



**Universitatea Tehnică a Moldovei**

**SISTEME DE MONITORIZARE A REȚELELOR  
BAZATE PE SLA**

**SLA-based NETWORK MONITORING SYSTEMS**

**Masterand:  
Alexandrov Sergiu**

**Conducător:  
conf. univ., dr. Zgureanu Aureliu**

**Chișinău 2020**

Ministerul Educației Culturii și Cercetării al Republicii Moldova  
Universitatea Tehnică a Moldovei  
Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică  
Departamentul Ingineria Software și Automatică

Admis la susținere

Șef departament: conf. univ., dr.

Ion FIODOROV



24 " decembrie 2019

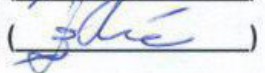
# SISTEME DE MONITORIZARE A REȚELELOR BAZATE PE SLA

Teză de master în  
Securitate informațională

Masterand: Alexandrov Sergiu



Conducător: Zgureanu Aureliu



Chișinău 2020

## ADNOTARE

Teza **Sisteme integrate de monitorizare a rețelelor bazate pe SLA**, prezentată de către Alexandrov Sergiu ca proiect de master, a fost efectuată la Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, este scrisă în limba română și conține 50 pagini text de bază, 10 figuri și 6 tabele.

Teza constă din introducere, trei capitole, concluzii, bibliografie și referințe.

Această teză este dedicată studiului conceptelor de cloud computing, calității de servicii (QoS), acordurilor între furnizorii de servicii și clienți, monitorizării serviciilor oferite de cloud și descrierii sistemelor de monitorizare existente. Scopul acestei teze este cercetarea sistemelor de monitorizare SLA disponibile, ce au ca scop oferirea rezultatelor cu privire la calitatea performanței și proiectarea unei arhitecturi unui sistem de monitorizare al serviciilor garantate de provideri pe dispozitive mobile.

În prezent livrarea calitativă de servicii distribuite pe cloud, este importantă pentru clienții care plătesc în conformitate cu utilizarea. Pentru siguranța acestora se stabilește un contract SLA care garantează eficiența maximă de servicii oferite de către furnizori și justifică încălcările de QoS, precum și justificările în cazul în care promisiunile scrise în contract sunt încălcate.

Teza cuprinde familiarizarea cu tehnicile de cloud computing, importanța acordului SLA între furnizorii de servicii și consumatori și avantajele și dezavantajele sistemelor de monitorizare existente, precum și propune un model de veri care a contractului SLA de pe dispozitive mobile. Primul capitol definește scopul lucrării, prezintă analiza problemei actuale și stabilirea obiectivelor de bază. Al doilea capitol descrie mai detaliat conceptul de cloud computing, definește parametrii de măsurare a calității, explică structura acordului SLA, proiectarea, menținerea și limitările impuse de contractul SLA, demonstrează necesitatea de introducere a monitorizării serviciilor și prezintă sistemele existente de monitorizare bazate pe SLA, inclusiv cele pentru dispozitivele mobile. Al treilea capitol conține descrierea sistemului, abordarea inițială, algoritmi și principiile de implementare, rezultatele obținute și tendințele de dezvoltare și cercetare a sistemului în viitor.

Cuvinte-cheie: cloud computing, QoS, monitorizare, contract SLA.

## ANNOTATION

This thesis **Monitoring systems for cloud services based on SLA**, presented by Alexandrov Sergiu as a master project, was developed at Technical University of Moldova, Chisinau, is written in Romanian and it contains 50 pages of basic text, 10 figures and 6 tables. The thesis consists of introduction, three chapters, conclusions, bibliography and references.

This thesis is dedicated to the study of cloud computing concepts, quality of services (QoS), agreements between service cloud provider and consumers, cloud service monitoring and the description of the existing monitoring tools. The purpose of this thesis is to research the available monitoring systems based on SLAs, that have the scope to offer results about performance quality and to design an architecture of a cloud monitoring tool of the services guaranteed by the vendors on mobile devices.

Nowadays, it is very important for the consumers which rely on the principle pay-on-the-go, the delivery of good quality services distributed on cloud. To assure that, an SLA contract is being signed which guarantees the maximum efficiency of the delivered services by the providers and it justifies the issues of QoS parameters and also the justifications in case of violating the promises written in the contract.

The thesis contains introduction of cloud computing techniques, the importance of SLA contract between cloud providers and clients and the advantages and disadvantages of the existing monitoring systems, but also it is introduced a model of verifying the SLA from a mobile device. First chapter defines the goal of the project, it presents the analysis of the existing problem and the establishment of main objectives. The second chapter is concerned in describing details about the concept of cloud computing, it defines the parameters of quality measurement, it explains the structure of an SLA contract, the design, maintenance and the restrictions met during the SLA, it proves the necessity of having monitored services and it presents the existing monitoring systems based on SLA, including mobile monitoring systems. The third chapter contains system description, initial approaches, the algorithms and principles of implementation, the gained results and future work of development and research.

Keywords: cloud computing, QoS, monitoring system, SLA contract.

# CUPRINS

<b>INTRODUCERE</b> .....	8
<b>1. ANALIZA DOMENIULUI</b> .....	9
1.1. Scopul lucrării .....	9
1.2. Descrierea problemei .....	9
1.3. Stabilirea obiectivelor de bază .....	12
<b>2. UTILIZAREA ȘI DESCRIEREA SLA</b> .....	13
2.1. Cloud Computing – tipuri și utilizare.....	13
2.2. QoS – parametri de măsurare a calității .....	15
2.3. SLA – acord asupra nivelului de servicii .....	18
2.3.1. Definirea structurilor SLA .....	20
2.3.2. Proiectarea conținutului acordurilor SLA .....	22
2.3.3. Menținerea satisfacției clientului .....	23
2.3.4. Metricile SLA – KPI .....	24
2.3.5. Limitările acordurilor SLA în cadrul cloud.urilor .....	25
2.4. Monitorizarea Cloud .....	26
2.5. Framework-uri de monitorizare existente .....	29
2.6. Sisteme existente de monitorizare SLA .....	33
2.6.1. Raportarea și monitorizarea utilizând <i>Up.time IT SLA</i> .....	36
2.6.2. Aplicația de administrare <i>ManageEngine</i> .....	36
2.6.3. Sisteme de monitorizare al rețelilor <i>PRTG</i> .....	37
2.6.4. Sistemul <i>Centina NetOmia</i> .....	38
2.6.5. Sistemul <i>Ganglia</i> .....	39
2.7. Sisteme de monitorizare pentru dispozitive mobile .....	40
2.7.1. Primele framework-uri pentru SLA mobile .....	40
2.7.2. Sisteme mobile existente pe piață .....	42
<b>3. DESCRIEREA FRAMEWORK-ULUI INTRODUS</b> .....	45
3.1. Descrierea sistemului și obiectivele sugerate .....	45
3.2. Arhitectura propusă și soluțiile oferite de aceasta .....	46
3.3. Tehnologii și principii de dezvoltare .....	52
3.4. Tendințe de dezvoltare și cercetare a sistemului în viitor .....	53
<b>CONCLUZII</b> .....	55
<b>BIBLIOGRAFIE</b> .....	57

## INTRODUCERE

Cloud Computing este o metodă care permite posibilitatea de a face schimb de informații despre software și hardware ce pot fi furnizate la toate dispozitivele care au nevoie de ele. Furnizorii integrează o cantitate mare de resurse, care pot fi închiriate oricând de mai mulți utilizatori. Astfel utilizatorii nu trebuie să cumpere resurse specifice pentru un timp scurt, există furnizori de cloud care pot face upgrade la valoarea abonamentului în dependență de cerințele utilizatorilor. [1]

În ultimii ani, Cloud Computing se bucură de o popularitate enormă. Utilizatorii trebuie să se asigure că se pot baza pe serviciile oferite, de aceea s-au abonat la furnizorii de Service Level Agreement. SLA poate fi numit un contract stabilit între furnizorii de cloud și clienții săi, care trebuie să garanteze calitatea serviciilor. De multe ori, QoS poate fi considerat ca un instrument pentru negocierea și monitorizarea garanțiilor serviciilor oferite de către furnizori și are mai multe proprietăți. Disponibilitatea, accesibilitatea și timpul de finalizare sunt unele din ele.

În timp ce cererile de servicii de cloud este în creștere continuă, este de așteptat să facă față concurenței dintre furnizori, de aceea Quality of Service este cea mai importantă caracteristică care trebuie să fie îmbunătățită. Utilizatorii trebuie să aleagă între furnizorii de cloud care oferă cele mai bune servicii, prin urmare, operarea serviciilor de cloud ar trebui să fie monitorizate, pentru a evalua dacă așteptările utilizatorilor coincid cu QoS oferit de furnizorii de cloud.

Activitatea de monitorizare cloud implică o urmărire dinamică a parametrilor QoS referitori la resursele virtualizate (mașini virtuale, mediu de stocare, rețea), resursele fizice pe care le împart, aplicațiile care rulează pe cloud-uri și datele păstrate de acestea. Prin urmare sistemele de monitorizare pot să asiste providerii de cloud-uri și developerii de aplicații în următoarele situații:

- Continuarea operării resurselor și aplicațiilor la eficiența maximă;
- Detectarea variației performanței resurselor și aplicațiilor;
- Considerarea/justificarea încălcărilor anumitor parametri QoS stabiliți în SLA;
- Urmărirea operațiilor de ieșire și alăturare ale resurselor oferite de cloud în cazul eșecurilor.

Scopul fiecărui sistem de monitorizare este de a oferi servicii fiabile pentru utilizatori, pentru sistemele bazate pe SLA. Furnizorii de Cloud Computing sunt capabili de a optimiza alocarea resurselor și de a defini infrastructurile care oferă servicii de calitate superioară. Totuși, nici un sondaj efectuat nu consideră aplicațiile de monitorizare pe diferite niveluri cloud (IaaS, PaaS, SaaS) care să prezică monitorizarea cloud în totalitate. Și nu se prea specifică tehnici de însușire a datelor monitorizate, întrucât apare problema volumului mare de date, numit Big Data, toate acestea contribuind la provocări semnificative pentru Cloud Computing.

## CONCLUZII

Cloud computing se înțelege a fi viitorul modelului prezent de business, în care organizațiile vor găzdui datele și aplicațiile acestuia fără a fi luată în considerație locația sau modalitatea de stocare. De aceea este foarte importantă relația de încredere dintre provider și consumator, din moment ce ultimul nu deține control complet asupra aplicației sale în mediul cloud.

De aici apare și conceptul despre importanța contractului SLA cu providerul de cloud, care trebuie să fie cel mai important acord semnat vreodată. Dat fiind faptul că la sfârșitul anului 2014 mai multe companii de cloud au dat faliment, acordul SLA despre business planul dezvoltat în cloud devine pentru clienți cu mult mai valoros. Chiar și cea mai mică întrerupere în sistem ar putea costa zeci sau chiar sute de mii. De aceea SLA a devenit punctul central pentru business-urile care vor să se asigure că serviciile oferite de cloud nu îi vor dezamăgi când se așteaptă mai puțin.

După o cercetare complexă a serviciilor curente menite să monitorizeze sistemele Cloud bazate pe SLA, se poate de afirmat că nu este disponibil nici un instrument suficient de puternic să fie responsabil de securitatea serviciilor oferite de providerii cloud, care în același timp să fie și orientat pe contractul SLA. Pentru o continuă monitorizare cloud și a contractului SLA încheiat între providerii de servicii și consumatori, ar trebui luate în considerare toate tipurile de încălcări care pot avea loc. Lipsa de securitate în acest domeniu este în strânsă legătură cu absența metodelor ce le oferă posibilitatea providerilor să le ofere clienților lor servicii bazate pe SLA-uri. Pe de altă parte, acest domeniu se așteaptă să evolueze în 2016 [39]. Sistemele de monitorizare disponibile sunt bazate de multe ori pe SLA sau pe monitorizarea securității în cloud, dar din cauza taxonomiei care este răspunzătoare de descrierea unei aplicații complexe, și care mai este și destul de vastă, în termeni de monitorizare a securității, testele de monitorizare devin foarte complexe. Unul din motive ar fi datele restricționate ce sunt oferite din partea cloud-ului. Pentru că monitorizarea cloud-ului este accesibilă pe diferite layere, sunt trei tipuri de monitorizare: orientată pe client, monitorizarea sistemelor virtuale și cea a sistemelor fizice. Fiecare din aceste tipuri depinde de datele colectate bazate pe teste de nivel jos, deținute de providerii de servicii și sunt orientate mai mult pe infrastructura fizică a întregului cloud. Tool-urile accesibile și framework-urile care sunt acum elaborate, nu sunt suficient de eficiente pentru a acoperi toate aspectele din punct de vedere al securității.

Una din problemele majore legate de acordurile SLA pentru cloud-uri este că nu se oferă consumatorilor o posibilitate de a monitoriza și de a verifica performanțele serviciului cloud. În baza modelului de monitorizare propus [40], ipotezele propuse de proiectarea noului model presupun:

- Garanția oferită de SLA de către producător sunt făcute cunoscute unei aplicații 3rd party cu care o poate negocia.
- Mecanismele de monitorizare și verificare sunt efectuate de aplicația 3rd party.

- Dacă este detectată o neconcordanță, sancțiunile vor fi stabilite după consultarea ambelor părți.

Astfel, în lucrarea dată au fost descrise cele mai mari provocări ce țin de cloud computing pe dispozitivele mobile și s-au discutat soluțiile propuse. Deși dispozitivele mobile orientate spre serviciile cloud vor schimba cu siguranță preferințele în tehnologie o dată cu trecerea timpului, multe probleme practice rămân a fi rezolvate pentru a structura un sistem complet mobil orientat pe cloud. Pentru soluționarea limitelor impuse de situația curentă apare și necesitatea de implementare a instrumentelor accesibile clienților cloud indiferent de locație. Soluția este dezvoltarea tehnologiilor și sistemelor distribuite pe dispozitive mobile. Sistemele propuse trebuie să fie sigure și securizate, dar totodată și să funcționeze în conformitate cu cerințele impuse de SLA. Prin crearea tehnologiei de verificare continuă a parametrilor netriviali SLA din această lucrare, modelele de predare ale serviciilor vor fi garantate și definițiile formale din SLO vor fi utilizate pentru a verifica negocierea acordurilor printr-o soluție logică.



## BIBLIOGRAFIE

1. F. X. Xuan Liu, "Cloud service monitoring system based on sla," 12th International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, pp. 137–141, 2013.
2. H. L. Alexander Keller, "Defining and monitoring service level agreements for dynamic e-business," IBM T.J Watson Research Center, 2002.
3. I. M. R. Shicong Meng, Arun K. Iyengar, "Reliable state monitoring in cloud datacenters," IEEE Fifth International Conference on Cloud Computing, pp. 951–958, 2012.
4. M. Dilman and D. Raz, "Efficient reactive monitoring," Selected Areas in Communications, IEEE Journal on, vol. 20, pp. 668–676, 2002.
5. J. J. C. Olston and J. Widom, "Adaptive filters for continuous queries over distributed data streams," ACM SIGMOD international conference on Management of data, pp. 563–574, 2003.
6. G. C. Danilo Ardagna, "Quality-of-service in cloud computing: modeling techniques and their applications," Journal of Internet Services and Applications, 2014.
7. T. M. Z. L. Ardagna D, Panicucci B, "Energy-awareautonomic resource allocation in multitier virtualized environments," IEEETrans Serv Comput 5, pp. 2–19, 2012.
8. "Framework of a Service Level Agreement," 2002.
9. A. V. Algimantas Kajackas, "Analysis and monitoring of end-user perceived qos in mobile networks," IEEE, pp. 1–4, 2010.
10. I. M. Gerard BLokdjik, "The service level agreement SLA guide," 2008.
11. M. M. S. D. V. C. Emeakaroha, I. Brandic, "Low level metrics to high level SLAS - lom2his framework: bridging the gap between monitored metrics and SLA parameters in cloud environments," Proceedings of International Conference on High-Performance Computingand Simulation (HPSC), pp. 48–54, 2010.
12. R. R. Khalid Alhamazani, "An overview of the commercial cloud monitoring tools: Research dimensions, design issues, and state-of-the-art," Computing, pp. 357–377, 2014.

13. W. d. D. A. P. Giuseppe Aceto, Alessio Botta, "Cloud monitoring: A survey," *Computer Networks The International Journal of Computer and Telecommunications Networking*, 2013.
14. "Amazon web services : Products and services," 2019.
15. "The promise and pitfalls of Service Level Agreements," 2019.
16. "Google Apps: Google apps Service Level Agreement," 2019.
17. "Windows Azure Compute Service Level Agreement," 2019.
18. "Windows Azure Storage Service Level Agreement," 2019.
19. "Rackspace cloud legal : Service Level Agreement," 2019.
20. Y. L. Yuchao Zhang, Hongfu Liu, "Sla-driven state monitoring for cloud services," *IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications*, 2013.
21. X. Z. Xiangdong Yin, "Web services dynamic monitoring system based on sla," *Science and Technology Consulting Herald*, no. 30, pp. 20–21, 2007.
22. G. Z. Aihua Su, "A service quality monitoring system based on the sla and web services," *Computer Engineering and Applications*, no. 11, pp. 157–160, 2006.
23. B. S. Dan Liu and L. Zhou, "A network monitoring system based on sla," *Computer and Modernization*, no. 4, pp. 34–36, 2005.
24. J. C. Carlos Molina-Jimenez, Santosh Shrivastava and P. Gevros, "On the monitoring of contractual Service Level Agreements," *First IEEE International Workshop on Electronic Contracting*, pp. 1–8, 2004.
25. D. Ameller and X. Franch, "Service level agreement monitor (slamon)," *Seventh International Conference on Composition-Based Software Systems*, pp. 224–227, 2008.
26. D. Petcu, "A taxonomy for sla-based monitoring of cloud security," *IEEE 38th Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)*, pp. 640 – 641, 2014.
27. "SLA management, SLA monitoring tool."
28. "Network monitoring system."

29. D. Paessler, "Server virtualization and network management," 2008.
30. "Real-time tracking of customer SLA's."
31. "Ganglia (software)."
32. "Cluster monitoring systems."
33. S. J. S. Fahad Aijaz, "A framework for multi-interfaced service level agreements on mobile devices," Communication Systems (ICCS), 2010 IEEE International Conference on, no. 11758696, pp. 527 – 533,
34. G. P. A. Dan, H. Ludwig, "Web service differentiation with service level agreements," 2003.
35. M. Abrahms, "Introducing cloud monitoring on mobile devices."
36. J. Techet, "Network analyzer - ping, traceroute, whois, dns, net speed, port and wifi scanner."
37. M. Inc., "Monitis mobile app."
38. Unknown source.
39. E. P. M. N. R. Wagner, J. Heiser, "Predicts 2013: cloud and services security," 2012.
40. S. K. G. Nirnay Ghosh, "An approach to identify and monitor sla parameters for storage-as-a-service cloud delivery model," Globecom Workshops (GC Wkshps), 2012 IEEE, pp. 724 – 729, 2012.