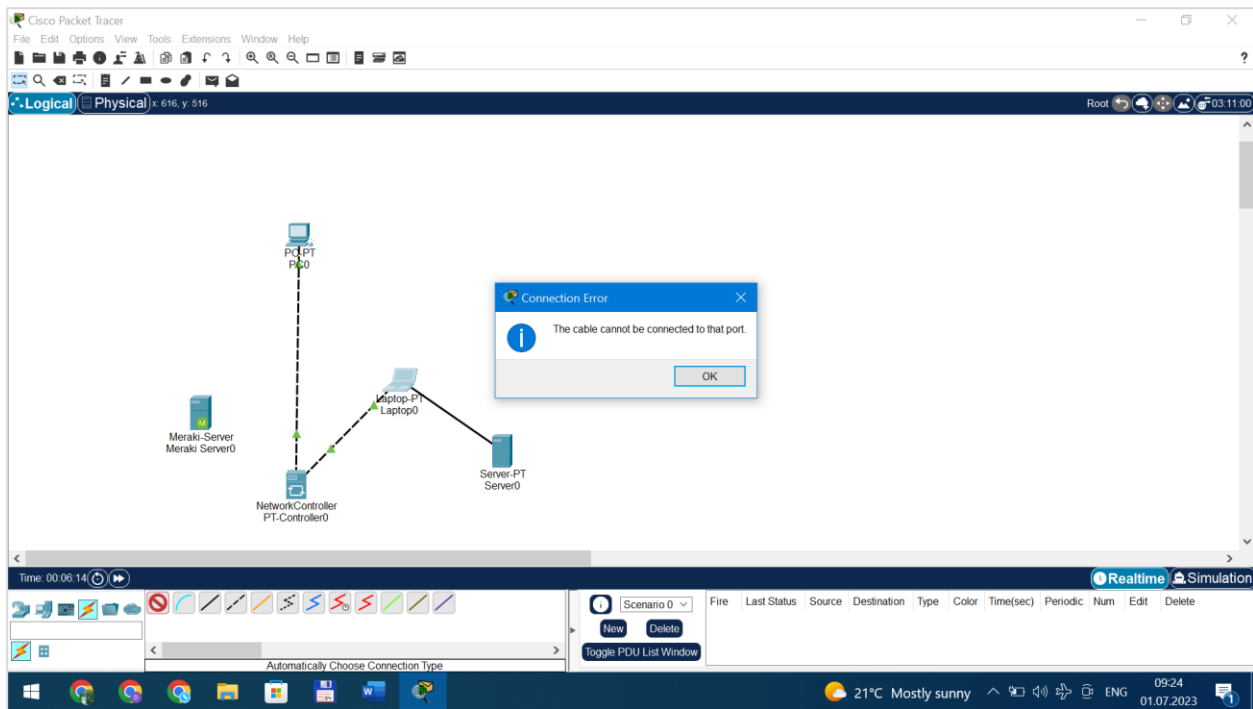


Figura 9. Eroare de conexiune între nodurile rețelei

După proiectarea și realizarea rețelei virtuale, studenții vor fi antrenați în lucru cu partea de software, ce constă în configurarea și setarea parametrilor dispozitivelor cu opțiunile corespunzătoare. Astfel, pot fi configurate interfețele dispozitivelor, adresele IP, VLAN-urile, serviciile de rețea, poate fi făcută routarea și multe alte activități. De asemenea, se poate interacționa cu dispozitivele în timp real și simula comportamentul rețelei.

Aplicația Cisco Packet Tracer permite și testarea unor scenarii de rețea, pentru a rezolva probleme, a efectua depanări și a înțelege conceptele de rețea prin intermediul laboratoarelor și exercițiilor practice disponibile. De asemenea, pot fi create și simulate atacuri cibernetice și analizat traficul de rețea.

Odată finalizat un proiect, acesta trebuie salvat pentru o ulterioară accesare și în caz de necesitate poate fi partajat cu alți utilizatori pentru colaborare și evaluare.

Este important de menționat că Cisco Packet Tracer este un instrument de simulare și învățare a conceptelor de rețea, de dobândire a experienței practice într-un mediu de laborator virtual și poate fi utilizat pentru a proiecta și testa o rețea ce urmează a fi implementată ulterior într-o situația reală.

Înainte de proiectarea unei rețele virtuale, propusă ca sarcină de către profesor, studentul trebuie să urmeze un plan, care conține acțiuni de:

1. identificare a necesităților întreprinderii pentru care se proiectează VLAN-ul;
2. selectarea a echipamentului necesar;
3. stabilire a adreselor IP, prin completarea eventuală a unui tabel corespunzător (tab. 1);
4. configurare a rețelei proiectate.

Tabelul 1. Exemplu de adrese IP, distribuie după necesități

Nume subrețea	Dimensiunea necesară	Dimensiunea alocată	Adresa IP	Sub Mask	Mask	Interval atribuibil	Broadcast
VLAN 1 management	254	254	192.168.0.1	/24	255.255.255.0	192.168.0.2-192.168.0.254	192.168.0.255
VLAN 101 contabilitatea	254	254	192.168.1.1	/24	255.255.255.0	192.168.1.2-192.168.1.254	192.168.1.255
VLAN 102 personal	254	254	192.168.2.1	/24	255.255.255.0	192.168.2.2-192.168.2.254	192.168.2.255
VLAN 103 dispecerat	254	254	192.168.3.1	/24	255.255.255.0	192.168.3.2-192.168.3.254	192.168.3.255
VLAN 104 secretariat	254	254	192.168.4.1	/24	255.255.255.0	192.168.4.2-192.168.4.254	192.168.4.255

În figura 10 este reprezentată topologia unei rețele interne corporative, care este divizată pe VLAN-uri și utilizează tabelul 1 de adrese IP.

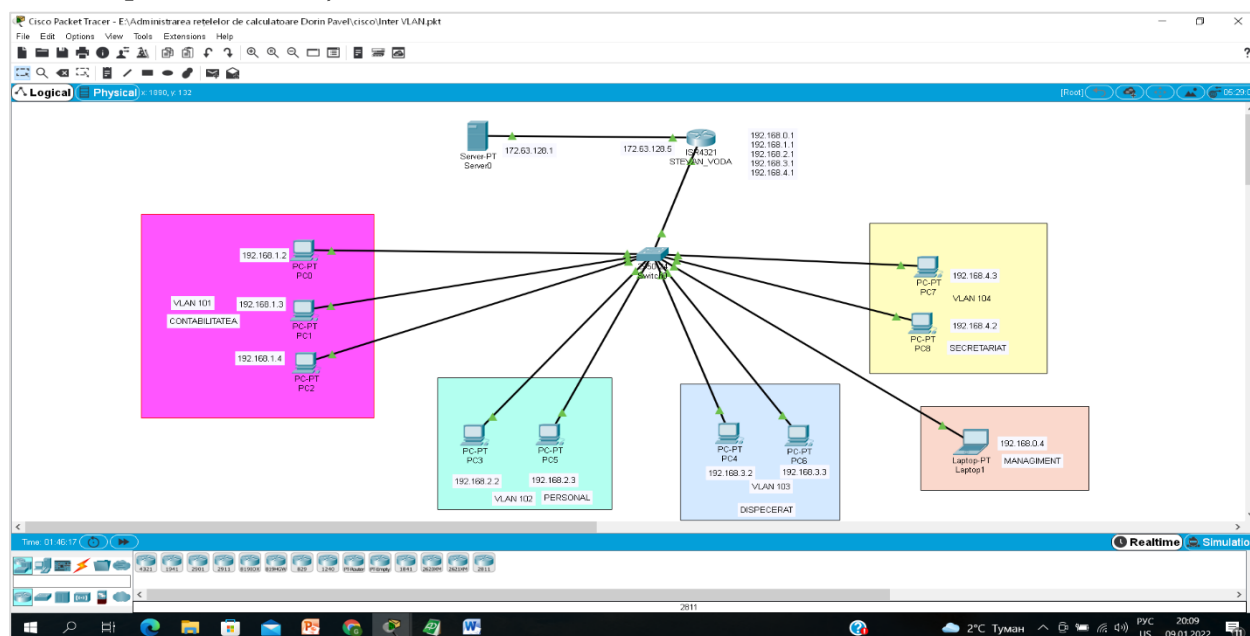


Figura 10. Topologia unei rețele interne corporative, divizată pe VLAN-uri

Port	Link	VLAN	IP Address	MAC Address
FastEthernet0/1	Up	101	--	00E0.B015.DB01
FastEthernet0/2	Up	101	--	00E0.B015.DB02
FastEthernet0/3	Up	101	--	00E0.B015.DB03
FastEthernet0/4	Up	102	--	00E0.B015.DB04
FastEthernet0/5	Up	102	--	00E0.B015.DB05
FastEthernet0/6	Down	102	--	00E0.B015.DB06
FastEthernet0/7	Up	103	--	00E0.B015.DB07
FastEthernet0/8	Up	103	--	00E0.B015.DB08
FastEthernet0/9	Down	103	--	00E0.B015.DB09
FastEthernet0/10	Up	104	--	00E0.B015.DB0A
FastEthernet0/11	Up	104	--	00E0.B015.DB0B
FastEthernet0/12	Down	104	--	00E0.B015.DB0C
FastEthernet0/13	Up	--	--	00E0.B015.DB0D
FastEthernet0/14	Down	1	--	00E0.B015.DB0E
FastEthernet0/15	Down	1	--	00E0.B015.DB0F
FastEthernet0/16	Down	1	--	00E0.B015.DB10
FastEthernet0/17	Down	1	--	00E0.B015.DB11
FastEthernet0/18	Down	1	--	00E0.B015.DB12
FastEthernet0/19	Down	1	--	00E0.B015.DB13
FastEthernet0/20	Down	1	--	00E0.B015.DB14
FastEthernet0/21	Down	1	--	00E0.B015.DB15
FastEthernet0/22	Down	1	--	00E0.B015.DB16
FastEthernet0/23	Down	1	--	00E0.B015.DB17
FastEthernet0/24	Up	1	--	00E0.B015.DB18
Vlan1	Down	1	<not set>	0090.0CCA.A855

Hostname: Switch
Physical Location: Intercity, Home City, Corporate Office, Main Wiring Closet

Figura 11. Setările curente ale unui switch

Pentru realizarea ultimului punct din planul stabilit și anume configurarea dispozitivelor, studentul va poziționa cursorul pe dispozitiv și dacă se lucrează în regimul „*Realtime*”, va putea în primul rând să vizualizeze setările acestuia (figura 11), apoi va face click pe acesta pentru a deschide fereastra corespunzătoare de configurare (figurile 12, 13).

```

Switch0
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#interface FastEthernet0/14
Switch(config-if)#no shutdown
Switch(config-if)#shutdown
Switch(config-if)#
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#interface FastEthernet0/15
Switch(config-if)#shutdown
Switch(config-if)#speed 100
Switch(config-if)#duplex half
Switch(config-if)#speed auto
Switch(config-if)#duplex auto
Switch(config-if)#
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#interface FastEthernet0/16
Switch(config-if)#shutdown
Switch(config-if)#
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#interface FastEthernet0/17
Switch(config-if)#shutdown
Switch(config-if)#
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#interface FastEthernet0/18
Switch(config-if)#shutdown
Switch(config-if)#
Ctrl+F6 to exit CLI focus
Copy Paste
 Top

```

Figura 12. Configurarea unui switch

```

Router0
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface
%LINK-5-CHANGED: Interface GigabitEthernet0/0/1.104, changed
state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface
GigabitEthernet0/0/1.104, changed state to up
Router(config-if)#
Router(config-if)#exit
Router(config)#interface GigabitEthernet0/0/1.101
Router(config-subif)#encapsulation dot1Q 101
Router(config-subif)#ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
Router(config-subif)#exit
Router(config)#interface GigabitEthernet0/0/1
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#
Router(config-if)#
Router(config-if)#
Router(config-if)#
Ctrl+F6 to exit CLI focus
Copy Paste
 Top

```

Figura 13. Configurarea unui router

Dacă se va selecta regimul de lucru „*Simulation*”, atunci studentul va vizualiza procesul interactiv de schimb de date.

Concluzii

Necesitatea formării și dezvoltării de competențe de proiectare și gestionare a rețelelor de calculatoare la viitorii informaticieni este indiscutabilă, iar aceasta se realizează prin intermediul cursurilor universitare de rețele de calculatoare, care sunt incluse în programele de studii din țară și de peste hotare. Un mediu propice și avantajos de desfășurare a activităților din cadrul procesului de predare-învățare a rețelilor de calculatoare este laboratorul dedicat și echipat corespunzător cu echipament și software specializat. În aceste condiții se evidențiază avantajele laboratorului virtual de rețele *Cisco Packet Tracer*:

- siguranța sporită pentru studenți că acțiunile realizate nu vor dăuna unor echipamente reale costisitoare;
- costuri minime la asigurarea bunei desfășurări a activităților practice la curs;
- creșterea nivelului de performanță practică a studenților în condiții de laborator;
- accesul studenților la gestionarea simplificată a rețelei elaborate;
- managementul eficient al grupeii de studenți;
- conectarea studenților la grupuri de interes prin înregistrarea în comunitatea academiei Cisco Networking (*Netacad*) și accesul acestora la cursurile oferite de platformă, webinare, sfaturile de carieră, posibilitățile de angajare etc.;

- oferirea unui mediu propice de implementare a metodologiei didactice moderne, bazată pe învățare prin interactivitate, soluționare de probleme, lucrul în echipă, colaborare, e-doing și altele.

În condițiile utilizării laboratorului virtual *Cisco Packet Tracer* se reduce efortul profesorului de a identifica soluții pentru o învățare conștientizată, atunci când lipsește echipamentul corespunzător. Cadrul didactic se va concentra în acest caz pe elaborarea unui set de sarcini individuale în care sunt descrise situații reale, pe care le va propune studenților, fie în calitate de lucrare de laborator, fie în calitate de proiect de curs, în dependență de complexitatea acestora.

Articol realizat în cadrul proiectului de cercetări științifice „Metodologia implementării TIC în procesul de studiere a științelor reale în sistemul de educație din Republica Moldova din perspectiva inter/transdisciplinarității (concept STEAM)”, inclus în „Program de stat” (2020-2023), Prioritatea IV: Provocări societale, cifrul 20.80009.0807.20, cu suportul financiar oferit de Agenția Națională pentru Dezvoltare și Cercetare

Bibliografie

1. PAVEL, D.; PAVEL, M. Abordări metodice în predarea disciplinei „Rețele de calculatoare”. În: CECMI, *Mathematics and Information Technologies: Research and Education dedicated to the 65th anniversary of the Moldova State University*, MITRE 2011. Chisinau: USM, August 22 – 25, 2011. p.189-190.
2. TANENBAUM, A.S.; WETHERALL, D.J. *Computer networks*, 5th ed. Pearson, 2013.
3. LUPȘA, R.-L. *Rețele de calculatoare. Principii*. Cluj: Casa Cărții de Știință, 2008.
4. PAVEL, M.; PAVEL, D. *Programarea în rețea. Suport de curs*. Chișinău: UST, 2021. 60 p. ISBN 978-9975-76-352-3.
5. <https://www.tutorialspoint.com/what-is-cisco-packet-tracer>
6. <https://www.netacad.com/courses/packet-tracer>