



Technical University of Moldova

**Cercetarea abordărilor de proiectare a  
sistemului de control pentru rețeaua globală  
de stații terestre pentru comunicații  
satelitare**

**Research of development approaches of  
control system for global network of ground  
stations for satellite communications**

**Graduate:**

**Barbovschi Alexandru**

**Tutor:**

**assoc. prof., PhD Secrieru Nicolae**

**Chișinău – 2016**

**Ministry of Education of Republic of Moldova**

**Technical University of Moldova**

**Faculty of Engineering and Management in Electronics and Telecommunications**

**Chair of Electronic Systems and Devices**

**Admitted for defense**

**Head of the Chair: assoc. prof., PhD Șestacova Tatiana**

**„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2016**

**Cercetarea abordărilor de proiectare a sistemului  
de control pentru rețeaua globală de stații  
terestre pentru comunicații satelitare**

**Research of development approaches of control  
system for global network of ground stations for  
satellite communications**

**Master Thesis**

**Student: \_\_\_\_\_ (Barbovschi A.)**

**Tutor: \_\_\_\_\_ (Secrieru N.)**

**Chișinău – 2016**

## REZUMAT

Rata joasă de transmisie a datelor și puterea de transmisie redusă la CubeSat-uri sunt cea mai mare problemă pentru operatori satelitari, căci cantitatea de date care poate fi descărcată este mică. CubeSat-uri sunt sateliți limitați în putere, ceea ce înseamnă că mărirea ratei de date ar ridica considerabil complexitatea sistemului și cerințele energetice.

Există soluție și ea implică celălalt capăt al conexiunii radio - stația terestră. Dacă multiple stații terestre ar putea fi utilizate pentru recepția datelor de pe satelit, aceasta ar duce la creșterea considerabilă a transferului de date. Aceasta este unul dintre scopurile lucrării date: utilizarea Internet-ului pentru a conecta multiple stații terestre în jurul lumii pentru creșterea considerabilă cantității de date transmise și recepționate.

Luând în considerație ținta de bază a sistemului, universitățile din jurul lumii, este îndeosebi de important de a menține valoarea educațională înaltă a sistemului proiectat. Vorbind despre latura software, cerința de bază este codul deschis. Software cu licența open source permite reducerea costurilor (este gratis), verificarea securității sale, modificarea sa pentru satisfacerea cerințelor specifice și studierea principiilor de funcționare. Toate aplicațiile și instrumentele utilizate în acest proiect sunt open source, începând de la sistemul de operare și terminând cu procesarea datelor.

Scopul principal al acestei lucrări a fost cu succes atins, rețeaua funcționează la stațiile terestre de la Centrul Național Tehnologii Spațiale, permițând urmărirea sateliților și comunicarea cu ei. Principală demonstrare a validității pentru operare globală reprezintă conexiunea reușită a stației telemetrice de la Măgurele, București, România la rețeaua creată.

## SUMMARY

Slow data rates and very low power output from CubeSats are the biggest problems for satellite operators, as the amount of data that can be downlinked is small. CubeSats are power-limited satellites, and increasing the data rate would drastically increase the amount of system complexity and power needed.

There is a solution, and it involves the other end of the radio link, the ground station. If multiple ground stations could be used to receive data from a spacecraft, data throughput could be increased dramatically. This is exactly what the elaborated project intend to do: use the Internet to link multiple ground stations around the world for increased data throughput.

Considering the main target of the system, universities around the world, it is especially important to maintain high educational value of the built network. Speaking about the software the main requirement for it is to be open source. Software with open source license allows reducing the costs (it is free), verification of its security, modifying it in order to meet specific needs and learning how it works. All the instruments and frameworks used in this project are open source, starting from the operating system and ending with data processing toolkit.

The main target of the project was successfully achieved, the network is operating at National Center of Space Technologies ground stations, allowing tracking and communication with the satellites. Main proof for its validity for global operation represents successful connection to the built network of the telemetry station of the Institute of Space Sciences located in Magurele, Bucharest, Romania.

# CONTENTS

<b>INTRODUCTION</b> .....	4
<b>1. Analysis of the past and present state of the ground stations networks</b> .....	6
1.1. Global Educational Network for Satellite Operations .....	6
1.1.1. Network architecture .....	6
1.1.2. Central Server .....	6
1.1.3. Ground Station Server .....	7
1.1.4. Mission Control Client .....	9
1.2. Mercury Ground Station System .....	10
1.2.1. Introduction .....	10
1.2.2. Architecture .....	10
1.2.3. Implementation .....	12
1.2.4. Connectivity .....	13
1.3. Ground Station Network .....	14
1.3.1. Organization .....	14
1.3.2. Background. Objective .....	14
1.3.3. Expected merits .....	14
1.3.4. Ground Station Management Service .....	15
1.4. Mobile CubeSat Command and Control .....	17
1.4.1. Colony Program .....	18
1.4.2. MC3 specifications .....	18
1.4.3. Common Ground Architecture .....	18
1.4.4. Concept of operations .....	19
1.5. Thesis problem formulation .....	20
<b>2. Ground Stations Operations Network. Description of the proposed approach for the control system</b> .....	22
2.1. Network architecture proposal .....	22
2.2. Server part solution .....	23
2.2.1. Main database .....	25

2.2.2. Archive database .....	25
2.2.3. Scheduler module .....	25
2.2.4. Launcher module .....	25
2.2.5. Web Server .....	26
2.2.6. Virtual Private Network .....	26
2.3. Client part solution .....	27
2.3.1. Worker module .....	28
2.3.2. Hardware control module .....	28
2.3.3. Data processing module .....	28
<b>3. Ground Stations Operations Network. Implementation of the proposed control system</b> .....	<b>29</b>
3.1. Choice and argumentation of development environment .....	29
3.1.1. GNU/Linux operating system .....	29
3.1.1.1. Kernel .....	30
3.1.1.2. Development .....	31
3.1.1.3. Licensing .....	32
3.1.1.4. Distributions. Ubuntu Server .....	32
3.1.2. Python programming language .....	33
3.1.2.1. Characteristics and abilities .....	33
3.1.2.2. PyEphem package .....	35
3.1.3. Bash scripting language .....	36
3.1.4. Logging of the events .....	37
3.1.5. System services .....	39
3.1.5.1. Cron time-based job scheduler .....	39
3.1.5.2. Postfix mail transfer agent .....	40
3.1.5.3. Automatic backup .....	41
3.2. Server side implementation .....	42