

**Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Electronică și Telecomunicații
Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice**

**Admis la susținere
Șef departament:
Tîrșu Valentina, conf.univ., dr.**

„_____” _____ 2024

Modernizarea infrastructurii de transport date a operatorului de servicii multifuncționale prin migrarea către tehnologia MPLS

Teză de master

Student: Vainștein Anatolie, grupa MMRT-221M

Conducător: Țurcanu Dinu, conf.univ., dr.

Chișinău 2024

REZUMAT

Vainștein Anatolie, grupa MMRT-221M.

Tema tezei: Modernizarea infrastructurii de transport date a operatorului de servicii multifuncționale prin migrarea către tehnologia MPLS.

Teza este constituită din introducere, trei capitole, concluzii și bibliografie.

Cuvinte-cheie: MPLS, VoIP, Dynamips, Dynagen, securitatea datelor.

În teza de master este efectuată analiza serviciilor moderne prestate de către furnizorii comunicațiilor electronice în baza tehnologiei comutație de pachet. Tehnologia dată, numită MPLS (Multi-Protocol Label Switching), permite prestarea diverselor servicii în sfera comunicațiilor electronice în baza infrastructurii de rețea și la viteze sporite transfer date. Această tehnologie permite transmisia vocii, video și a datelor, fiind performantă pentru conectarea rețelelor locale a diferitor întreprinderi.

Obiectivele urmărite în teză sunt cercetarea și proiectarea rețelei MPLS în baza produselor Dynamips/Dynagen, analiza serviciilor oferite de tehnologia dată, evidențierea tendințelor în dezvoltarea ramurii de telecomunicații.

În capitolul 1 sunt prezentate particularitățile de bază și principiile de funcționare ale rețelei de comunicații MPLS, serviciile oferite de tehnologia dată, cât și avantajele rețelei de comunicații în baza tehnologiei comutație de pachet MPLS.

În capitolul 2 sunt studiate particularitățile rețelelor virtuale private VPN organizate în rețeaua MPLS, sunt analizate diverse tipuri ale rețelelor VPN, precum și infrastructura rețelei de comunicații MPLS.

În capitolul 3 este proiectată rețeaua de comunicații MPLS pentru furnizorul de servicii Internet în baza produselor Dynamips/Dynagen: a fost prezentată grafic rețeaua proiectată, au fost selectate echipamentele necesare, a fost efectuată configurarea echipamentelor conform tehnologiei MPLS, organizate rețelele virtuale private pentru mai mulți clienți corporativi, la fel s-a demonstrat funcționalitatea rețelei proiectate.

Rețeaua proiectată permite utilizarea diverselor servicii: transfer de date, voce și video. Tehnologia MPLS acceptă transmisia traficurilor LAN discrete, neuniforme și de viteze înalte, ce o avantajează față de rețelele tradiționale sau liniile private.

Multi-Protocol Label Switching oferă posibilitatea întreprinderilor și furnizorilor de servicii Internet să proiecteze rețele inteligente de ultimă generație care oferă o gamă largă de servicii avansate, cu nivel de calitate înalt, peste infrastructură unică.

SUMMARY

Vainştein Anatolie, group MMRT-221M.

Thesis topic: Modernization of the data transport infrastructure of the multifunction service operator by migrating to MPLS technology.

The thesis consists of introduction, three chapters, conclusions and bibliography.

Keywords: MPLS, VoIP, Dynamips, Dynagen, data security.

In this master thesis are studied modern services offered by providers of electronic communications based on packet switching technology. The technology called MPLS (Multi-Protocol Label Switching), allows the provision of various services in the electronic communications based on the same infrastructure of network and very high speed data transfer. This technology provides sending voice, video and data, ideal for connecting local networks of different companies.

The objectives of this thesis are to research and to design MPLS network on base Dynamips/Dynagen products, to analyse the services offered by this technology, highlighting trends in the development of telecommunications industry.

In first chapter are presented the basic features and operating principles of the MPLS network, the technology services, as well as the advantages of MPLS network.

In second chapter are studied the features of the virtual private networks organized on MPLS network, are analyzed various types of VPNs and the infrastructure of MPLS network of communications.

In third chapter is designed the MPLS network of communications for the Internet service provider on base Dynamips/Dynagen products: was presented graphically the designed network, was selected necessary equipment, was configured equipment under MPLS technology, were created virtual private networks for corporate clients, was demonstrated functionality of designed network.

The designed network allows the use of various services, such as: data transfer, voice and video. The MPLS technology supports the transmission of LAN traffic discreet, not uniform and high speeds, which makes this technology more advantageous to traditional networks and private lines.

Multi-Protocol Label Switching offeres to enterprises and Internet service providers to build next-generation intelligent network that provides a wide range of advanced services with high quality level, over a single infrastructure.

CUPRINS

INTRODUCERE	8
1. AVANTAJUL UTILIZĂRII TEHNOLOGIEI MPLS ÎN COMUNICAȚII ELECTRONICE ȘI TEHNOLOGIA INFORMAȚIEI	10
1.1. Funcționalitate MPLS. Structura etichetei și modelele de transport date cu QoS	10
1.2. Asigurarea comunicațiilor electronice în baza rețelelor cu comutație multiprotocolară. Caracteristica protocolului RSVP-TE în scopul asigurării QoS	24
2. FUNCȚIONALITATEA MPLS/VPN ÎN CADRUL REȚELEI MULTIFUNCȚIONALE DE COMUNICAȚII A OPERATORILOR TRANSPORT DATE	29
2.1. Caracteristica și metodele de realizare a tunelelor VPN peste MPLS Layer 2 și Layer 3	32
2.2. Analiza implementării tehnologiei MPLS / VPN pentru prestatorii de servicii Internet	35
3. TESTAREA FUNCȚIONALITĂȚII TEHNOLOGIEI MPLS UTILIZÂND PRODUSUL SOFTWARE OPEN SOURCE - GNS	39
3.1. Proiectarea rețelei MPLS utilizând produsele software de simulare	39
3.2. Implementarea topologiei fizice, configurarea de bază și a opțiunilor suplimentare MPLS, testarea funcționalității și conectivității rețelei proiectate	43
CONCLUZII	68
BIBLIOGRAFIE	70

INTRODUCERE

Progresele tehnologice impresionante înregistrate în domeniul calculatoarelor și, în special, în domeniul comunicațiilor dintre acestea, au condus la o creștere spectaculoasă a dezvoltării rețelelor de comunicații. Pornind de la rețele locale LAN (Local Area Network), rețele de arie extinsă WAN (Wide Area Network) sau metropolitane MAN (Metropolitan Area Network) și până la rețele de sateliți, această creștere s-a datorat cerințelor de comunicare și a utilizării unor metode mai performante din punct de vedere al timpului de așteptare, al fiabilității legăturilor și al securității datelor.

O importanță deosebită în dezvoltarea rețelelor a avut-o, desigur, Internet-ul, această "rețea a rețelelor", care a oferit oricui posibilitatea accesului la o bază de date mondială prin intermediul căreia se pot accesa documente, informații de diverse tipuri, care a oferit comunicarea cu orice persoană conectată la rețeaua Internet, această tendință fiind și mai vizibilă după pandemia de COVID-19 [1-2].

Tendențele din domeniul rețelelor de calculatoare cuprind diverse aspecte, cum ar fi: apariția și dezvoltarea de noi protocoale și medii de comunicații ce permit viteze înalte de transport date, dezvoltarea fără precedent a comunicațiilor fără fir, deosebit de necesare utilizatorilor mobili, dezvoltarea rețelelor de sateliți, a accesului la distanță în scopul unor operațiuni de comerț electronic sau pentru diverse tranzacții electronice on-line.

În prezenta teză sunt analizate prestarea serviciilor moderne de către furnizorii comunicațiilor electronice în baza tehnologiei comutație de etichete simulată în produsul software GNS. Tehnologia dată, numită MPLS (Multi-Protocol Label Switching), permite prestarea diverselor servicii în sfera comunicațiilor electronice în baza infrastructurii de bandă largă și la viteze sporite de transfer date.

Actualitatea temei investigate constă în faptul că actualmente se transmit fluxuri informaționale voluminoase, iar utilizarea tehnologiei MPLS în scopul creării infrastructurii furnizorului de servicii permite soluționarea acestei probleme. De asemenea, MPLS permite suprapunerea noilor servicii pe infrastructura existentă cu funcționarea concomitentă, fără degradarea acestora.

În acest context, factorul principal care determină actualitatea prezentei teze constă în implementarea și adaptarea practică în ramura de comunicații electronice și tehnologia informației al Republicii Moldova a tehnologiei IP/MPLS.

Scopul tezei constă în studierea amplă a tehnologiei MPLS, în cercetarea, simularea în cadrul aplicației GNS, materializarea efectelor benefice.

Pornind de la scopul urmărit, obiectivele cercetării și proiectării sunt:

- analiza și studierea particularităților de bază și principiul de funcționare al rețelei MPLS;
- analiza serviciilor oferite de tehnologia menționată și avantajele rețelei în baza protocolului MPLS;
- evidențierea tendințelor în dezvoltarea ramurii de telecomunicații;
 - elaborarea structurii rețelei de comunicații a furnizorului de servicii în aplicația open source GNS;
- selectarea și configurarea echipamentelor necesare;
- demonstrarea funcționalității rețelei informaționale de comunicații, organizate în baza tehnologiei MPLS.

Metodele de studiere și proiectare conform scopurilor și sarcinilor, constau în analiza sistemică, documentară și comparativă, în proiectarea rețelei și simularea funcționării în pachetul software și în abordarea complexă a temei cercetate. Este reprezentată grafic rețeaua proiectată pentru prestatorul de servicii de comunicații.

Noutatea științifică a rezultatelor cercetării și proiectării constă în:

- relevarea particularităților funcționării și dezvoltării domeniului de telecomunicații al Republicii Moldova în condițiile actuale și precizarea tendințelor fundamentale existente pe piețele de telecomunicații;
 - aprecierea tehnologiei MPLS, ca una bazată pe comutație de pachete, fiind foarte eficientă, cu posibilități esențiale de asigurare a calității serviciului;
 - aprecierea proiectării rețelei securizate, multifuncționale și rentabile din punct de vedere tehnic și economic;
 - precizarea metodelor de configurare eficientă a echipamentelor necesare pentru a menține nivelul necesar de calitate a transferului.

CONCLUZII

Apariția aplicațiilor de tip multimedia, avantajelor obținute în domeniul perfecționării fibrei optice, sporirea vitezei de transmisiune, integrarea diferitor tipuri de trafic asigură rețelelor de calculatoare și rețelelor corporative posibilități noi.

În teza dată este efectuată simularea în produsul open source GNS a rețelei de comunicații pentru furnizorul de servicii în baza tehnologiei MPLS, care prevede o eficiență sporită de securitate a transmisiei datelor și de fiabilitate înaltă a rețelei.

Rețeaua proiectată în cadrul tezei, corespunde totalmente cerințelor unui sistem modern de comunicații. Rețelele private virtuale în baza tehnologiei MPLS sunt securizate, transmisia informației efectuându-se prin canale virtuale, astfel se exclude interceptarea datelor de persoanele terțe. Totodată, calea de transmisie a datelor se schimbă frecvent, ceea ce suplimentar exclude captarea informației. Rețeaua IP/MPLS este fiabilă și posedă o redundanță sporită, fiind înzestrată cu echipament redundant necesar în caz de defecțiune a echipamentului de bază.

Rețeaua proiectată permite utilizarea serviciilor multimedia, tehnologia MPLS acceptă transmisia traficurilor LAN discrete, neuniforme și cu viteze înalte, fapt ce îi conferă avantaje suplimentare față de rețelele tradiționale sau liniile private.

Rețelele inteligente reprezintă un concept arhitectural de prestare a serviciilor de comunicații noi, având următoarele caracteristici:

- Utilizarea pe larg a metodelor contemporane de prelucrare a informației;
- Utilizarea eficientă a resurselor de rețea;
- Modularitatea, funcționalitatea și eficiența rețelelor;
- Posibilități de elaborare și introducere a serviciilor cu ajutorul funcțiilor de rețea;
- Interacțiunea standardizată a funcțiilor de rețea prin intermediul interfeței rețelelor de comunicații;
- Dirijarea standardizată cu logica serviciilor.

Tehnologia MPLS este performantă pentru proiectarea rețelei de comunicații a furnizorului de servicii Internet și conform raportului preț/calitate. Protocolul MPLS oferă o calitate înaltă a serviciilor, astfel clienții pot beneficia de servicii multimedia, inclusiv VoIP sau alte servicii real-time. De asemenea, avantajul tehnologiei menționate permite utilizarea unui număr redus de echipamente, reducerii numărului liniilor de transmisiuni și numărului porturilor de acces prin oferirea vitezei înalte de procesare a datelor transmise.

Pentru clienții corporativi care necesită transfer securizat de date, în teza dată, este propusă o metodă eficientă de proiectare a unei rețele private modernă, fiabilă, scalabilă, multifuncțională.

Aplicația GNS furnizează simularea vizuală a echipamentelor și a proceselor de rețea în scopul compensării lipsei echipamentului activ.

Deși există și alte produse de simulare a echipamentelor Cisco, ele nu includ avantajele simulatorului GNS utilizat pe scară largă de milioane de profesioniști din domeniul TIC. Aplicația menționată ne soluționează unele provocări uzuale cu care administratorii rețelelor se confruntă zilnic, furnizează multiple variante de demonstrare a conceptelor de proiectare și configurare a rețelelor. Simulatorul Dynamips/Dynagen nu este substituentul echipamentelor, el permite exersarea utilizând interfața cu linii de comandă (CLI).

Viitorul este bazat pe rețelele de comunicații inteligente, care posedă posibilitățile tehnice ce corespund cerințelor de următoare generație ale rețelelor, ele sunt recunoscute de către elaboratorii de programe aplicative, furnizorii de servicii și producătorii de echipament.

BIBLIOGRAFIE

1. Dinu Țurcanu, Rodica Siminiuc, Viorel Bostan. The impact of the COVID-19 pandemic on the use of digital technologies in ensuring the efficient e-learning process at the Technical University of Moldova. *Creative Education*, 2020, 11, 2116-2132. <https://doi.org/10.4236/ce.2020.1110154>.
2. Dinu Țurcanu, Rodica Siminiuc, Viorel Bostan, Tatiana Țurcanu. Impact of the Covid-19 pandemic on the use of Microsoft 365 and learning outcomes at the Technical University of Moldova. *International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering. ICNBME 2021: 5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering*. pp 456 – 462. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92328-0_59.
3. Ludmila Peca, Dinu Țurcanu. *Computer networks: Practical examples solved to be introduced in computer networks*. ISBN 978-9975-45-812-2. Chișinău, Publisher „Tehnica-UTM”, 2022. Disponibil: <http://repository.utm.md/bitstream/handle/5014/20549/Computer-networks-Practical-examples-DS.pdf?sequence=1&isAllowed=>
4. Țurcanu D.N, Nistiriuc P.P, Alexei A.S, Finciuc S.I., Chihai A.G., Russu G.V., Nistiriuc I.V., Baxan L.V. Despre fiabilitatea hardware a rețelei de comunicații MPLS. 5th International Conference “Telecommunications, Electronics and Informatics” ICTEI 2015, pp 32-33, Chisinau, 20-23 May 2015.
5. RFC 3032: MPLS Label Stack Encoding.
6. Țurcanu Dinu. Evaluarea performanțelor tehnologiilor MPLS și Frame Relay în baza operatorului Uniflux-Line. 5th International Conference “Telecommunications, Electronics and Informatics” ICTEI 2015, pp 46-49, Chisinau, 20-23 May 2015.
7. Griza Vitalie, Țurcanu Dinu, Russu Gabriel, Chihai Andrei. Calitatea serviciilor în rețeaua MPLS. Conferința Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților ,Vol.1, 2014, pp 123-124, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Moldova, 20-21 octombrie 2014.
8. Chihai Andrei, Nistiriuc Ana, Țurcanu Dinu, Nistiriuc Ion, Russu Gabriel, Popovici-Sharma Natalia, Nistiriuc Pavel. Analiza asigurării fiabilității hardware a rețelelor de comunicații MPLS. Conferința științifică internațională „Perspectivele și Problemele Integrării în Spațiul European al Cercetării și Educației”, Universitatea de Stat „B.P. Hasdeu” din Cahul, 7 iunie 2016, Volumul II, pp 373-376

9. Dinu Țurcanu, Natalia Spinu, Serghei Popovici, Tatiana Țurcanu. Cybersecurity of the Republic of Moldova: a retrospective for the period 2015-2020. Journal of Social Sciences. Vol. IV, no. 1 (2021), pp. 74 – 83, [https://doi.org/10.52326/jss.utm.2021.4\(1\).10](https://doi.org/10.52326/jss.utm.2021.4(1).10)
10. Tsurcanu D., Nistiriuk P., et al. MPLS Network Hardware Reliability. 2007 17th International Crimean Conference - Microwave & Telecommunication Technology. Disponibil: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4368711>.
11. Tsurcanu D., Nistiriuk A., et al. Evaluation of Bit Error Rate probability for radio communications and fiberoptic communication systems. Disponibil: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6959370>.
12. Dinu Țurcanu. Quality of services in MPLS networks. Journal of Engineering Science. Vol. XXVII, no. 3 (2020), pp. 102 – 110, DOI: 10.5281/zenodo.3949674. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/JES-2020-3_102-110.pdf.
13. Ludmila Peca, Dinu Țurcanu. Network security: Practical examples solved to be introduced in network security. SBN 978-9975-45-941-9. Chișinău, Publisher „Tehnica-UTM”, 2023. Disponibil: <http://repository.utm.md/bitstream/handle/5014/22819/Network-security-Practical-examples-Guide.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
14. Țurcanu D., Modelul calității serviciilor QoS în rețelele de comunicații multifuncționale, Meridianul ingineresc nr.2. UTM. Chișinău, 2009. – p.43-47.
15. Țurcanu D., Modelul calității serviciilor QoS în rețelele de comunicații multifuncționale, Partea II, Meridianul ingineresc nr.4. UTM. Chișinău, 2009. – p.64-70.
16. Запечников С.В. Основы построения виртуальных частных сетей. – Москва: Радио и Связь, 2012.
17. Ahmed Abdelhalim “IP/MPLS-Based VPNs”, Service Provider Group Foundry Networks, Inc. 2012.
18. RFC 3031: MPLS Architecture.
19. Голдштейн Б.С., Кучерявый А.Е. Сети связи пост-NGN. – Санкт-Петербург: БХБ-Петербург, 2013.
20. Product Bulletin, No. 2727 for Cisco Multiservice Access Router: http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps282/prod_bulletin0900aecd8021b738.html.
21. Pietro Nicoletti “Hot Standby Routing Protocol Virtual Router Redundancy Protocol”, Publisher: Cisco Press, 2012, 137 p.
22. Jeff T. Buckwalter „MPLS: Technology and Practice”. Publisher: Addison-Wesley Professional, 2012.

23. Walter Goralski „Evaluating MPLS Technology for Your Organization”. Publisher: Computer Technology Research Corporation; 2010, 189 p.
24. Țurcan Rina, Țurcanu Dinu, Ciubuc Alexandru. The impact of Internet access on economic development. The 5th Economic International Conference „COMPETITIVENESS AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT”, 2-3.11.2023, pp 160-165, <https://doi.org/10.52326/csd2023.24>.