

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA**  
**Universitatea Tehnică a Moldovei**  
**Facultatea Electronică și Telecomunicații**  
**Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice**  
**Programul de master "Mentenanța și Managementul Rețelelor de Telecomunicații"**

**Admisă la susținere**  
**Șefa Departament TSE, conf.univ.,dr. Sava Lilia**

\_\_\_\_\_

” \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ **2023**

**ANALIZA SISTEMULUI INFORMATIC**  
**DE SIMULARE A SATELIȚILOR**

**Teză de master**

**Masteranda: \_\_\_\_\_ Rău Cristina**

**Conducător: \_\_\_\_\_ prof.univ.,dr.hab. Ganea Victoria**

**Chișinău - 2023**

## ADNOTARE

Rău Cristina, masteranda grupei MMRT-211M

Tema – Analiza sistemului informatic de simulare a sateliților.

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

Cuvinte-cheie: Sistem informatic, satelit, simulare, emulare, calitatea serviciilor, arhitectura, schemele de acces, managementul, propagarea undelor electromagnetice, antene.

Scopul prezentei teze este utilizarea sistemului informatic constituit dintr-un ansamblu de hardware și software pentru a emula dispozitivele satelit, inclusiv satelitul în întregime în contextul studierii compromisurilor de selectare a echipamentului și asigurării calității necesare de transmisie a informației.

În conformitate cu scopul tezei au fost determinate următoarele obiective:

1. Determinarea domeniilor de aplicare a emulatorului în contextul, că va varia de la sistemele de satelit cu orbită terestră geostaționară (GEO) la sistemele satelit cu orbită terestră joasă (LOW);
2. Modelarea privind statisticile despre pierderi și întârzieri de pachete, luând în considerare sistemul real și starea canalelor de comunicații;
3. Asigurarea transparenței de către emulator a dispozitivelor (modem sau o placă hardware, etc.) din componența satelitelui;
4. Asigurarea scalabilității de către emulator, adică complexitatea întregului sistem trebuie să fie, pe cât este posibil, independentă de extinderea sistemului satelit emulat;
5. Emulatorul trebuie să asigure suport pentru clasa de trafic, adică trebuie să accepte diferite clase la nivelul MAC (Media Access Control);
6. Asigurarea veridicității rezultatelor obținute prin intermediul emulatorului, adică rezultatele obținute de emulator trebuie să fie cât mai apropiate de rezultatele obținute de un sistem real prin satelit, care implementează aceeași strategie de comutație de pachete.

În teză au fost determinate orbitele sateliților și erorile orbitale, aria de acoperire și distanțele de organizare a comunicațiilor prin satelit. Au fost stabilite procedurile de proiectare a sateliților, cerințele de proiectare, autoritățile de reglementare, specificațiile sistemului, proiectarea electrică, mecanică și hardware, fiabilitatea sistemului, componentele sateliților, sistemele și tipurile de antene, de energie, procesare și comutare la bord. A fost efectuată planificarea simulării sateliților bazată recunoașterea foto și pe instrumente de clipuri. A fost examinat modelul matematic și modelul de simulare a costurilor sateliților, procedurile de acces, administrarea sistemelor satelit, particularitățile de propagare a undelor electromagnetice și de utilizare a diferitor tipuri de antene.

## ANNOTATION

Rau Cristina, the master student of the group MMRT-211M

Theme – Satellite simulation computer system analysis.

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

Key words: IT system, satellite, simulation, emulation, service quality, architecture, access schemes, management, propagation of electromagnetic waves, antennas.

The purpose of this thesis is to use the computer system consisting of a set of hardware and software to emulate the satellite devices, including the satellite in its entirety in the context of studying the compromises of equipment selection and ensuring the necessary quality of information transmission.

In accordance with the aim of the thesis, the following objectives were determined:

1. Determining the areas of application of the emulator in the context, that it will vary from Geostationary Earth Orbit (GEO) to Low Earth Orbit (LOW) satellite systems;
2. Modeling of packet loss and delay statistics, taking into account the real system and the state of the communication channels;
3. Ensuring transparency by the emulator of the devices (modem or a hardware board, etc.) from the satellite's composition;
4. Ensuring scalability by the emulator, that is, the complexity of the entire system must be, as far as possible, independent of the expansion of the emulated satellite system;
5. The emulator must provide support for the traffic class, that is, it must accept different classes at the MAC (Media Access Control) level;
6. Ensuring the veracity of the results obtained through the emulator, that is, the results obtained by the emulator must be as close as possible to the results obtained by a real satellite system, which implements the same packet switching strategy.

In the thesis, the orbits of the satellites and the orbital errors, the coverage area and the organization distances of satellite communications were determined. Satellite design procedures, design requirements, regulatory authorities, system specifications, electrical, mechanical and hardware design, system reliability, satellite components, antenna systems and types, power, on-board processing and switching were established. Satellite simulation planning was carried out based on photo recognition and clip tools. The mathematical model and simulation model of satellite costs, access procedures, administration of satellite systems, peculiarities of propagation of electromagnetic waves and use of different types of antennas were examined.

## CUPRINS

<b>INTRODUCERE.....</b>	<b>8</b>
<b>1. FUNDAMENTE TEHNICE ȘI PROIECTAREA SATELIȚILOR.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Preliminarii.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Orbitele satelitului și erorile orbitale.....</b>	<b>15</b>
<b>1.3 Aria de acoperire geometrică și distanțe.....</b>	<b>17</b>
<b>1.4 Destinația sateliților.....</b>	<b>23</b>
<b>1.5 Cerințele la proiectarea sateliților.....</b>	<b>32</b>
<b>1.6 Componentele sateliților.....</b>	<b>40</b>
<b>1.7 Integrarea sistemului.....</b>	<b>60</b>
<b>2. PROGRAMAREA SIMULĂRII SATELIȚILOR.....</b>	<b>69</b>
<b>2.1 Generalități.....</b>	<b>69</b>
<b>2.2 Programarea bazată pe recunoaștere.....</b>	<b>71</b>
<b>2.3 Programarea bazată pe instrumente de clipuri.....</b>	<b>77</b>
<b>3. MODELUL DE SIMULARE A COSTURILOR SATELIȚILOR.....</b>	<b>81</b>
<b>3.1 Generalități.....</b>	<b>81</b>
<b>3.2 Modelul mathematic de simulare a costurilor sateliților.....</b>	<b>82</b>
<b>3.3 Studiu de caz.....</b>	<b>87</b>
<b>CONCLUZII.....</b>	<b>91</b>
<b>BIBLIOGRAFIE.....</b>	<b>92</b>

## INTRODUCERE

Sistemele de comunicații prin satelit posedă o mulțime de avantaje la organizarea comunicațiilor terestre după cum sunt arhitectura scalabilă, difuzare pe întreg teritoriul pământului, banda largă de transmisie a semnalului, serviciul multicast poate fi organizat foarte simplu și legăturile prin satelit pot servi frecvent ca linii private. Pe de altă parte, rețelele de sateliți amplifică și multe probleme existente deja în rețelele terestre. Problema calității serviciilor este doar un exemplu de o relevanță deosebită în mediul satelit, implicând studiul arhitecturilor, schemele de acces, managementul, propagarea undelor electromagnetice și antenele.. Spre deosebire de cablurile din rețeaua terestră, canalele prin satelit își variază caracteristicile în funcție de condițiile climaterice, de efectul fading care esențial afectează performanțele întregului sistem.

O altă problemă actuală se referă la nivelul de transport, tipic TCP (Transmission Control Protocol): un parametru esențial este produsul dintre timpul de întârziere și lărgimea de bandă. Problemele de performanță ale nivelului de transport apar atunci, când produsul dintre timpul de întârziere și lărgimea de bandă este de valoare mare. În plus, o altă problemă referitoare la TCP pentru rețelele prin satelit este cauzată de fiecare pierdere de informație, care este considerată ca un eveniment de congestie de către TCP. Dimpotrivă, legăturile prin satelit fiind puternic afectate de zgomot, pierderile de informație se datorează frecvent erorilor de transmisie. În timp ce produsul dintre timpul de întârziere și lărgimea de bandă de valoare mare caracterizează în principiu legăturile geostaționare (GEO), erorile de transmisie sunt o componentă importantă a sistemelor Low Earth Orbit (LEO), care necesită și un transfer rapid de date din cauza timpului limitat de vizibilitate.

Scenariile eterogene, compuse din porțiuni LEO și GEO, sunt un subiect important de cercetare. Având în vedere, de asemenea tendințele sistemelor de comunicații, care afectează mediul satelit, ca importanța tot mai mare a serviciilor și convergența tehnologiilor pentru comunicațiile prin cablu și fără fir, există, pe de o parte, oportunitatea extinderii utilizării rețelelor prin satelit și necesitatea dezvoltării a noi instrumente și scheme de îmbunătățire a eficienței comunicațiilor. Pe de altă parte, este important de observat dificultatea de a testa soluțiile. Un sistem de satelit poate fi studiat cu greu pe teren. O astfel de testare este costisitoare și se referă frecvent, doar la componentele software pentru stațiile terestre.

Alternativele sunt componente necesare pentru a investiga sisteme noi și pentru a evalua performanța. Primul este studiul analitic, care este foarte atractiv, dar complex, frecvent necesită simplificări și aproximări. A doua alternativă este simularea în timp non-real. Comportamentul unui sistem satelit este simulat prin software. Este posibil să ocolim complexitatea sistemelor satelit reale și soluțiile care nu sunt încă fezabile din punct de vedere

tehnice pot fi testate în vederea evoluțiilor viitoare. Dezavantajul este necesitatea modelării. Un model nu este adesea suficient de precis pentru a lua în considerare toate aspectele unui sistem satelit real. O a treia alternativă, care poate să sintetizeze majoritatea avantajelor soluțiilor menționate este o simulare în timp real, numită emulare. Emularea este compusă din componente hardware și software care se comportă ca un sistem real. Un emulator permite utilizarea traficului real și este similar cu sistemul real și din punct de vedere al arhitecturii fizice.

Scopul prezentei teze este utilizarea sistemului informatic constituit dintr-un ansamblu de hardware și software pentru a emula dispozitivele satelit, inclusiv satelitul în întregime în contextul studierii compromisurilor de selectare a echipamentului și asigurării calității necesare de transmisie a informației.

În conformitate cu scopul tezei au fost determinate următoarele obiective:

1. Determinarea domeniilor de aplicare a emulatorului în contextul, că va varia de la sistemele de satelit cu orbită terestră geostaționară (GEO) la sistemele satelit cu orbită terestră joasă (LOW);
2. Modelarea privind statisticile despre pierderi și întârzieri de pachete, luând în considerare sistemul real și starea canalelor de comunicații;
3. Asigurarea transparenței de către emulator a dispozitivelor (modem sau o placă hardware, etc.) din componența satelitului;
4. Asigurarea scalabilității de către emulator, adică complexitatea întregului sistem trebuie să fie, pe cât este posibil, independentă de extinderea sistemului satelit emulat;
5. Emulatorul trebuie să asigure suport pentru clasa de trafic, adică trebuie să accepte diferite clase la nivelul MAC (Media Access Control);

Asigurarea veridicității rezultatelor obținute prin intermediul emulatorului, adică rezultatele obținute de emulator trebuie să fie cât mai apropiate de rezultatele obținute de un sistem real prin satelit, care implementează aceeași strategie de comutație de pachete.

## CONCLUZII

În baza rezultatelor obținute pot fi efectuate următoarele concluzii:

1. Sateliții de comunicații au evaluat în timp de la un retranslator radio pentru ca în prezent să cuprindă procesarea semnalului la bord în baza celor mai moderne tehnologii de comunicații cu comutație de pachete;
2. Utilizarea componentelor sub formă de module și a interfețelor standarde asigură o reducere majoră a timpului de testare a satelitului, la fel susține utilizarea instrumentelor de proiectare automată pentru a selecta și plasa componentele necesare, pentru a satisface cerințelor utilizatorilor, reducând costurile de proiectare și inginerie a sistemului de comunicații prin satelit;
3. Mediul de simulare permite integrarea mai multor niveluri de fidelitate și configurare a diverse componente, iar traductorul limbajului de modelare asigură generarea consecventă de simulări corecte sintactic și semantic de sateliți;
4. Modelul de planificare matematică este dezvoltat pentru a ajuta la luarea deciziilor rentabile cu privire la parametri fizici și operaționali cheie pentru un satelit destinat să furnizeze servicii clienților;
5. Caracteristicile majore ale modelului de planificare a sistemului de comunicații prin satelit sunt stabilirea interacțiunilor și compromisurilor dintre variabilele tehnice ale sistemului, optimizarea valorilor pentru capacitate și parametri opționali în contextul cerințelor fizice de reglementare și la fel costurile de piață privind capacitatea de transport a informației;
6. Modelul de simulare a costurilor sateliților este soluționat optim prin utilizarea metodelor de programare, deoarece un sistem satelit este dificil de a fi studiat pe teren pentru a testa soluțiile care sunt foarte costisitoare;
7. Modelul de simulare a sateliților ajută la determinarea robusteții deciziilor de planificare și la compensarea parțială a incertitudinii care există la etapa de planificare;

Modelul de simulare a sateliților poate fi util la luarea unor decizii de planificare, viabile din punct de vedere economic pentru sateliții de comunicații.

## BIBLIOGRAFIE

- 1 OPREA D. Protecția și securitatea sistemelor informaționale. București, ASE, 2017.
  - 2 MIHAI O. KOLAWOLE, Satelit Comunicare Inginerie: Semnal Prelucrare și Seria de comunicare, MARCEL DEKKER, Inc., New York, 2012.
  - 3 ROBERTO J. COSTA, Ploaie Decolorare Compensare Alternative pentru Ka-Band Comunicare Sateliți, A patra Ka-Band Utilizare Conferință, Italia, 1997.
  - 4 SKINNEMOEN H., TORR H., Standardizare Activități în În bandă largă Satelit Multimedia, ICC2012, Nou York, 2012.
  - 5 MARCHESE M., PERRANDO M., Comutare de pachete Satelit Emulator: A Propunere despre Arhitectură și implementare, ICC2012, New York, 2012.
  - 6 W. IOAN HUSSEY, Birou de Tehnologie Evaluare, Național oceanic și Atmosfera Administrare, New York, 2003.
  - 7 DALGLEISH DI, Introducere la Satelit comunicatii, PETRU PEREGRINUS, Inc., Washington, 2008.
  - 8 KITSUREGAWA T., Avansat Tehnologie în Satelit Comunicare Antenă: Electric și mecanică Design, ARTECH casa, New York, 1999.
  - 9 MAYHAN JT, Adaptiv antenă proiecta considerații pentru satelit comunicare antene, Proc. IEEE, 130, părți F&H, 2007.
  - 10 PRITCHARD WL, SUYDERHOUD HG, NELSON RA, Satelit Comunicare Sisteme Inginerie, Prentice-Hall, New York, 1993.
  - 11 HWANG Y., Satelit antene, Proc. IEEE, 80, 183-193, 2004.
  - 12 CLARKE AC, Extraterestru relee, Wireless Lume, 1995.
  - 13 MARAL G., BOUSQUET M., Satelit Comunicare Sisteme: sisteme, Tehnici și Tehnologie, JOHN WILEY&SONS, LTD., Londra, 1993.
  - 14 SCHEKUNOFF SA, Electromagnetic Valuri, D van Nostrand,
  - 15 STRATTON JA, Electromagnetic Teorie, McGraw-Hill, 1997.
  - 16 PORCELLI G., Efecte de atmosferice refracție pe soare interferență, INTEL-SAT Tehnic Memorandum, IOD-E-86-05, 1986.
  - 17 LAMAITRE M., VERAILLIE G., Selectarea și programare observatii de agil sateliți, Aerospațial Știință si tehnologie, Paris, 2002.
- EL R., Cercetare pe imagistica recunoaștere satelit programare problemă, Ph.D. Disertație, Național Facultatea de Apărare Tehnologie, 2004.



19. SOARE YK, Liu M., Tabular căutare algoritm cu variabil Cartier și este cerere la Job Shop problema de programare, ACTA ELECTRONICA SINICA, 2001.
20. ITU, Broșură pe național managementul frecvenței, Geneva, 1988.
21. WALTON J., Modele pentru cel management de bazate pe satelit Senzori, Ph.D. Disertație, Massachusetts institut de Tehnologie, 1993.
22. MITCHELL ROBERT R., Expert Sisteme și Aer Luptă Simulare, AI Expert, Septembrie 1989.
23. LIN TOALETA, LIAO DY, Zilnic imagistica programare de un Pământ observare satelit, IEEE Tranzacții pe sisteme, Om, Cibernetică, 2004.
24. MARO MARC H., Explorarea algoritmilor Folosind Balsa-II, IEEE Revistă, mai 1988.
25. BOEHM BARRY W., Spirală Model de Software Dezvoltare și Sporire, IEEE Revistă, Mai 1988.
26. COTTEREL S., VAHID F., NAJJAR W., HSIEH H. Primul rezultate cu eblocuri: Încorporat sisteme blocuri de construcție. CODURI+ISSS, Octombrie, 2003.
27. PATRIK Th. EUGSTER, PASCAL A. ACM Sondaje informatice , Iunie, 2003.
28. KANG LEE, A rezumat de cel IEEE P1451 – Standarde pentru Intelligent Traductor Comunicare, Național institut de Standarde și Tehnologie, 1999.
29. KANG LEE, RICHARD D. Schneeman, Distribuit măsurare și Control bazat pe cel IEEE 1451 Intelligent Traductor Interfață Standarde. IEEE Tranzacții pe Instrumentație și măsurare, iunie 2000.
30. Clădire SPA PnP Sateliți, a l 7<sup>-lea</sup> Receptiv Spațiu Conferință, RS7-2009-5002, Los Angeles, 2009.
31. SINCER VAHID, TONY GIVARGIS, Încorporat Sistem Proiecta: A Unificat Hardware/Software Abordare, California: Facultatea de California, 2000.  
CHRISTOPHER A. KITTS, ROBERT J. TWIGGS, Satelit Sisteme Dezvoltare Laborator Departament de Aeronautică și Astronautică, Standford Universitate, California 94305, 21 Mai, 1994.