



Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
Σχολή Ψηφιακής Τεχνολογίας
Τμήμα Πληροφορικής & Τηλεματικής

<<ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΝΕΦΟΥΣ (CLOUD COMPUTING)>>

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: **ΚΑΤΣΩΡΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ**

A.M. 20913

ΜΕΛΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ: ΜΙΧΑΛΑΚΕΛΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ (Επιβλέπων)

ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ

ΝΙΚΟΛΑΪΔΗ ΜΑΡΑ

ΑΘΗΝΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ, 2016

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της ολοκλήρωσης των σπουδών μου στο Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεματικής του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου Αθηνών το ακαδημαϊκό έτος 2015 – 2016, υπό την επίβλεψη του κ. Μιχαλακέλη Χρήστου, στον οποίο θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου για την αμέριστη εμπιστοσύνη, προσφορά των γνώσεων του και βοήθεια που μου παρείχε τόσο καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησής της, όσο και κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς επιτροπής και συγκεκριμένα την κ. Νικολαΐδη Μάρα και τον κ. Αναγνωστόπουλο Δημοσθένη, για τις γνώσεις που μου προσέφεραν κατά τη φοίτηση μου στο τμήμα, καθώς και την κ. Μητροπούλου Πέρσα. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, τους φίλους μου και τους συναδέλφους μου ιδιαίτερα από το Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, για την υποστήριξη που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.Υπολογιστικό νέφος.....	7
1.1 Ορισμός.....	7
1.2 Χαρακτηριστικά.....	8
1.3 Μοντέλα ανάπτυξης του υπολογιστικού νέφους.....	9
1.4 Μοντέλα υπηρεσιών του υπολογιστικού νέφους.....	10
2. Το υπολογιστικό νέφος σήμερα.....	12
2.1 Το υπολογιστικό νέφος στην αγορά.....	12
2.2 Κύριοι πάροχοι υπολογιστικού νέφους.....	13
a. Amazon EC2 API.....	13
b. VMware vCloud.....	14
c. Google App Engine.....	14
d. Open Cloud Computing Interface (OCCI).....	15
e. Azure (.NET).....	15
f. Sun Cloud API.....	16
g. Eucalyptus.....	17
h. Open Nebula.....	17
i.Cross Platform Cloud APIs.....	18
3. Μέθοδοι συλλογής πληροφοριών από τις υπηρεσίες νέφους.....	19
3.1 Έλεγχος στο Συμβόλαιο διασφάλισης Επιπέδου Υπηρεσιών...19	
3.2 Ένα Μεσιτικό Μοντέλο Υπολογιστικού Νέφους.....	27
3.3 Μια Δυναμική Προσομοίωση Προσέγγισης Καθοδήγησης Δεδομένων.....	32
3.4 Μηχανισμός Διασφάλιση Αξιοπιστίας Συστήματος Νέφους.....	39
3.5 Ανάλυση Απόδοσης Υπηρεσιών του Υπολογιστικού Νέφους....	44

4 Σύγκριση και συμπεράσματα.....	51
4.1 Σύγκριση μεθόδων.....	51
4.2 Συμπέρασμα εργασίας.....	52
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	53

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η τεχνολογία του υπολογιστικού νέφους έχει εξελιχθεί αρκετά και έχει γίνει ένα απαραίτητο εργαλείο σε πολλούς κλάδους. Για να εξελιχθεί περαιτέρω όμως, θα πρέπει να διεξαχθούν αρκετές έρευνες και να λυθούν πολλά προβλήματα που έχουν παρουσιαστεί με την πάροδο του χρόνου.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνηθούν γενικές αρχές και τάσεις της έρευνας ώστε να δοθεί σαφής εικόνα σχετικά με τις μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή δεδομένων για τις υπηρεσίες του υπολογιστικού νέφους.

Για την επίτευξη της ανασκοπικής αυτής εργασίας έγιναν αναζητήσεις σε δικτυακούς τόπους για επιστημονικά άρθρα και δημοσιεύσεις χρησιμοποιώντας λέξεις κλειδιά: cloud, cloud computing, research in cloud computing, collecting data from cloud.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ερευνητικές ομάδες χρησιμοποιούν τα δεδομένα του υπολογιστικού νέφους ώστε να βελτιωθεί η αξιοπιστία του νέφους, να βοηθήσουν τους χρήστες του νέφους και να αναλύσουν τις επιδόσεις και αποδόσεις του νέφους.

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν προβλήματα αξιοπιστίας στον τομέα του υπολογιστικού νέφους και μόνο με εργαλεία συλλογής και ανάλυσης δεδομένων είναι δυνατή η εντόπιση και η λύση αυτών των προβλημάτων. Ακόμη, τα εργαλεία αυτά βοηθούν στην εξυπηρέτηση των χρηστών και στον έλεγχο απόδοσης του νέφους.

ABSTRACT

The technology of cloud computing has evolved considerably and has become an indispensable tool in many industries. However, in order to proceed further, several investigations should be carried out and many problems that have occurred with the passage of time need to be solved.

The purpose of this study is to explore the general principles and trends of research in order to give a clear picture on the methodologies used to collect data for the services of cloud computing.

In order to accomplish this review, searches were made on websites for scientific articles and publications using keywords: cloud, cloud computing, research in cloud computing, collecting data from cloud.

The results showed that research teams use the data in cloud computing to improve the reliability of the cloud, to help users of the cloud and analyze the performance and abilities of cloud.

We conclude that there are reliability problems in the field of cloud computing and only with data collection and analysis tools the detection and solution of these problems is possible. Moreover, these tools assist in servicing users and testing cloud performance.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους (cloud computing) έχουν διαδοθεί αρκετά στο χώρο των ΤΠΕ, ενώ αναμένεται να κυριαρχήσουν ακόμα περισσότερο στις επόμενες δεκαετίες σε κάθε μια από τις μορφές τους. Ακόμη, έχει παίξει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη των εμπορικών, κυβερνητικών, ιατρικών και ερευνητικών κλάδων. Οι μελλοντικές προβλέψεις έχουν δείξει ότι το υπολογιστικό νέφος θα κυριαρχήσει στον κλάδο της πληροφορικής και πολλές και μεγάλες εταιρίες αυτού του κλάδου έχουν δημιουργήσει τα δικά τους νέφη.

Στην εργασία αυτή έχουν εξαχθεί χρήσιμες πληροφορίες και συμπεράσματα για τη χρήση και πρόβλεψη των υπηρεσιών του νέφους. Έχουν συγκεντρωθεί δεδομένα από χρήστες και παρόχους για τις υπηρεσίες, μέσα από ανασκοπήσεις σε ερευνητικά άρθρα. Οι μελέτες έχουν γίνει πάνω σε πραγματικά δεδομένα και μέσω προσομοίωσης. Συγκεκριμένα, οι έρευνες ασχολούνται με τα συμβόλαια διασφάλισης επιπέδου υπηρεσιών, είτε προς τον πελάτη είτε προς τον πάροχο, με μηχανισμούς αξιολόγησης υπηρεσιών και προσομοιωτές απόδοσης υπολογιστικής ισχύος.

1.Υπολογιστικό Νέφος

Το υπολογιστικό νέφος, πλέον, έχει ανοίξει πολλούς τομείς στο πληροφοριακό πεδίο και στις τεχνολογίες δικτύωσης. Συνεπώς, ακολουθούν και μεγάλα ζητήματα για τον τρόπο ανάπτυξης της αρχιτεκτονικής, του σχεδιασμού του και την εφαρμογή αυτού πάνω σε υπάρχοντα δίκτυα και κέντρα δεδομένων. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο υπολογιστικό νέφος και τα χαρακτηριστικά του.

1.1 Ορισμός

Το US National Institute For Standards And Technology ορίζει το υπολογιστικό νέφος ως: "Ένα μοντέλο που δίνει τη δυνατότητα της συνεχούς, εύκολης και υψηλών απαιτήσεων πρόσβασης σε μία κοινόχρηστη συλλογή ρυθμιζόμενων υπολογιστικών πόρων, οι οποίοι τροφοδοτούνται και απελευθερώνονται με ελάχιστη προσπάθεια διαχείρισης και αλληλεπίδρασης παροχής υπηρεσιών".(1)

Με απλά λόγια, η τεχνολογία του υπολογιστικού νέφους είναι ένα οποιοδήποτε λογισμικό το οποίο λειτουργεί στο διαδίκτυο και όχι στην υπολογιστική μηχανή του χρήστη. Δηλαδή όταν ο χρήστης χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες και αποθηκεύει δεδομένα στο "νέφος", δεν γνωρίζει το κέντρο δεδομένων επειδή βρίσκεται κάπου στο διαδίκτυο.

Με την χρήση του υπολογιστικού νέφους δίνεται η δυνατότητα στους χρήστες να αποθηκεύουν, να επεξεργάζονται και να διαχειρίζονται τα δεδομένα τους έχοντας

πολύ εύκολη πρόσβαση, δίνοντας έτσι την ψευδαίσθηση ότι βρίσκονται σε κάποιο τοπικό κέντρο δεδομένων, αλλά στην πραγματικότητα βρίσκονται σε ένα απομακρυσμένο δυτικό. Λέγοντας χρήστης εννοούμε είτε τους απλούς χρήστες είτε έναν οργανισμό ή επιχείρηση. Στον ακόλουθο πίνακα απεικονίζεται το μοντέλο του ορισμού του υπολογιστικού νέφους με βάση το National Institute For Standards And Technology (NIST).

Βασικά Χαρακτηριστικά	Ευρεία συνδεσιμότητα – Μεγάλη Ελαστικότητα- Ελεγχόμενες Υπηρεσίες- Self Service Ανάλογα με τη Ζήτηση- Δεξαμενή Πληροφοριών
Μοντέλα Υπηρεσιών	SaaS - PaaS - IaaS
Μοντέλα Ανάπτυξης	Δημόσιο Σύννεφο * Ιδιωτικό Σύννεφο * Υβριδικό Σύννεφο * Κοινοτικό Σύννεφο

Εικόνα 1: Απεικόνιση ορισμού του υπολογιστικού νέφους

1.2 Χαρακτηριστικά

Με βάση τον παραπάνω ορισμό, όπως μπορούμε να αντιληφθούμε, το υπολογιστικό νέφος αποτελείται από συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.

Το πρώτο χαρακτηριστικό είναι η Αυτοεξυπηρέτηση ανάλογα με την ζήτηση. Δηλαδή, ο χρήστης μπορεί να αιτηθεί οποιαδήποτε υπηρεσία χρειάζεται οποιαδήποτε στιγμή και να εξυπηρετηθεί αυτόματα, χωρίς να υπάρχει μεσολάβηση από κάποια ανθρώπινη αλληλεπίδραση στον φορέα παροχής υπηρεσιών.(2)

Ακόμη ένα χαρακτηριστικό είναι η ευρεία συνδεσιμότητα. Οι υπηρεσίες που παρέχονται στον πελάτη είναι διαθέσιμες και προσβάσιμες μέσω του δικτύου χρησιμοποιώντας μηχανισμούς που προάγουν τη χρήση ετερογενών προγραμμάτων/πλατφορμών. (3)

Η συγκέντρωση πόρων είναι επίσης ένα χαρακτηριστικό του νέφους. Λέγοντας πόρος εννοούμε ενδεικτικά τους επεξεργαστές, την μνήμη, τον χώρο αποθήκευσης κ.τ.λ. όπως και τον τρόπο ενοικίασης των πόρων. Όλοι αυτοί οι πόροι που διατίθενται, χρησιμοποιούνται από πολλούς χρήστες και μοιράζονται ανάλογα με τον χρόνο εκτέλεσης εργασιών που τους δίνεται. Συνεπώς, η κοινή χρήση των πόρων μειώνει το κόστος χρησιμοποίησής τους για τους πελάτες του νέφους και είναι οικονομικότερο να γίνεται κοινή χρήση. Όπως είναι κατανοητό, ο χρόνος χρησιμοποίησής που δίνεται σε κάθε χρήστη βασίζεται σε έναν προγραμματιστικό αλγόριθμο, προσμετρώντας τις διάφορες παραμέτρους του πελάτη, για παράδειγμα ο φόρτος εργασίας ή την τοποθεσία του εκάστοτε πελάτη. Σκοπός της χρήσης αυτού του αλγορίθμου είναι να δίνεται πάντα αρκετός χρόνος διεκπεραίωσης των εργασιών και να κατανέμεται και να μοιράζεται δίκαια ο χρόνος στον κάθε πελάτη.

Ένα χαρακτηριστικό, επίσης, είναι η μεγάλη ελαστικότητα. Για να καταφέρουν οι εταιρίες παροχή υπηρεσιών του υπολογιστικού νέφους σε επίπεδα που ικανοποιούν τους πελάτες τους, έχουν δημιουργήσει μηχανισμούς οι οποίοι προσμετρούν την χρησιμότητα και το επίπεδο υγείας των υπηρεσιών. Κύριος σκοπός αυτού του μηχανισμού είναι να υπάρχει διαφάνεια μεταξύ καταναλωτή και παρόχου, να βελτιστοποιηθούν οι πόροι και να καταφέρουν να δημιουργηθεί ένα σύστημα υπολογιστικού νέφους κλειστού κύκλου, το οποίο να είναι πλήρως αυτοματοποιημένο.

Τέλος, οι ελεγχόμενες υπηρεσίες είναι ένα χαρακτηριστικό του υπολογιστικού νέφους. Αυτό το χαρακτηριστικό αναφέρεται στον ορισμό του νέφους. Ο σκοπός αυτού είναι να τηρεί τους πολιτικούς κανόνες που εφαρμόζονται από τους παρόχους. Συνεπώς, είναι απαραίτητο να παρέχουν αρχεία καταγραφής που εξασφαλίζουν την ιχνηλασιμότητα των πολιτικών εφαρμογών.(4)

1.3 Μοντέλα ανάπτυξης του υπολογιστικού νέφους

Έχουν οριστεί τέσσερις διαφορετικοί τύποι ανάπτυξης του υπολογιστικού νέφους. Ο κάθε τύπος περιγράφει το περιβάλλον ανάπτυξης στο οποίο οι εφαρμογές και οι υπηρεσίες του υπολογιστικού νέφους μπορούν να αναπτυχθούν ώστε να είναι διαθέσιμο στους χρήστες. Το περιβάλλον ανάπτυξης αναφέρεται στις φυσικές τοποθεσίες του υπολογιστικού νέφους, όπου το νέφος εγκαθίσταται και αναπτύσσεται και συνεπώς αναφέρεται και στους μηχανισμούς πρόσβασης των εφαρμογών. Ονομαστικά αυτοί οι τύποι είναι: το δημόσιο νέφος, το ιδιωτικό νέφος, το υβριδικό νέφος και το κοινοτικό νέφος.

Δημόσιο νέφος (Public cloud): Ο τύπος αυτός είναι ο πιο διαδεδομένος, αναφέρεται σε ένα μοντέλο, στο οποίο οι εγκαταστάσεις υποδομής του και οι υπηρεσίες που προσφέρουν, παρέχονται από τους ίδιους τους παρόχους. Οι υπηρεσίες που προσφέρουν, χρεώνουν τον πελάτη όσο αυτός της χρησιμοποιεί. Το βασικό του μειονέκτημα είναι η έλλειψη εμπιστοσύνης παρόχου και καταναλωτή, κυρίως όσον αφορά θέματα ασφάλειας.

Ιδιωτικό νέφος (Private cloud): Ένας άλλος τύπος ανάπτυξης υπολογιστικού νέφους, είναι το ιδιωτικό νέφος. Ο πάροχος υπηρεσιών έχει στην κατοχή του ένα κέντρο δεδομένων στο οποίο εγκαθιστά τις υποδομές και τις λειτουργίες του υπολογιστικού νέφους. Με αυτόν τον τρόπο ο πάροχος εμπνέει μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στον πελάτη από τον προηγούμενο τύπο, γιατί έτσι οι επιχειρήσεις μπορούν να εφαρμόσουν πολιτικές που μπορούν να επιλέξουν οι ίδιοι, έτσι ώστε να ικανοποιούν τα συμφέροντά τους. Για αυτό άλλωστε προτιμάται από μεγάλες επιχειρήσεις ή αρχές οι οποίες δεν θέλουν να εκθέσουν τα προσωπικά τους δεδομένα σε άλλα εικονικά περιβάλλοντα, όμως με αντίτιμο το μεγάλο κόστος εγκατάστασης αυτού του νέφους.

Υβριδικό νέφος (Hybrid cloud): Το υβριδικό μοντέλο του υπολογιστικού νέφους βρίσκεται ανάμεσα στο δημόσιο και το ιδιωτικό νέφος. Είναι λιγότερο δαπανηρό από

το ιδιωτικό μοντέλο διότι κάποιο μέρος των δεδομένων αποθηκεύεται στο ιδιωτικό και κάποιο άλλο στο δημόσιο. Έτσι, τα πιο σημαντικά και προσωπικά δεδομένα αποθηκεύονται στο ιδιωτικό μέρος ενώ τα λιγότερο σημαντικά και μη απόρρητα δεδομένα αποθηκεύονται στο δημόσιο μέρος. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η εμπιστοσύνη με έναν αρκετά πιο οικονομικό τρόπο. Επίσης, η επικοινωνία αυτών των δύο μοντέλων είναι άμεση καθώς και η λειτουργία τους παράλληλη.(5)

Κοινοτικό νέφος (Community cloud): Το κοινοτικό νέφος λειτουργεί ανάλογα με τη ζήτηση των χρηστών. Μπορούν πολλές επιχειρήσεις ή οργανισμοί να φτιάξουν μια κοινότητα η οποία να εξυπηρετεί τα ίδια συμφέροντα και να έχει τους ίδιους στόχους. Η κοινότητα αυτή μπορεί να φτιάξει ένα κέντρο δεδομένων στο υπολογιστικό νέφος, όπου όλα τα μέλη της κοινότητας το μοιράζονται και έχουν πρόσβαση σε αυτό. Στόχος του μοντέλου αυτού είναι η μείωση των ελλείψεων των μεμονωμένων τεχνολογιών υποδομής και η μείωση του κόστους διοίκησης. Η κάθε κοινότητα μπορεί να αποτελείται από επιχειρήσεις με ίδιες επιχειρηματικές θέσεις ή η κοινότητα να είναι γεωγραφική, δηλαδή να απαρτίζεται από επιχειρήσεις οι οποίες βρίσκονται γεωγραφικά στην ίδια περιοχή. Το κοινοτικό νέφος στηρίζεται κυρίως από σχέσεις εμπιστοσύνης μεταξύ των μελών του.(6)

1.4 Μοντέλα υπηρεσιών του υπολογιστικού νέφους

Οι προσφερόμενες υπηρεσίες του υπολογιστικού νέφους ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες: Λογισμικό ως Υπηρεσία (Software as Service), Πλατφόρμα ως Υπηρεσία (PaaS) και Υποδομή ως Υπηρεσία (IaaS).

Λογισμικό ως Υπηρεσία (Software as a Service – SaaS): Η δυνατότητα που δίνεται στον χρήστη να λειτουργεί τις εφαρμογές ενός παρόχου που εκτελούνται σε μια υποδομή Νέφους. Οι εφαρμογές αυτές είναι προσβάσιμες από διάφορες συσκευές του χρήστη είτε μέσω διεπαφών είτε μέσω ολοκληρωμένων προγραμμάτων. Ο χρήστης δεν έχει την δυνατότητα να διαχειριστεί ούτε να ελέγξει την υποδομή του νέφους ούτε και την εφαρμογή, παρά μόνο να διαχειριστεί κάποιες περιορισμένες ρυθμίσεις στην εφαρμογή οι οποίες σχετίζονται με τον ίδιο τον χρήστη.

Πλατφόρμα ως Υπηρεσία (Platform as a Service – PaaS): Η παροχή δυνατοτήτων στον χρήστη να εγκαθιστά στην υποδομή ενός νέφους δικής του δημιουργίας άλλες εφαρμογές, χρησιμοποιώντας γλώσσες προγραμματισμού, βιβλιοθήκες και εργαλεία που διατίθενται από τον πάροχο. Ο χρήστης δεν μπορεί να διαχειριστεί ούτε να ελέγξει την υποδομή του νέφους το οποίο συμπεριλαμβάνει το δίκτυο, τους εξυπηρετητές, το λειτουργικό σύστημα και τον χώρο αποθήκευσης. Μπορεί όμως να ελέγξει τις εγκατεστημένες εφαρμογές όπως και να ρυθμίσει το περιβάλλον φιλοξενίας των εφαρμογών αυτών.

Υποδομή ως Υπηρεσία (Infrastructure as a Service – IaaS): Παρέχεται η δυνατότητα στον χρήστη να έχει πρόσβαση σε πολλούς στοιχειώδεις πόρους, όπως είναι οι υπολογιστικοί, αποθηκευτικοί και διαδικτυακοί πόροι, στους οποίους μπορεί να εγκαθιστά και να εκτελεί λογισμικό για εφαρμογές ακόμα και για λειτουργικά συστήματα. Παρόλα αυτά, ο χρήστης δεν μπορεί να διαχειρίζεται ή να ελέγχει την υπάρχουσα υποδομή νέφους, συμπεριλαμβανομένων του δικτύου, των εξυπηρετητών, των λειτουργικών συστημάτων ή του χώρου αποθήκευσης. Μπορεί όμως να ελέγχει με περιορισμούς τα διαδικτυακά στοιχεία.(2)

2.Το υπολογιστικό νέφος σήμερα

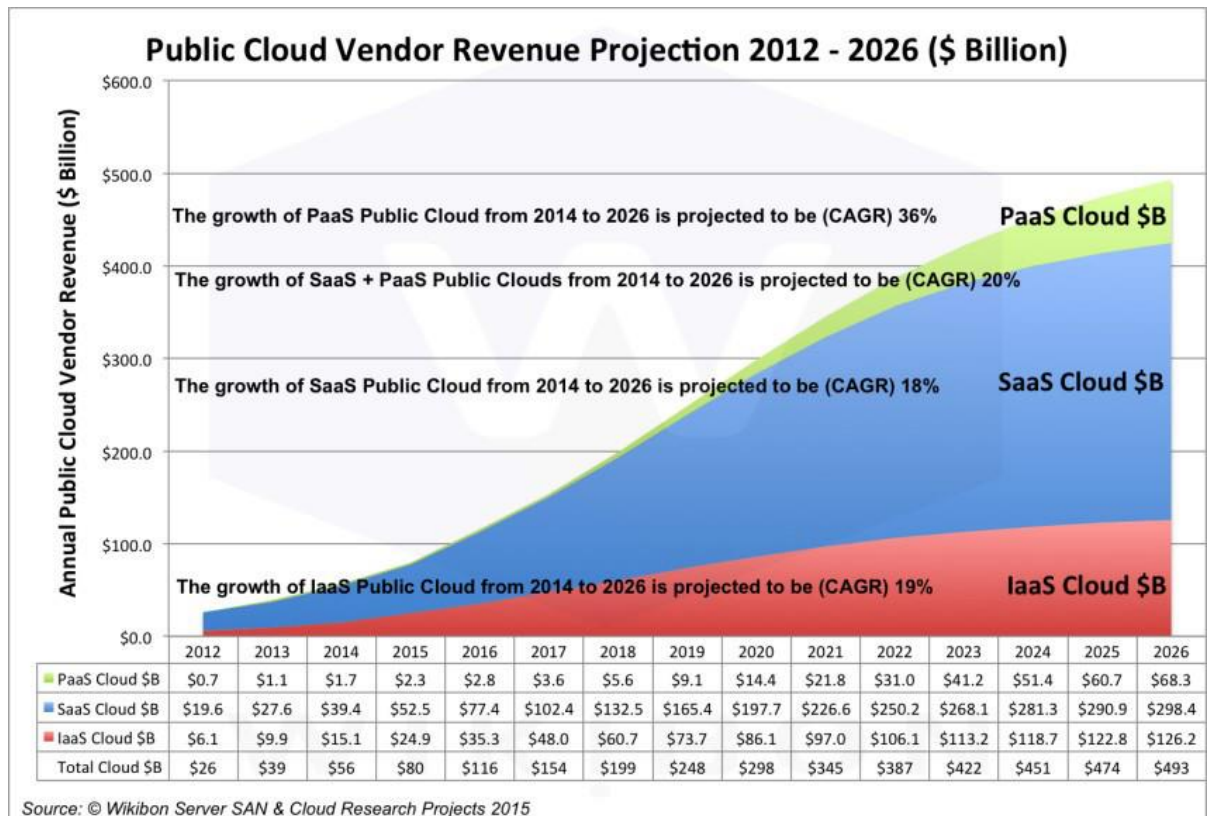
2.1 Το υπολογιστικό νέφος στην αγορά

Το υπολογιστικό νέφος συμβάλει στο να βοηθηθούν οι επιστημονικές εταιρίες ώστε να φτάσουν σε ένα νέο επίπεδο έρευνας. Η λύση βρίσκεται στην παρουσία τεράστιας διαδικτυακής κλίμακας υπολογιστικής ικανότητας και στην εφαρμογή δεκάδων χιλιάδων κόμβων υπολογιστών, ώστε να φέρει ισχύ ανάλογη με έναν υπερ-υπολογιστή που λύνει πολύ δύσκολα προβλήματα. Στο παρελθόν οι ερευνητές που χρειάζονταν αυτό το είδος "άρσης βαρών" έπρεπε να εγγραφούν για τον απαραίτητο χρόνο σε ένα από τα εθνικά κέντρα υπερ-υπολογιστών. Στην συνέχεια περίμεναν μια εβδομάδα, αν όχι μήνες, για να εγκριθεί το αίτημα τους. Αυτό δεν είναι σαφώς ό,τι καλύτερο για μία ειδικότητα που θέλει να εργαστεί γρήγορα και επαναληπτικά σε δύσκολα προβλήματα. Όπως ακόμα, η ομάδα του Steve Litster της Novartis έτρεχε προσομοιώσεις 40 ετών για φάρμακα κατά του καρκίνου μέσα σε 8 ώρες, για χιλιάδες δολάρια, αντί των εκατομμυρίων. Η κρίσιμη αξία του νέφους [υπολογιστικού] δεν είναι η εξοικονόμηση χρημάτων, αλλά η δυνατότητα που δίνει στους ερευνητές να κάνουν πράγματα που δεν μπορούσαν να κάνουν προηγουμένως.(7)

Ακόμα, το υπολογιστικό νέφος προσφέρει στις επιχειρήσεις πολλά οφέλη. Επιτρέπει ουσιαστικά να εγκατασταθεί ένα εικονικό γραφείο ώστε να δοθεί ευελιξία της σύνδεσης με την επιχείρησή οπουδήποτε και οποιαδήποτε στιγμή. Με τον αυξανόμενο αριθμό των συμβατών συσκευών στο διαδίκτυο που χρησιμοποιούνται στο σημερινό επιχειρηματικό περιβάλλον (π.χ. smartphones, ταμπλέτες), η πρόσβαση σε δεδομένα είναι ακόμα πιο εύκολη. Υπάρχουν πολλά οφέλη για τη μεταφορά μιας επιχείρησης στο νέφος. Μειώνεται το κόστος της διαχείρισης και διατήρησης των συστημάτων πληροφορικής. Το κόστος μειώνεται με τη χρήση των πόρων του φορέα παροχής υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους. Μέσω της κλιμάκωσης του νέφους, είναι εφικτό να αναβαθμιστούν ή να υποβαθμιστούν οι λειτουργίες και ο χώρος αποθήκευσης ανάλογα τις ανάγκες της επιχείρησης. Προστατεύει τα δεδομένα και τα συστήματα μιας επιχείρησης, για παράδειγμα από μία φυσική καταστροφή ή από μία διακοπή ρεύματος. Η συνεργασία σε περιβάλλον νέφους δίνει στις επιχειρήσεις τη δυνατότητα να επικοινωνούν και να μοιράζονται πληροφορίες ευκολότερα και πέρα από τις παραδοσιακές μεθόδους. Ακόμα, επιτρέπει στους εργαζόμενους να είναι πιο ευέλικτοι στην λειτουργία των εργασιών τους. Για παράδειγμα, έχουν τη δυνατότητα να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα από το σπίτι, στις διακοπές, ή κατά τη μετακίνηση προς και από την εργασία. Τέλος, ανάλογα με τον πάροχο υπηρεσιών νέφους της επιχείρησης, το σύστημά θα ενημερώνεται τακτικά με την τελευταία λέξη της τεχνολογίας, χωρίς να επιβαρύνεται οικονομικά η επιχείρηση.(8)

Το υπολογιστικό νέφος έχει εισχωρήσει στην αγορά και αναπτύσσεται ραγδαία. Με βάση των προβλέψεων της Wikibon για τις υπηρεσίες του υπολογιστικού νέφους, το Λογισμικό ως Υπηρεσία (SaaS), έχει εμπορική αξία 53 δισ. δολάρια και έχει ποσοστό

αύξησης 18% (CAGR) από το 2014 μέχρι το 2026. Μέχρι το 2026 η υπηρεσία SaaS στην αγορά θα αξίζει 298,4 δισ. δολάρια. Το μεγαλύτερο σε ανάπτυξη τμήμα της τεχνολογίας Νέφους είναι η Πλατφόρμα ως Υπηρεσία (PaaS), της οποίας η αξία σήμερα βρίσκεται στα 2.3 δισ. δολάρια και αναπτύσσεται με ποσοστό CAGR κατά 38% από το 2014 μέχρι το 2026. Η Υποδομή ως Υπηρεσία (IaaS) έχει εμπορική αξία 25 δισ. δολάρια και αναπτύσσεται κατά 19% CAGR κατά την προβλεπόμενη περίοδο. Τα αποτελέσματα αυτά εμφανίζονται στο διάγραμμα παρακάτω, όπου δείχνει την ανάπτυξη της αξίας του υπολογιστικού νέφους από το 2012 μέχρι και την προβλεπόμενη αξία του για το 2026. (9)



2.2 Κύριοι πάροχοι υπολογιστικού νέφους

a. Amazon EC2 API

Η Amazon είναι πρωτοπόρος εταιρία στην αγορά ως πάροχος υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους. Η σχετική υπηρεσία παρουσιάστηκε το 2002 και ονομάστηκε Amazon Web Services (AWS)(10). Η AWS είναι ένα περιβάλλον υπηρεσιών που στο σύνολο τους διαμορφώνουν την πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους της Amazon. Πέρα από τον μεγάλο αριθμό υπηρεσιών που παρέχει η Amazon, οι δύο βασικότερες υπηρεσίες είναι το υπολογιστικό νέφος EC2(11) και το νέφος αποθήκευσης δεδομένων S3.

Το EC2 είναι μια διαδικτυακή υπηρεσία η οποία επιτρέπει την εγκατάσταση και διαχείριση στιγμιότυπων εξυπηρετητών στα κέντρα δεδομένων και υπολογιστών της Amazon. Η υπηρεσία αυτή παρέχει συγκεκριμένες διεπαφές χρήσης και προγραμματισμού (API) έτσι ώστε κάποιος να μπορεί να ελέγχει τους υπολογιστικούς πόρους, τους περιορισμούς πρόσβασης και γενικά να μπορεί να δημιουργήσει ένα προσωποποιημένο περιβάλλον εφαρμογών. Εκτός από τον πλήρη έλεγχο που παρέχεται, ένα δεύτερο σημαντικό χαρακτηριστικό της EC2 υπηρεσίας είναι η επεκτασιμότητα (scalability). Όπως και το ίδιο το όνομα της υπηρεσίας υπονοεί (EC2: Elastic Cloud), η χωρητικότητα του κάθε πόρου μπορεί να προσαρμοστεί δυναμικά, είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα, από την εφαρμογή μέσω του παρεχόμενου API.

Η υπηρεσία S3 της Amazon παρέχει διαδικτυακό αποθηκευτικό χώρο που μπορεί να είναι προσβάσιμος από οποιοδήποτε, είτε άτομο είτε εφαρμογή στο διαδίκτυο. Η υπηρεσία αυτή εμφανίστηκε ως μια εναλλακτική λύση στα συμβατικά, τοπικά συστήματα αποθήκευσης δεδομένων και αποτελεί μια από τις βασικότερες υπηρεσίες της συλλογής AWS της Amazon. Παρόμοια με το την EC, η S3 παρέχει ένα API μέσω του οποίου μπορεί κάποιος να αποθηκεύσει και επανακτήσει δεδομένα από τα κέντρα δεδομένων και υπολογιστών της Amazon. Επιπρόσθετα, η εταιρία εμφανίζεται να διαφημίζει ότι μπορεί να παρέχει 99.99% διαθεσιμότητα και αξιοπιστία στα αποθηκευμένα δεδομένα, όπως αυτό περιγράφεται και στο συμβόλαιο υπηρεσίας (Amazon S3 Service Level Agreement).

b. VMware vCloud

Η VMware, ως πρωτοπόρος εταιρία στις τεχνολογίες εικονικοποίησης (virtualization), εξέδωσε το 2009 το προϊόν vCloud(12), μια πλατφόρμα Υπολογιστικού Νέφους βασισμένη στο πρότυπο OVF 1.0 ως το προγραμματιστικό περιβάλλον διεπαφής (API) για την διαχείριση εικονικών πόρων στο Νέφος. Το API του vCloud ήταν αποτέλεσμα συνδυαστικής προσπάθειας της VMware και των συνεργατών της με σκοπό να παραδώσουν μια εύκολη στη χρήση διεπαφή χρήσης υπηρεσιών Νέφους, επεκτάσιμο και βασισμένο σε διάφορα καθιερωμένα πρότυπα όπως XML, HTTP, OVF κ.α. Πιο λεπτομερώς, το vCloud API μπορεί να διαχωριστεί σε δύο μέρη: το διαχειριστικό (Administrative) API και το API χρηστών (Users API). Το πρώτο χρησιμοποιείται για την δημιουργία, διαχείριση και παρακολούθηση πόρων, χρηστών και ρόλων σε ένα περιβάλλον vCloud, ενώ το δεύτερο παρέχει λειτουργίες περιήγησης και αναζήτησης πόρων όπως και δημιουργίας, μετατροπής και εγκατάστασης λειτουργικών εικονικών συσκευών. Το VMware vCloud API επιτρέπει στους προγραμματιστές εφαρμογών να δημιουργούν προγράμματα-πελάτες για υπηρεσίες vCloud εκμεταλλευόμενοι το RESTful προγραμματιστικό παράδειγμα. Έτσι, οι εφαρμογές αυτές επικοινωνούν μεταξύ τους ανταλλάσσοντας μηνύματα σε XML που αναπαριστούν οντότητες του vCloud.

c. Google App Engine

Η είσοδος της Google στον χώρο των τεχνολογιών υπολογιστικού Νέφους έγινε μέσω της υπηρεσίας Google App Engine(13). Σε αντίθεση με άλλους παρόχους και λύσεις οι οποίες υλοποιούν το παράδειγμα IaaS (π.χ. Amazon AWS), η υπηρεσία App Engine είναι ένα σύστημα Πλατφόρμα-ως-Υπηρεσία (PaaS). Σε αυτή τη βάση, η

Google App Engine είναι μια πλατφόρμα μέσω της οποίας ένας προγραμματιστής μπορεί να εγκαταστήσει και να εκτελέσει μια διαδικτυακή εφαρμογή στα κέντρα δεδομένων της Google. Αυτή τη στιγμή η πλατφόρμα υποστηρίζει ανάπτυξη εφαρμογών γραμμένες σε Java και Python, άλλες γλώσσες βασισμένες σε JVM όπως Groovy, JRuby και Scala. Εκτός από το περιβάλλον ανάπτυξης (SDK) που παρέχεται, υπάρχουν διαθέσιμες προεκτάσεις προγραμμάτων (plugins) για φόρμες όπως το Eclipse.

d. Open Cloud Computing Interface (OCCI)

Το αρχικό όνομα της OCCI ήταν Cloud API (CAPI) και ιδρύθηκε από τους Ignacio M. Llorente του Πανεπιστημίου της Μαδρίτης (UCM –OpenNebula) και τον Thijs Metsch (Sun Microsystems -RESERVOIR project), κατά την διάρκεια της OGF25 τον Μάρτιο του 2009. Στις επόμενες συναντήσεις OGF26 και OGF27 η ομάδα μετονομάστηκε σε OCCI και τα πρώτα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν. Ο σκοπός της ομάδας είναι η ανάπτυξη ενός “καθαρού” και ανοιχτού API για την υλοποίηση του παραδείγματος Υποδομή-ως-Υπηρεσία (IaaS) για Νέφη. Η ενεργή συμμετοχή ξεπερνά τα 200 μέλη και καθοδηγείται από τέσσερις προεδρεύοντες από την βιομηχανία, τον ακαδημαϊκό τομέα, τους παρόχους υπηρεσιών και τους χρήστες.

Το OCCI θα παρέχει ένα “λεπτό” αλλά επεκτάσιμο API βασισμένο στο REST παράδειγμα. Κάθε πόρος που προσδιορίζεται μέσω του OCCI θα κατέχει μια μοναδική διεύθυνση, χρησιμοποιώντας ένα URI (Uniform Resource Identifier). Το API αυτό υλοποιεί όλες τις CRUD λειτουργίες (Create, Retrieve, Update και Delete), μέσω των μεθόδων/ρημάτων POST, GET, PUT και DELETE αντιστοίχως. Οι τύποι των πόρων που υποστηρίζονται αφορούν την αποθήκευση δεδομένων, δικτυακούς και υπολογιστικούς πόρους, και μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους έτσι ώστε να δημιουργήσουν μια εικονική μηχανή με συγκεκριμένες δυνατότητες.

e. Azure (.NET)

Όπως ήταν αναμενόμενο, η Microsoft δεν έμεινε εκτός αυτού του κλάδου, εφόσον η εξέλιξη του υπολογιστικού νέφους ήταν ραγδαία. Συνεπώς, η Microsoft εξέδωσε την λύση Windows Azure(14) ως ένα λειτουργικό σύστημα που παρέχει υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους. Στην πραγματικότητα το Azure είναι μια πλατφόρμα υπηρεσιών που επιτρέπει την ανάπτυξη, εγκατάσταση και εκτέλεση εφαρμογών Windows στα κέντρα δεδομένων και υπολογιστών της Microsoft. Οι προγραμματιστές μπορούν να αναπτύσσουν τις εφαρμογές χρησιμοποιώντας τις συνηθισμένες γλώσσες προγραμματισμού των Windows (C#, C++, VM κλπ) ή και άλλες γλώσσες που υποστηρίζονται (π.χ. Java, Ruby, PHP, Python) μέσω της φόρμας Microsoft Visual Studio.

Η πλατφόρμα Azure αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία: Υπηρεσία Υπολογισμού (Compute Service), Υπηρεσία Αποθήκευσης (Storage Service) και Στρώμα Εφαρμογών (Application Fabric). Το πρώτο παρέχει τις απαραίτητες διεπαφές και υποστήριξη για την εκτέλεση των εφαρμογών οι οποίες μπορούν να έχουν πολλαπλά εγκατεστημένα στιγμιότυπα. Όλες οι εφαρμογές μπορούν να έχουν πρόσβαση σε πόρους δεδομένων κάνοντας χρήση της Υπηρεσίας Αποθήκευσης μέσω διεπαφών REST. Η υπηρεσία αυτή παρέχει αντικείμενα BLOB για την

αποθήκευση μεγάλων δυαδικών αντικειμένων και πινάκων για την διαχείριση δεδομένων. Για εφαρμογές πιο απαιτητικές όσον αφορά την διαχείριση δεδομένων, η πλατφόρμα παρέχει το SQL Azure Database, ένα σύστημα Νέφους για διαχείριση δεδομένων (DBMS). Το σύστημα αυτό βασίζεται στο παλιότερο Microsoft SQL Server αλλά υποστηρίζει ένα διαχειριστικό περιβάλλον στο Νέφος. Η πρόσβαση των δεδομένων μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω των διεπαφών ADO.NET ή άλλων διεπαφών πρόσβασης των Windows. Η υπηρεσία για την υποστήριξη της υποδομής του Νέφους στο Windows Azure πραγματοποιείται μέσω του Στρώματος Εφαρμογών (Application Fabric). Κάθε εφαρμογή μπορεί να δημιουργήσει διεπαφές πρόσβασης (endpoints) χρησιμοποιώντας το εργαλείο Service Bus του Στρώματος Εφαρμογών έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άλλες εφαρμογές του Νέφους ή και ανεξάρτητες εφαρμογές. Η διασύνδεση ενός προγράμματος πελάτη REST προς μία εφαρμογή ελέγχεται από το εργαλείο Access Control του Στρώματος Εφαρμογών. Οι προγραμματιστές μπορούν να δημιουργήσουν εφαρμογές είτε με ρόλο Web είτε με ρόλο Worker, και να προσδιορίσουν έτσι πόσα αντίγραφα στιγμιότυπων θέλουν να εκτελέσουν στις εικονικές μηχανές των Windows. Αυτές οι εικονικές μηχανές (VMs) δεν δημιουργούνται από τον προγραμματιστή αλλά παρέχονται από το Azureσύστημα (συγκεκριμένα το hypervisor υποσύστημα)το οποίο είναι ειδικά σχεδιασμένο για λειτουργία σε περιβάλλον Νέφους. Οι εφαρμογές Web είναι συνήθως υλοποιημένες σε ASP.NET περιβάλλον ενώ τα στιγμιότυπα Worker είναι εργασίες που αλληλοεπιδρούν με τις διαδικτυακές εφαρμογές μέσω της Υπηρεσίας Αποθήκευσης.

f. Sun Cloud API

Η Sun Microsystems ενεπλάκη με τις τεχνολογίες Νέφους το 2009 όταν παρουσίασε την δική της υποδομή Υπολογιστικού Νέφους και το αντίστοιχο API με την ονομασία Sun Open Cloud(15). Όπως υπονοεί και η ονομασία, το σύστημα Νέφους της Sun είναι μια λύση ανοιχτού κώδικα (open source) με το API να δημοσιεύεται υπό την άδεια της Creative Common, το οποίο ουσιαστικά επιτρέπει σε οποιονδήποτε να το χρησιμοποιήσει με κάθε τρόπο. Το Open Cloud αποτελείται από δύο κύρια μέρη: την υπηρεσία αποθήκευσης Sun Cloud Storage Service και την υπηρεσία υπολογισμού Sun Cloud Compute Service. Η πρώτη είναι ένα σύνολο διαδικτυακών υπηρεσιών και πρωτοκόλλων WebDAV και παρέχουν δυνατότητες αποθήκευσης δεδομένων και ανάκτησής τους σε διάφορες μορφές. Η υπηρεσία αυτή είναι επίσης συμβατή με την αντίστοιχη υπηρεσία δεδομένων της Amazon, το Amazon S3 API. Η Sun Cloud Compute Service παρέχει στον προγραμματιστή όλα τα απαραίτητα εργαλεία και διεπαφές για να αναπτύξει και να λειτουργήσει ένα κέντρο δεδομένων στο Νέφος, ή χρησιμοποιώντας την ορολογία της Sun, ένα Εικονικό Κέντρο Δεδομένων (Virtual Data Center–VDC). Το VDC παρέχει ένα φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον εργασίας, προσβάσιμο μέσω ενός απλού περιηγητή διαδικτύου μέσω του οποίου κάποιος μπορεί να σχεδιάσει μια εφαρμογή, με διαφορετικές απαιτήσεις λειτουργικού συστήματος (Windows, Solaris, Linux κ.α.) και που θα εκτελείται σε ένα Νέφος.

g. Eucalyptus

Το Eucalyptus(16) ήταν μια από τις πρώτες εφαρμογές ανοιχτού κώδικα που επικεντρώθηκε στην δημιουργία IaaS Νεφών. Δημιουργήθηκε έτσι ώστε να παρέχει λειτουργίες παρόμοιες με το Amazon Web Services API αλλά διατίθεται ως εφαρμογή open source. Οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδρούν με το Νέφος του Eucalyptus χρησιμοποιώντας τα ίδια εργαλεία που χρησιμοποιούν για να έχουν πρόσβαση στο Amazon EC2. Επιπλέον όμως, παρέχεται ένα Νέφος αποθήκευσης API για την αποθήκευση των γενικών δεδομένων των χρηστών και των VM εικόνων. Συνοψίζοντας, το Eucalyptus παρέχει τα ακόλουθα στοιχεία: Linux- based controller, EC2-compatible (SOAP, Query) , S3- compatible (SOAP, REST) CLI και Web portal interfaces, Xen, KVM, και VMWare backends, Amazon EBS-compatible virtual storage devices, Διεπαφή από Amazon EC2 public cloud, Εικονικά δίκτυα (virtual networks).

Η αρχιτεκτονική του Eucalyptus αποτελεί συστατικό στοιχείο κάθε συστήματος σε υψηλό επίπεδο ως αυτόνομη υπηρεσία Web με τα ακόλουθα στοιχεία ελέγχου:

Node controller (NC): Ελέγχει την εκτέλεση, επιθεώρηση και τον τερματισμό των στιγμιότυπων των εικονικών μηχανών (VMs) στον χώρο που φιλοξενούνται και εκτελούνται.

Cluster controller (CC): Συλλέγουν πληροφορίες σχετικά με τις εκτελέσεις των VMs αλλά και τις προγραμματίζουν σε συγκεκριμένους node controllers (NC), τόσο καλά όσο διαχειρίζονται και τις περιπτώσεις εικονικών δικτύων.

Storage controller (SC): Είναι μια υπηρεσία λήψης/αποθήκευσης που εφαρμόζει την διεπαφή του Amazon S3 και παρέχει τον τρόπο αποθήκευσης και πρόσβασης της πληροφορίας που έχει χρησιμοποιηθεί από τον χρήστη.

Cloud controller (CLC): Είναι το σημείο εισόδου για το Νέφος για απλούς χρήστες και διαχειριστές. Θέτει ερωτήματα στους διαχειριστές κόμβων για πληροφορίες και πόρους, παίρνει αποφάσεις προγραμματισμού ενεργειών υψηλού επιπέδου, και εφαρμόζει όλα αυτά κάνοντας αιτήματα (requests) στους ελεγκτές συμπλεγμάτων (cluster controllers).

Walrus(W): Είναι το εξάρτημα του ελεγκτή που διαχειρίζεται την πρόσβαση στις υπηρεσίες αποθήκευσης μέσα στον Eucalyptus. Τα αιτήματα αποστέλλονται στον Walrus χρησιμοποιώντας διεπαφές SOAP ή REST.

h. Open Nebula

Το Open Nebula είναι μία από τις πιο πλούσιες εφαρμογές ανοιχτού κώδικα για υλοποίηση IaaS. Αρχικά είχε σχεδιαστεί για την διαχείριση εικονικών υποδομών και περιλάμβανε απομακρυσμένες διεπαφές που καθιστούσαν υλοποιήσιμη την κατασκευή δημόσιων Νεφών. Συνολικά τέσσερα APIs είναι διαθέσιμα: XML, -RPC, Libvirt, EC2 (Query) APIs, OpenNebula Cloud API (OCA). Η αρχιτεκτονική του περιλαμβάνει διάφορα εξειδικευμένα δομικά στοιχεία. Η κύρια ενότητα της

αρχιτεκτονικής του περιλαμβάνει φυσικούς εξυπηρετητές και τα hypervisors τους, τους κόμβους αποθήκευσης και τα στρώμα δικτύου. Η διαχείριση των εργασιών πραγματοποιείται από οδηγούς που αλληλοεπιδρούν με τα APIs των hypervisors, με τις συσκευές αποθήκευσης και τις τεχνολογίες δικτύων των δημόσιων Νεφών.

i.Cross Platform Cloud APIs

Εκτός από τους παρόχους Νεφών με συγκεκριμένα APIs υπάρχουν διεπαφές προγραμματισμού για Υπολογιστικά Νέφη ανεξάρτητα πλατφόρμας. Το Jclouds(17) είναι πλαίσιο ανάπτυξης εφαρμογών για Νέφη ανοιχτού κώδικα και βασισμένο στην Java. Χρησιμοποιώντας τις βιβλιοθήκες αυτού του συστήματος, κάποιος μπορεί να αναπτύξει προγράμματα και εφαρμογές συμβατά με διάφορους παρόχους Νέφους όπως Amazon, VMWare, Azure και άλλους. Το Delcloud(18) είναι ένα επίσης API ανοιχτού κώδικα βασισμένο στο REST, διατίθεται από την RedHat και είναι συμβατό με το EC2, Rackspace, GoGRID και άλλους παρόχους. Στην ίδια λογική, το libcloud(19) είναι μια βιβλιοθήκη της Python, που επιτρέπει στις εφαρμογές να αλληλοεπιδρούν με διαφορετικές υλοποιήσεις Υπολογιστικών Νεφών. Διατίθεται υπό την άδεια λογισμικού Apache Software License και εξυπηρετεί μέσω συγκεκριμένων οδηγών (drivers) τα περισσότερα εμπορικά Νέφη.

3. Μέθοδοι Συλλογής Πληροφοριών Από Τις Υπηρεσίες Νέφους

Παρακάτω παραθέτονται κάποιες έρευνες που ασχολούνται με την αξιολόγηση του υπολογιστικού νέφους, όσον αφορά τις υπηρεσίες που παρέχονται, την ασφάλεια που υπόσχονται και την εμπιστοσύνη που προσδίδουν. Τα εργαλεία συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων είναι το εργαλείο επιβεβαίωσης του SLA, ο οδηγός δεδομένων ενδιάμεσου λογισμικού για ομοσπονδίες Νέφους (DDDAC), μηχανές προσομοίωσης, εφαρμογές όπως οι HPCC, GrenchMark και mpich2-1.0.5 και η μέθοδος λογοδοσίας νέφους (CAM). Αυτά τα εργαλεία θα περιγραφούν αναλυτικά στις έρευνες που χρησιμοποίησαν αυτά τα εργαλεία.

3.1 Έλεγχος στο Συμβόλαιο διασφάλισης Επιπέδου Υπηρεσιών Υπολογιστικού Νέφους-Συμφωνία του Κανονισμού των Εννοιών Επαλήθευσης και Επικύρωσης

Η ερευνητική ομάδα από το Πανεπιστήμιο Putra της Μαλαισίας με επικεφαλής τον Nor Shahida Mohd Jamail και τον Rodziah Atan, έχουν δημιουργήσει μία μεθοδολογία για να ελέγχουν το επίπεδο συμφωνίας για υπηρεσίες του υπολογιστικού νέφους στους κανονισμούς πιστοποίησης και επικύρωσης.

Σκοπός της έρευνας:

Στο υπολογιστικό νέφος, το συμβόλαιο διασφάλισης επιπέδου λογισμικού (Software Level Agreement) είναι ένα από τα πιο σημαντικά τμήματα που διαπραγματεύονται τις υπηρεσίες στη συμβολαιοποίηση. Μπορούμε να πούμε ότι το υπολογιστικό νέφος είναι αρκετά καινούριο και υπάρχουν αρκετοί ερευνητές που εξακολουθούν να διερευνούν αυτό το θέμα. Επειδή είναι καινούριο, αναπτύσσονται πολλά προβλήματα και τα περισσότερα από αυτά σχετίζονται με την εφαρμογή και την ανάπτυξη υπηρεσιών σε τοποθετημένη πλατφόρμα (Service Oriented Architecture) και προσομοίωσης τόσο σε υλικό όσο και σε λογισμικό επίπεδο. Πέρα από αυτό, το υπολογιστικό νέφος, επίσης, θέτει ερωτήματα που σχετίζονται με της συμβάσεις υπηρεσιών που σχετίζονται με το Συμβόλαιο Διασφάλισης Επιπέδου Υπηρεσιών(SLA).

Συμβόλαιο διασφάλισης Επιπέδου Υπηρεσιών:

Το Συμβόλαιο Διασφάλισης Επιπέδου Υπηρεσιών είναι ένα μέρος του συμβολαίου υπηρεσιών όπου η υπηρεσία είναι επίσημα καθορισμένη βάση της διαπραγμάτευσης ανάμεσα του παρόχου και οργανισμού ή παρόχου και πελάτη. Με άλλα λόγια, ο όρος SLA αναφέρεται στην σύμβαση υπηρεσιών και απόδοσης. Για παράδειγμα το Amazon.com. είναι συνηθισμένο να περιλαμβάνει το Συμβόλαιο Διασφάλισης Επιπέδου Υπηρεσιών ως ένα συμβόλαιο μεταξύ πελάτη και παρόχου.

Έλεγχος Ταυτοποίησης:

Η προτεινόμενη μεθοδολογία δείχνει ότι τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί από το επίπεδο του Συλλέκτη Δεδομένων (Data Collector) στέλνονται στην Υπηρεσία Παρακολούθησης (Service Monitoring). Σε αυτό το επίπεδο υπάρχουν πολλοί ελεγκτές, συμπεριλαμβάνοντας το Φίλτρο Δεδομένων (Data Filter) και τον έλεγχο Συμβολαίου Διασφάλισης Επιπέδου Υπηρεσιών (SLA Checking). Παρακάτω βρίσκεται η μεθοδολογία μηχανισμού.

Μόλις τα δεδομένα μπουν στο Service Monitoring layer, τα δεδομένα (πραγματικού χρόνου δεδομένα) θα φιλτραριστούν από το Data Filtering layer. Το Data Filtering layer θα φιλτράρει τα δεδομένα με βάση τα SLA γνωρίσματα. Μόνο τα ζητούμενα δεδομένα θα περάσουν από την επεξεργασία. Έπειτα, το αποτέλεσμα των δεδομένων από το Data Filtering layer θα σταλθεί στο Service Monitoring layer για τον έλεγχο SLA.

Αφού μπουν τα δεδομένα στο SLA checking tools, αρχίζει ο έλεγχος ταυτοποίησης δεδομένων. Ο έλεγχος ταυτοποίησης είναι η διαδικασία όπου τα δεδομένα που εισέρχονται από το Data Filtering layer (πραγματικού χρόνου δεδομένα) συγκρίνονται με τα δηλωμένα δεδομένα στο SLA με την χρήση της τεχνικής σύγκρισης. Αν τα εισερχόμενα δεδομένα ταιριάζουν με τις SLA τιμές τότε το αποτέλεσμα θα δείξει "In Specification" (Σε Προδιαγραφή). Αλλά αν τα δεδομένα δεν ταιριάζουν τότε το αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί είναι "Violation" (Παραβίαση). Μόλις ο έλεγχος ταυτοποίησης ολοκληρωθεί, το αποτέλεσμα της ταυτοποίησης θα μεταφερθεί στον επόμενο έλεγχο ο οποίος είναι η Επικύρωση (Validation).

Σε αυτόν τον έλεγχο Validation, το σύστημα θα αναγγείλει αν η υπηρεσία λογισμικού και/ή του υλικού είναι Έγκυρη ("Valid") ή Άκυρη ("Invalid"). Ο έλεγχος Validation θα σαρώσει τα αποτελέσματα επικύρωσης. Αν εντοπιστεί μία Παραβίαση από τον έλεγχο, η υπηρεσία θα δηλώσει την υπηρεσία λογισμικού και/ή του υλικού ως "Άκυρη", αν όμως δεν εντοπιστεί αποτέλεσμα Παραβίασης θα δηλωθεί ως "Έγκυρη". Τέλος, ο έλεγχος επικύρωσης θα φτιάξει μια αναφορά η οποία θα αποτελείται από υπηρεσίες λογισμικού και/ή υλικού με την ακριβή κατάσταση απόδοσης, το αποτέλεσμα ταυτοποίησης και το αποτέλεσμα επικύρωσης. Τα αποτελέσματα επικύρωσης μπορεί να δείχνουν την SLA συμβατότητα, την παραβίαση και την αποτυχία κατά την SLA επικύρωση ή κατά την συλλογή πληροφοριών παρακολούθησης. Για τα αποτελέσματα επικύρωσης στον μηχανισμό παροχής μπορεί να χρησιμοποιείται για να ενημερώνει τον επιλεγμένο διαχειριστή υπηρεσίας ώστε να αποφασίσει σχετικά με την αναδιαμόρφωση της υπηρεσίας ή να διακόψει το συμβόλαιο. Ο πελάτης επίσης θα ειδοποιηθεί σχετικά με τις υπηρεσίες εάν οι υπηρεσίες ακολουθούν το SLA ή όχι. Ο κύριος στόχος αυτής της έρευνας είναι να αναλύσει εάν οι παρεχόμενες υπηρεσίες νέφους ακολουθούν το συμβόλαιο ή όχι. Είναι πολύ σημαντικό από άποψη αξιοπιστίας, ασφάλειας και διαθεσιμότητας.

Αποτελέσματα Δοκιμαστικού Ελέγχου:

Οι SLA παράμετροι καθορίζονται με βάση το προτεινόμενο πλαίσιο από το A.Mohammed et. Al (2010). 5 SLA από τις εταιρίες Amazon EC2, Salesforce.com,

googrid, google και WindowAzure που έχουν επιλεγθεί, θα μπουν σε μία λίστα τα SLA μετρικά/χαρακτηριστικά. Το εργαλείο ελέγχου SLA θα επιλέξει μόνο το πιο συχνά δηλωμένο SLA. Υπάρχουν 4 κατηγορίες για να καθοριστούν τα SLA μετρικά/χαρακτηριστικά οι οποίες είναι σε IaaS, PaaS, SaaS και ο αποθηκευτικός χώρος ως μία υπηρεσία. Παρακάτω παραθέτονται όλα τα αποτελέσματα του πειράματος δοκιμαστικού ελέγχου.

Cloud Services		Go ogr id	G o o g l e	A ma zo n E C 2	Win dow sAz ure	Sal esf orc e.c om
Parameter	Description					
CPU capacity	CPU speed for VM			/		
Memory size	size Cash memory size for VM	/		/		
Boot time	time for MV to be ready for use					
Storage	Storage size of data for short or long term of contract	/		/		
Scale up	Maximum of VMs for one user	/		/	/	/
Scale down	Minimum number of VMs for one user					/
Scale up time	Time to increase a specific number of VMs	/	/	/	/	/
Scale down time	Time to decrease a specific number of VMs		/			/
Auto scaling	Boolean value for auto scaling feature			/		
Max number can be configured on physical server	Maximum number of VMs that can be run on individual server					
Availability	Uptime of service in specific time	/	/	/	/	/
Response time	Time to complete and receive the process	/		/	/	
Load Balancing	When elasticity kicks in	/		/		

Πίνακας 2: SLA Χαρακτηριστικά για IaaS

Cloud Services		G o o g l e	G o o g l e	A m a z o n E C 2	Win dow s.Az ure	Sal esf orc e.c om
Parameter	Description					
Integration	Integration with eservices and other platforms	/				
Scalability	Degree of use with large number of online users	/		/		
Pay as you go billing	Charging based on resources or time of service	/	/	/	/	
Environments of deployment Servers	Supporting offline and cloud systems	/				
Browsers	Firefox, IExplorer,...	/		/		
Number of developers	How many developers can access to the platform					
Service Credit	Charging based on any failure	/	/	/		

Πίνακας 3: SLA Χαρακτηριστικά για PaaS

Cloud Services		G o o g l e	G o o g l e	A m a z o n E C 2	Win dow s.Az ure	Sale sforc e.co m
Parameter	Description					
Reliability	Ability to keep operating in most cases	/		/	/	
Usability	Easy built-in user interfaces					
Scalability	Using with individual or large organisations	/		/		
Availability	Uptime of software for users in specific time	/	/	/	/	/
Customizability	Flexible to use with different types of users					

Πίνακας 4: SLA Χαρακτηριστικά για SaaS

Cloud Services		G o o g l e	G o o g l e	Am azon EC2	Win dow sAz ure	Sale sforc e.co m
Parameter Description						
Geographi c location	Availability zones in which data are stored	/			/	
Scalability	Ability to increase or decrease storage space			/		
Storage space	Number of units of data storage	/	/			
Storage services (uptime)	Service of data storage	/	/	/	/	/
Storage billing	How the cost of storage is calculated	/		/	/	
Security	Cryptography for storage and transferring of data, authentication, and authorization	/		/		
Privacy	How the data will be stored and transferred	/				
Backup	How and where images of data are stored					
Recovery	Ability to recover data in disasters or failures					
System throughpu t	System response speed	/	/	/	/	/
Transferri ng bandwidth	The capacity of communication channels					
Data life cycle manageme nt	Managing data in data centres, and use of network infrastructure	/				

Πίνακας 5: SLA Χαρακτηριστικά υπηρεσίας αποθηκευτικού χώρου

	Most frequently applied in SLA
	Frequently applied in SLA
	Average applied in SLA

Στο πείραμα αυτό, προσδιορίσαμε ότι τα πιο συχνά χαρακτηριστικά που εφαρμόζονται στο SLA είναι η απόδοση του συστήματος, η υπηρεσία αποθήκευσης (uptime), η διαθεσιμότητα και η κλιμάκωση του χρόνου. Η απόδοση του συστήματος

σχετίζεται με τον χρόνο απόκρισης όταν ο πελάτης κάνει αίτηση στις υπηρεσίες νέφους. Η Υπηρεσία αποθήκευσης (uptime) ασχολείται με τις υπηρεσίες της αποθήκευσης δεδομένων. Όσον αφορά την διαθεσιμότητα, ασχολείται περισσότερο με το να είναι διαθέσιμες οι υπηρεσίες για τους χρήστες την συγκεκριμένη χρονική στιγμή και, τέλος, είναι η κλιμάκωση του χρόνου. Η κλιμάκωση του χρόνου σχετίζεται με την αύξηση ή την μείωση του χρόνου των υπηρεσιών ανάλογα με το πόσο μεγάλος είναι ο αριθμός των χρηστών. Όλα τα SLA χαρακτηριστικά θα φιλτραριστούν στο επίπεδο Φιλτραρίσματος Δεδομένων πριν από την είσοδο στο Επίπεδο Υπηρεσίας Παρακολούθησης. Υπάρχουν πολλά δεδομένα που συλλέγονται στο επίπεδο Συλλέκτη Δεδομένων, αλλά μόνο αυτά τα τέσσερα χαρακτηριστικά θα φιλτραριστούν και θα χρησιμοποιηθούν για SLA έλεγχο.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα αναμενόμενα αποτελέσματα για την επαλήθευση και την επικύρωση του SLA για τις υπηρεσίες νέφους. Στη φάση της επαλήθευσης θα χρησιμοποιηθεί η τεχνική σύγκρισης όπου η πραγματική τιμή που συλλέγεται από Επίπεδο Φιλτραρίσματος Δεδομένων θα συγκριθεί με τις SLA τιμές από τις υπηρεσίες νέφους. Αν η πραγματική τιμή είναι μικρότερη από την SLA τιμή τότε το SLA μπορεί να παραβιαστεί. Αν η πραγματική τιμή είναι ίδια ή μεγαλύτερη από την SLA τιμή, τότε το SLA είναι σωστό και ακολουθεί τους SLA κανόνες στις υπηρεσίες νέφους.

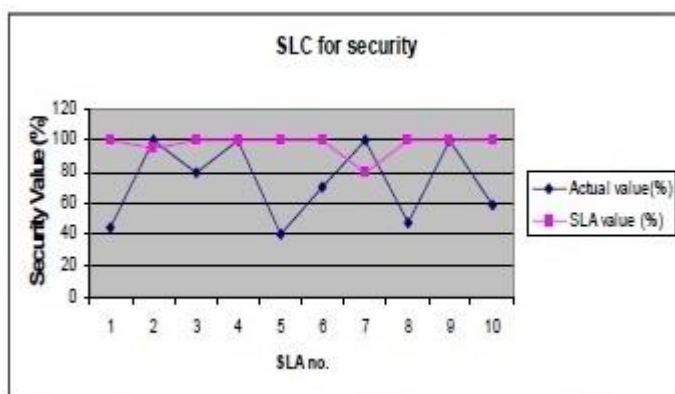
SLA No.	Actual value (%)	SLA value (%)	Comparison Result (verify)	Evaluate (validate)
1	45	100	Violate	Invalid
2	100	95	Not violate	Valid
3	80	100	Violate	Invalid
4	100	100	Not violate	Valid
5	40	100	Violate	Invalid
6	70	100	Violate	Invalid
7	100	80	Not violate	Valid
8	48	100	Violate	Invalid
9	100	100	Not violate	Valid
10	59	100	Violate	Invalid

Πίνακας 6. Τα αναμενόμενα αποτελέσματα στην Επαλήθευση και Επικύρωση σε 10 SLA σε διάφορες υπηρεσίες Cloud για την ασφάλειας .

Το παραβιασμένο SLA θεωρείται ως μη έγκυρο στη φάση επικύρωσης, το SLA είναι έγκυρο εάν το SLA είναι σωστό και ακολουθεί τους κανόνες που είναι βασισμένοι στην πραγματική τιμή.

Αποτελέσματα:

Στο πείραμα αυτό, συμπεραίνουμε ότι τα πιο συχνά χαρακτηριστικά που εμφανίζονται στο SLA είναι η απόδοση του συστήματος, η υπηρεσία αποθηκευτικού χώρου(σε ομαλή λειτουργία), η διαθεσιμότητα και η κλιμάκωση χρόνου. Η απόδοση του συστήματος ασχολείται με τον χρόνο ανταπόκρισης όταν ο πελάτης κάνει αίτηση στις υπηρεσίες νέφους. Η υπηρεσία αποθηκευτικού χώρου (σε ομαλή λειτουργία) ασχολείται με τις υπηρεσίες του αποθηκευτικού χώρου των δεδομένων. Η διαθεσιμότητα ασχολείται περισσότερο σε χρόνους ομαλής λειτουργίας των υπηρεσιών σε σχέση με τους χρήστες σε πραγματικές χρονικές στιγμές. Η κλιμάκωση χρόνου ασχολείται με τον χρόνο εξυπηρέτησης ώστε να τον αυξάνουν ή να τον μειώνουν με βάση το πλήθος των χρηστών. Αυτά τα τέσσερα SLA γνωρίσματα θα φιλτραριστούν στο Data Filtering Layer πριν μπουν στο Service Monitoring Layer. Υπάρχουν πολλά δεδομένα που μαζεύονται από τον Data Collector Layer αλλά μόνο αυτά τα γνωρίσματα θα φιλτραριστούν και θα χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο SLA.



Σχήμα 1. Τα αναμενόμενα αποτελέσματα στην Επιβεβαίωση και Επικυρώνει σε 10 SLA σε διάφορες υπηρεσίες Cloud για την ασφάλειας .

Με βάση το σχήμα 1 από πάνω, φαίνεται καθαρά ότι εάν η πραγματική τιμή (δεδομένα σε πραγματικό χρόνο) είναι χαμηλότερη της SLA τότε σημαίνει ότι το SLO είναι παραβιασμένο. Υπάρχουν 6 παραβιασμένα SLO και 4 που δεν έχουν παραβιαστεί. Όταν το SLO είναι παραβιασμένο αυτόματα το SLA είναι άκυρο και δεν ακολουθεί την σύμβαση. Αν η πραγματική τιμή είναι μεγαλύτερη ή όμοια της SLA τιμής, σημαίνει ότι το SLO δεν είναι παραβιασμένο και το SLA είναι έγκυρο και ακολουθεί την σύμβαση.

Μελλοντικές Ιδέες:

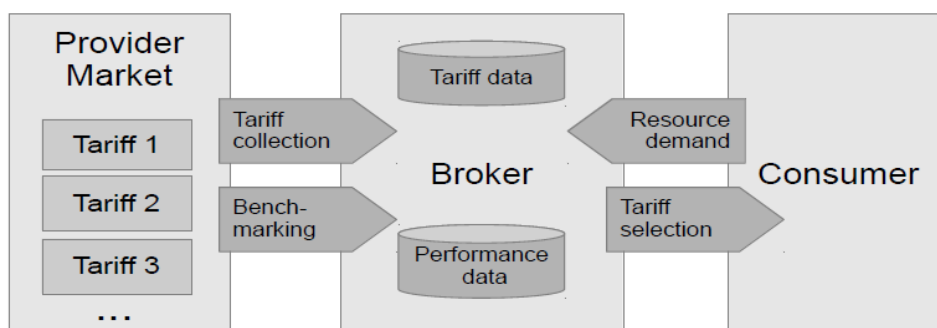
Σε αυτή την έρευνα, ο μηχανισμός πιστοποίησης και επικύρωσης του SLA στις υπηρεσίες Νέφους θα αναπτυχθεί. Θα δημιουργηθούν τέσσερα επίπεδα, αυτά είναι ο Έλεγχος Πυρήνων, ο Συλλέκτης Δεδομένων, το φιλτράρισμα δεδομένων και η υπηρεσία παρακολούθησης (μηχανισμός πιστοποίησης και επικύρωσης). Αλλά αυτή η έρευνα αναφέρεται μόνο στο επίπεδο παρακολούθησης υπηρεσιών και το φιλτράρισμα δεδομένων. Σε μελλοντικές έρευνες θα αναπτυχθεί το πραγματικό SLA μηχανισμό ελέγχου για να αντιμετωπιστούν πραγματικά δεδομένα και πραγματική υπηρεσία νέφους.

3.2 Ένα Μεσιτικό Μοντέλο Υπολογιστικού Νέφους για IaaS Πόρους

Η έρευνα αυτή δημοσιεύτηκε στο Ευρωπαϊκό συνέδριο πληροφόρησης συστημάτων(ECIS) το 2014, από τους ερευνητές Jörg Gottschlich, Johannes Hiemer και Oliver Hinz. Σκοπός αυτής της έρευνας είναι να δημιουργηθεί ένα μεσιτικό μοντέλο υπολογιστικού νέφους, για τους παρόχους υπολογιστικών πόρων IaaS.

Μεσιτικό Μοντέλο:

Το έργο του μεσίτη ως μεσάζων είναι να ταιριάζει τη ζήτηση των πόρων, που ορίζεται από το αίτημα ζήτησης ενός ενδεχόμενου καταναλωτή, με τα κατάλληλα τιμολόγια παρόχου. Διαιρούμε το έργο αυτό σε δύο μέρη: 1 μια διαδικασία συλλογής δεδομένων, η οποία συλλέγει τα απαραίτητα δεδομένα σχετικά με τα τιμολόγια και τις επιδόσεις του παρόχου και 2 τη μεσιτική διαδικασία, η οποία δρα κατά την εισερχόμενη ζήτηση πόρων και προσδιορίζει τον πάροχο που εξυπηρετεί αποτελεσματικότερα τη ζήτηση. Μετά από μια αρχική φάση συλλογής δεδομένων, οι διαδικασίες αυτές είναι ανεξάρτητες και μπορούν να εκτελεστούν ασύγχρονα. Παρακάτω περιγράφεται αρχικά το τμήμα συλλογής των δεδομένων από το μεσιτικό μοντέλο και ύστερα αναλύεται η εκτέλεση της μεσιτικής διαδικασίας.



Σχήμα 2 Ο μεσίτης ως ενδιάμεσος μεταξύ της αγοράς των καταναλωτών και του παρόχου

Διαδικασία Συλλογής Δεδομένων:

Ο στόχος της διαδικασίας συλλογής δεδομένων είναι να συγκεντρωθούν όλα τα απαραίτητα δεδομένα για τη δημιουργία διαύγειας αγοράς. Από τη μία πλευρά, υπάρχουν τα δασμολογικά δεδομένα, δηλαδή οι πληροφορίες σχετικά με τις τιμές και τις υπηρεσίες που δημοσιεύθηκαν από τους παρόχους. Η περιγραφή των πόρων συνεχίζει να ακολουθεί μια αναλογία υλικού, αλλά λόγω της εικονικής φύσης των πόρων του Cloud computing, η ακριβής απόδοση των εικονικών συστατικών δεν προσδιορίζεται ξεκάθαρα από το συστατικό στοιχείο. Ως εκ τούτου, χρειάζονται επιπλέον δεδομένα απόδοσης τα οποία συλλέγονται από τη συνεχή συγκριτική αξιολόγηση των υποδομών των παρόχων.

Προκειμένου να διατεθούν τα δασμολογικά δεδομένα για τη σύγκριση των επιδόσεων, παρά την ποικιλομορφία συστημάτων τιμολόγησης και εγγραφής, τα ανεπεξέργαστα δεδομένα του παρόχου μετατρέπονται στο επίσημο μοντέλο που αναφέρθηκε παραπάνω. Επί του παρόντος, αυτό γίνεται χειροκίνητα, αλλά σε μετέπειτα στάδιο η διαδικασία αυτή μπορεί να αυτοματοποιηθεί, συλλέγοντας τις ιστοσελίδες του παρόχου και μετατρέποντας τα δεδομένα αυτομάτως στο μοντέλο στόχος. Τα δασμολογικά δεδομένα σε αυτή τη φάση περιλαμβάνουν: VM τιμολόγηση ανά ώρα (σε on-time/off-time), τον αριθμό των CPU ανά VM, την ποσότητα της μνήμης RAM ανά VM, την ποσότητα χωρητικότητας HDD ανά VM.

Απόδοση Δεδομένων:

Για να επικαλεστεί διαύγεια σχετικά με την πραγματική απόδοση του παρόχου ανεξάρτητα από τις ανακοινωθείσες περιγραφές των πόρων τους, έχει εισαχθεί ένα στοιχείο συγκριτικής αξιολόγησης στο μοντέλο αυτό. Για κάθε πάροχο δασμολογικών δεδομένων, παραγγέλλεται ένα παράδειγμα το οποίο χρησιμοποιείται για να εκτελεστούν σημεία αναφοράς στο σύστημα και την απόδοση συστατικού (CPU, RAM και HDD). Για τη διαδικασία της διαμεσολάβησης, χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα των σημείων αναφοράς για την τυποποίηση των τιμών όσον αφορά τις επιδόσεις .

Για τη μέτρηση της απόδοσης ενός παρόχου IaaS υπάρχουν πολλές διαφορετικές συνθέσεις συγκριτικής αξιολόγησης . Μία από αυτές τις συγκριτικές συνθέσεις είναι η UnixBench. Η UnixBench δημιουργήθηκε το 1983 στο Πανεπιστήμιο Monash. Αργότερα επεκτάθηκε από το περιοδικό Byte. Για τη συγκριτική αξιολόγηση επιλέγεται η UnixBench , επειδή είναι γνωστή για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της και την ικανότητά της να καλύπτει όχι μόνο ενιαία συστήματα CPU αλλά και πολλαπλά συστήματα CPU και τα δύο με μονές και πολλαπλές εργασίες. Το δοκιμαστικό περιβάλλον της UnixBench έχει εννέα διαφορετικά σενάρια δοκιμών από τα οποία επιλέγονται τρία. Αυτά καταγράφονται, περιγράφονται και αποδίδονται σε ένα στοιχείο στον πίνακα 7.

Όνομα	Περιγραφή	Συστατικό
Execl Throughput	Αυτή η δοκιμή μετρά τον αριθμό των κλήσεων execl που μπορούν να εκτελεστούν ανά δευτερόλεπτο.	CPU
File Copy	Μετρά το ρυθμό με τον οποίο τα δεδομένα μπορούν να μεταφερθούν από το ένα αρχείο στο άλλο , χρησιμοποιώντας διάφορα μεγέθη buffer .	HDD
Process Creation	Αναφέρεται στη δημιουργία block ελέγχου της διαδικασίας και εκχωρήσεις μνήμης για νέες διαδικασίες, ώστε να εφαρμόζεται απευθείας στο εύρος ζώνης της μνήμης.	RAM

Πίνακας 7. Επισκόπηση των συστατικών της UnixBench.

Επιπλέον, η UnixBench παρέχει ένα δείκτη απόδοσης του συστήματος ο οποίος μετρά τη συνολική απόδοσή του. Αυτό το σκορ αναφοράς του συστήματος θα χρησιμοποιηθεί για τη σύγκριση τιμολογίων αν ο καταναλωτής καθορίσει μηδενικό φορτίο. Το αποτέλεσμα αυτής της σύγκρισης είναι μια γενική λίστα από τιμολόγια παρόχων ταξινομημένη ανάλογα με δείκτες τιμής-απόδοσης, αλλά που μπορεί ακόμα να φιλτράρεται από διάφορους ποιοτικούς περιορισμούς.

Το Σχήμα 3 παρουσιάζει μια επισκόπηση της διαδικασίας που περιγράφεται σε αυτή την ενότητα. Η διαδικασία ξεκινά όταν ένας καταναλωτής στείλει ένα αίτημα ζήτησης πόρων το οποίο περιλαμβάνει δασμολογικούς περιορισμούς, ένα προφίλ του φορτίου, το συνολικό χρόνο ανάπτυξης, σε πραγματικό χρόνο, και το μέγεθος HDD. Αρχικά, ο μεσίτης χρησιμοποιεί τους περιορισμούς του καταναλωτή ώστε να αποκλείσει τιμολόγια που δεν πληρούν τις απαιτήσεις του. Για τα υπόλοιπα τιμολόγια, χρησιμοποιείται το προφίλ του φορτίου για να υπολογιστεί μια μεμονωμένη αναλογία κόστους-απόδοσης με βάση το στοιχείο αναφοράς. Εάν ο καταναλωτής δεν παρέχει ένα προφίλ φορτίου, τότε υπολογίζεται μια γενική σχέση κόστους – απόδοσης η οποία βασίζεται σε ένα σύστημα αναφοράς.

Ο καταναλωτής στέλνει αίτημα πόρων	Τιμολόγια που παρέχουν φίλτρα για τους περιορισμούς των καταναλωτών	Κατάταξη και επιστροφή αποτελέσματος	Υπολογισμός αναλογίας κόστους-απόδοσης
------------------------------------	---	--------------------------------------	--

Σχήμα 3. Μεσιτική διαδικασία

Υπάρχουν δύο επίπεδα υπολογισμού της αναλογίας κόστους-απόδοσης. Το πρώτο (απλό) επίπεδο είναι ανεξάρτητο του προφίλ του φορτίου του καταναλωτή και χρησιμοποιεί ένα γενικό σύστημα αναφοράς για την εξομάλυνση των τιμών. Αυτό δίνει μια μη ειδική ένδειξη σχετικά με τις <<γενικής χρήσεως>> αποδόσεις του VM και ως εκ τούτου είναι μια καλή προσέγγιση αν δεν υπάρχουν περισσότερες συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με τη φύση του έργου, δηλαδή αν ο καταναλωτής δεν καθορίσει ένα προφίλ φορτίου. Το δεύτερο (πιο πολύπλοκο) επίπεδο υπολογισμού κόστους-απόδοσης αναλογίζεται την προτεραιότητα των συστατικών όπως υποδεικνύεται από το προφίλ φορτίου του καταναλωτή i, που χρησιμοποιείται για τη στάθμιση αποτελεσμάτων αναφοράς σε επίπεδο στοιχείων. Αυτό οδηγεί σε μια δασμολογική κατάταξη, η οποία ωθείται προς το σενάριο εφαρμογής που έχει δηλωθεί από τον καταναλωτή και συνεπώς προτιμά αυτά τα τιμολόγια, όπου οι σχέσεις κόστους-απόδοσης είναι υπέρ των συγκεκριμένων κύριων στοιχείων. Αρχικά εξηγείται ο γενικός υπολογισμός της αναλογίας κόστους-απόδοσης και στη συνέχεια ο υπολογισμός με βάση το προφίλ φορτίου.

Ο Πίνακας 8 απεικονίζει ένα παράδειγμα υπολογισμού κόστους-απόδοσης, χωρίς προφίλ φορτίου. Για κάθε τιμολόγιο, έχουμε την τιμή αναφοράς του συστήματος στην μονάδα εξόδου του δείκτη αναφοράς (σημεία αναφοράς, BP). Για να υπολογιστεί η τιμή ανά BP, διαιρείται η ανακοινωθείσα τιμή του κάθε τιμολογίου με το αποτέλεσμα του σημείου αναφοράς (βλ. Πίνακα 4). Αυτή είναι μια πολύ απλή μέθοδος για να ληφθεί μια σχετική τιμή ανάλογη με την απόδοση του συστήματος. Κοιτάζοντας την τιμή ανά BP, φαίνεται ότι ο δασμολογικός πάροχος B είναι στην πραγματικότητα φθηνότερος από το δασμολογικό πάροχο A σε σχέση με την παραδοθείσα επίδοση – αυτό δε θα ήταν ξεκάθαρο από την ανακοινωθείσα τιμή. Συνολικά, φαίνεται ότι χωρίς περαιτέρω περιορισμούς, το τιμολόγιο C παρέχει τη χαμηλότερη τιμή για ένα BP και συνεπώς την υψηλότερη απόδοση για μια δεδομένη τιμή.

Provider tariff	Benchmark result $\bar{X}_i$ (Benchmark Points, BP)	Announced price (\$/h)	Price per BP (\$/h / BP)
A	78.1	0.02	0.0002561
B	329.8	0.06	0.0001819
C	3088.0	0.48	0.0001554

Πίνακας 8. Αριθμητικό παράδειγμα για τον υπολογισμό της αναλογίας απόδοσης του συνολικού συστήματος

Εάν ο καταναλωτής παρέχει ένα i προφίλ φορτίου, το οποίο περιγράφει τη σχετική σημασία των στοιχείων, οι πρόσθετες πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βρεθεί ένα τιμολόγιο το οποίο να είναι αποτελεσματικό για το συγκεκριμένο σενάριο χρήσης. Ο Πίνακας 9 απεικονίζει αυτή τη διαδικασία αν θεωρηθεί ένα προφίλ φορτίου (50%, 10%, 40%). Αρχικά, διαιρείται το κόστος σε στοιχεία ανάλογα με το προφίλ φορτίου ώστε να αντικατοπτρίζει το βάρος που ένας χρήστης αποδίδει σε ένα στοιχείο. Χρησιμοποιώντας το κόστος για τη διανομή βάρους, αποφεύγεται η ανάγκη να γίνουν υποθέσεις όσον αφορά τη σχέση της συγκριτικής αξιολόγησης

τιμών μεταξύ στοιχείων. Στη συνέχεια, διαιρείται το εν λόγω στοιχείο συγκεκριμένης τιμής με την απόδοση του συστατικού που υπολογίζεται για κάθε τιμολόγιο. Όταν προστεθούν αυτά τα στοιχεία, συμπεραίνεται μια τιμή ανάλογη του χρήστη σε \$/h/BP. Για παράδειγμα βλέπε Πίνακα 9: Η τιμή των 0,02 \$/h χωρίζεται σε 0,01 \$/h για CPU (50%), 0.002 \$/h για RAM (10%) και 0.008 για HDD (40%). Οι τιμές αυτές διαιρούνται με τα αντίστοιχα στοιχεία αποτελέσματα αναφοράς και προσθέτονται: $0.01/140 + 0.002/427 + 0.008/32.649 = 7.14E-05$. Αυτό διεξάγεται για κάθε τιμολόγιο και συγκρίνοντας την προκύπτουσα τιμή του συστατικού (Πίνακας 5, τελευταία στήλη), συμπεραίνεται ότι για αυτό το προφίλ, το B είναι πλέον το προτιμώμενο τιμολόγιο όσον αφορά τη σχέση κόστους-απόδοσης. Αυτό το μικρό παράδειγμα εξηγεί το σύστημα υπολογισμού.

Provider tariff	Benchmark result $\bar{X}_i$ (Benchmark Points, BP)			Announced price (\$/h)	Performance weighed component price (\$/h/BP)			Composed Total Weighed Price (\$/h/BP)
	CPU	RAM	HDD		CPU	RAM	HDD	
A	140	427	32,649	0.02	1.00E-02	2.00E-03	8.00E-03	7.14E-05
B	851	1,844	163,670	0.06	3.00E-02	6.00E-03	2.40E-02	3.53E-05
C	6,422	35,969	584,052	0.48	2.40E-01	4.80E-02	1.92E-01	3.74E-05

Πίνακας 9. Αριθμητικό παράδειγμα για τον υπολογισμό της αναλογίας απόδοσης (προφίλ 50%,10%,40%)

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονισθούν οι βασικές υποθέσεις που πρέπει να γίνουν:

1. Το εφαρμοσμένο σημείο αναφοράς είναι μια κατάλληλη μετρική μέθοδος απόδοσης για το στοιχείο σε σχέση με το σενάριο εφαρμογής.
2. Η μετρική μέθοδος του σημείου αναφοράς και η απόδοση του στοιχείου έχουν μια γραμμική σχέση, πχ διπλά σημεία της αναφοράς δηλώνουν διπλή απόδοση.
3. Οι διαφορές στην απόδοση συσχετίζονται απόλυτα με τις διαφορές όσον αφορά την προθυμία να πληρώσει κανείς, δηλαδή υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ της απόδοσης που λαμβάνει ο καταναλωτής και την προθυμία του να πληρώσει.

Αποτελέσματα:

Αφού υπολογιστεί η αναλογία τιμής-απόδοσης, χρησιμοποιείται για την κατάταξη τιμολογίων παρόχου. Τα τιμολόγια τα οποία δεν ταιριάζουν με τα συγκεκριμένα ποιοτικά κριτήρια έχουν ήδη φιλτραριστεί, ώστε να παρουσιαστεί αυτή η λίστα στον χρήστη. Αν ο καταναλωτής προτιμάει μια αυτόματη επιλογή (πχ για άμεση ανάπτυξη), το πρώτο τιμολόγιο παρόχου στη λίστα είναι αυτό με το χαμηλότερο κόστος ανά μονάδα απόδοσης και συνεπώς θα επιλεγόταν για την εργασία του καταναλωτή.

Συμπέρασμα:

Το Cloud Computing μετατρέπεται σε προϊόν. Αυτό απαιτεί αποτελεσματικές λύσεις προμήθειας υλών, ιδιαίτερα καθώς το μέγεθος της αγοράς και η πολυπλοκότητα αυξάνονται. Στο έγγραφο αυτό, προτάθηκε μια πρώτη προσέγγιση για ένα μεσιτικό μοντέλο ώστε να αυξηθεί η διαύγεια των τιμών σε σχέση με την απόδοση. Με τη συνεχή παρακολούθηση της απόδοσης παρόχου, δημιουργείται μια βάση γνώσεων για τη δύναμη και τις αδυναμίες της αγοράς παρόχου σε στοιχειώδες επίπεδο. Αυτή η γνώση χρησιμοποιείται για να βρεθεί η καλύτερη προσφορά όσον αφορά την αναλογία κόστους-απόδοσης για ένα δεδομένο σενάριο υπολογισμού του χρήστη. Λόγω της επισημοποίησης του μοντέλου, μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για την παροχή αυτοματοποιημένης βοήθειας κατά την προμήθεια πόρων IaaS. Ως εκ τούτου, είναι πρακτικό στη χρήση για τις επιχειρήσεις που θέλουν να αναθέτουν τις υπολογιστικές ανάγκες τους στο cloud. Από ερευνητική σκοπιά, τα δεδομένα που συλλέγονται από το μεσίτη κατά την πάροδο του χρόνου παρέχουν βαθιά ενορατικότητα για τη δομή της αγοράς IaaS και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μια εφαρμογή για πειραματισμό με διαφορετικές χρηματιστηριακές προσεγγίσεις.

Μελλοντικές Ιδέες:

Για μελλοντικές εργασίες, σχεδιάζεται μια διεξοδική τελειοποίηση του μοντέλου ώστε να συμπεριλαμβάνει περισσότερα στοιχειώδη σημεία αναφοράς (πχ ταχύτητα Διαδικτύου) και να ενοποιεί περαιτέρω την πολυμορφία των επιλογών τιμολόγησης που εκθέτουν οι πάροχοι (πχ επιβαρύνσεις των επιχειρήσεων I/O). Στο όραμα για ένα μελλοντικό IaaS μεσίτη, ο καταναλωτής επιλέγει ένα σημείο αναφοράς που ταιριάζει καλύτερα στον υπολογιστικό του σκοπό από έναν κατάλογο σημείων αναφοράς εφαρμογής (πχ Phoronix Media 2013) ώστε να βρει τον προτιμώμενο πάροχό του. Μετά την εγκατάσταση, ο μεσίτης παρακολουθεί το προφίλ φορτίου του χρήστη και το χρησιμοποιεί για μετέπειτα αποφάσεις που αφορούν την προμήθεια ώστε να καταλάβει ποιες είναι οι υπολογιστικές του ανάγκες. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια συνεχή σχέση βελτίωσης, όπου ο μεσίτης συνεχίζει τη βελτιστοποίηση της προσφοράς για τη ζήτηση του καταναλωτή, ανεξάρτητα από τις μεταβολές των τιμών, τα διαφορετικά μοντέλα συνδρομής ή τους κύκλους πληρωμής και αφορά εξαρτήσεις μεταξύ των συστατικών σε ένα πιο πολύπλοκο σκηνικό (πχ. κοινή υποδομή αποθήκευσης). Σε αυτό το σημείο, η προμήθεια πόρων Cloud Computing θα πρέπει να είναι τόσο εύκολη όσο είναι το άνοιγμα μιας βρύσης.

3.3 Μια Δυναμική Προσομοίωση Προσέγγισης Καθοδήγησης Δεδομένων για την Πρόληψη Παραβίασης της Συμφωνίας Επιπέδου Υπηρεσίας στην Ομοσπονδία Νέφους

Σε αυτήν την έρευνα επιχειρείται να δημιουργηθεί ένας δυναμικός προσομοιωτής οδήγησης δεδομένων για την πρόληψη παραβιάσεων του SLA στην ομοσπονδία

Νέφους. Οι επιμελητές αυτής της έρευνας είναι ο Funmilade Faniyi, ο Rami Bahsoon, ο Georgios Theodoropoulos. Από την Σχολή Επιστήμης Υπολογιστών του Πανεπιστημίου του Birmingham στο Ηνωμένο Βασίλειο και από το εργαστήριο ερευνών της IBM στο Δουβλίνο, Ιρλανδία. Δημοσιεύτηκε στο Διεθνές Συνέδριο Υπολογιστικής Επιστήμης το 2012.

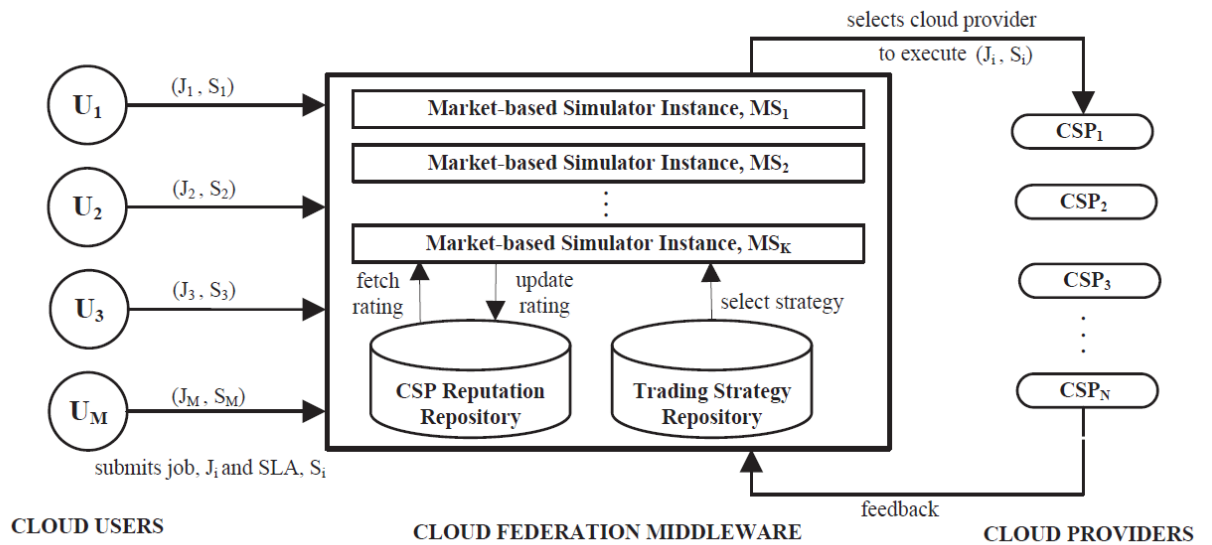
Η νέα δυνατότητα πρόσβασης σε μια αμέτρητη ομάδα από υπολογιστικούς πόρους σε δραστικά μειωμένη τιμή έχει κάνει το υπολογιστικό νέφος δημοφιλές. Με την αύξηση του απρόβλεπτου φόρτου εργασίας, οι πάροχοι Νέφους είναι αντιμέτωποι με προβλήματα αντιμετώπισης του Συμβολαίου διασφάλισης Επιπέδου Υπηρεσιών (SLA), όπως αποδεικνύεται από μεγάλους προμηθευτές όπως η Amazon και η Google. Πλέον, οι χρήστες έχουν την επιλογή να διαλέξουν ανάμεσα από πολλούς παρόχους νέφους και στη συνέχεια να μεταβούν σε έναν πιο αξιόπιστο σε περίπτωση αδυναμίας του παρόχου να ανταποκριθεί στο SLA του. Σε αυτή την εργασία, προτάσσεται μια νέα δυναμική αρχιτεκτονική που βασίζεται σε δεδομένα ικανά να παρέχουν υλοποιήσεις στους πόρους με ελάχιστες SLA παραβιάσεις.

Στην έρευνα αυτή, παρουσιάζεται ο σχεδιασμός της αρχιτεκτονικής της ομοσπονδίας Νέφους. Εισάγεται η Εφαρμογή Συστήματος Δυναμικού Οδηγού Δεδομένων (DDAS) στην αρχιτεκτονική επιπέδου ενδιάμεσου λογισμικού για να μειωθεί ο κίνδυνος της παραβίασης του SLA.

Οδηγός δεδομένων ενδιάμεσου λογισμικού για ομοσπονδίες Νέφους (DDAS):

Είναι σημαντικό να δικαιολογηθεί η επιλογή του DDAS ως μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για την εφαρμογή αυτού του εργαλείου. Απαιτούνται δύο οδηγοί DDAS ώστε να προσεγγίσουν τα χαρακτηριστικά του τομέα Νέφος και ταυτόχρονα την απαίτηση του προβλήματος. Το περιβάλλον νέφους είναι εξαιρετικά ασταθές και εκτίθεται δυναμικά από δύο παράγοντες: τους χρήστες του νέφους και τους παρόχους του. Οι χρήστες νέφους έχουν διαφορετικές ανάγκες εφαρμογών και το αίτημά τους για τους πόρους νέφους ποικίλει ανάλογα με το φόρτο εργασίας που τους διατίθεται στις υπηρεσίες τους. Ομοίως, οι προσφορές των παρόχων υπηρεσιών Νέφους, είναι ετερογενείς και ποικίλλουν ανά διαστήματα. Για παράδειγμα εξαιτίας αποτυχιών των πόρων ή από το φόρτο εργασίας επιβαρύνονται οι υποδομές του Νέφους.

Αυτές οι ιδιότητες απαιτούνται για μια προσέγγιση όπως το DDAS, που παρέχουν μία βάση λογικής για αυτές τις δυναμικές και αποτελεσματικές αυτό-προσαρμογές κατά τον χρόνο εκτέλεσης. Ειδικότερα, η προσαρμογή πρέπει να τηρεί τους SLA περιορισμούς.



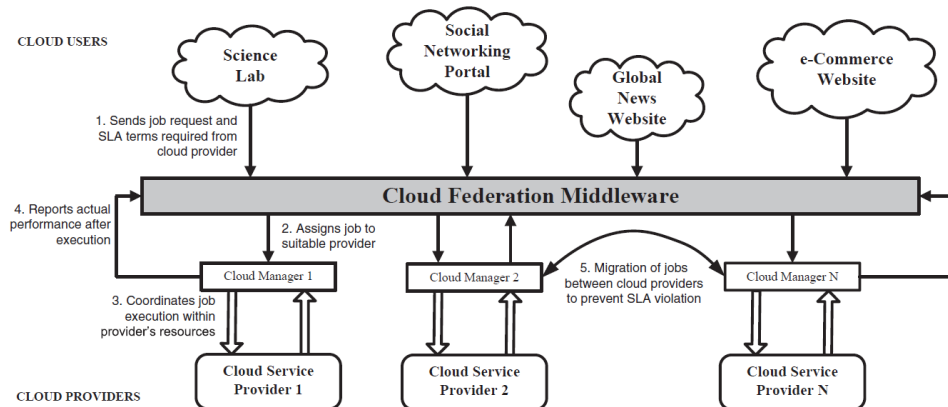
Σχήμα 3 : Ομοσπονδία Νέφους Αρχιτεκτονική ενσωμάτωση οδηγού-δεδομένων στο ενδιάμεσο λογισμικό επίπεδο.

Η αρχιτεκτονική της ομοσπονδίας νέφους παρουσιάζεται στο σχήμα 3. Το επίπεδο του ενδιάμεσου λογισμικού στην αρχιτεκτονική αποτελείται από κατανεμημένες περιπτώσεις προσομοιωτή. Αυτοί οι προσομοιωτές λαμβάνουν αιτήματα από τους χρήστες Νέφους και επιλέγουν παρόχους νέφους ικανούς να ανταποκριθούν στα αιτήματα αυτά. Οι προσομοιωτές λαμβάνουν έλεγχο ανατροφοδότησεων από τους παρόχους νέφους σηματοδοτώντας επιτυχής εκτέλεση των υποβαλλομένων αιτήσεων εργασίας ή προειδοποιήσεις κινδύνου που σηματοδοτούν την ανικανότητά τους να ενεργήσουν. Προειδοποιήσεις κινδύνου θα μπορούσαν να έχουν προκληθεί για λόγους όπως απρόβλεπτες αποτυχίες των πόρων και απρόβλεπτη κορύφωση του φόρτου εργασίας. Οι προσομοιωτές ενεργούν για αυτή η ανατροφοδότηση με τη λήψη δράσεων μετριασμού του κινδύνου, όπως είναι η επιλογή των υποκατάστατων παρόχων νέφους για να αποφευχθεί η παραβίαση του όρου SLA των υποβληθέντων αιτημάτων. Ανατροφοδοτήσεις που λαμβάνονται από τον προσομοιωτή μπορεί επίσης να υφίστανται ως: υψηλή προτεραιότητα (Απαιτεί άμεση παρέμβαση), μέτρια προτεραιότητα (αντιδρά εντός δεσμευόμενου χρόνου) ή χαμηλή προτεραιότητα (τετριμμένο, μη - απειλητικό ρίσκο). Η γνώση που αποκτήθηκε από τη συνεχή αλληλεπίδραση μεταξύ των προσομοιωτών και των CSP(Cloud Service Providers) βελτιώνει την ακρίβεια των προσομοιωτών στην επιλογή αξιόπιστων CSP. Στη συνέχεια, θα συζητηθεί κάθε συνιστώσα της αρχιτεκτονικής με περισσότερες λεπτομέρειες.

Περιβάλλον Νέφους

Οι δύο μείζονες παράγοντες στην ομοσπονδία περιβάλλοντος Νέφους είναι οι χρήστες και οι πάροχοι Νέφους.

Χρήστες Νέφους: αναφέρεται σε άτομα ή οργανισμούς που διασυνδέονται με την ομοσπονδία Νέφους . Κάθε χρήστης συννεφοτυπικά κατέχει κάποια υπηρεσία(ες) που παρέχεται για τους πελάτες τους. Όπως διευκρινίζεται παραπάνω, οι υπηρεσίες μπορεί να διαφέρουν στις απαιτήσεις τους. Έχουν διαμορφωθεί χρήστες νέφους ως ένα σύνολο $U = \{ U_1, U_2, \dots, U_M \}$, όπου M είναι ο αριθμός των χρηστών που ζητούν τους πόρους σε μια χρονική στιγμή . Οι απαιτήσεις των υπηρεσιών που ανήκουν σε χρήστη νέφους, U_i , ομαδοποιούνται ως σειρά αιτήματος εργασίας, J_i , με ένα αντίστοιχο SLA, S_i , το οποίο καθορίζει τους περιορισμούς για την αιτούμενη εργασία. Ο SLA, S_i , περιλαμβάνει όρους όπως είναι ο χρόνος απόκρισης, η διαθεσιμότητα και η επεκτασιμότητα των περιορισμών. Για να ζητηθούν πόροι νέφους, οι χρήστες υποβάλλουν το 2 - tuple (J_i, S_i) με την ομοσπονδία cloud μέσω του ενδιαμέσου λογισμικού της.



Εικόνα 1:Μοντέλο Ομοσπονδίας Νέφους

Οι Πάροχοι Υπηρεσιών Νέφους (CSP) : προσφέρουν διαφορετικές εξειδικευμένες υπηρεσίες νέφους (Χ-ως-μία-υπηρεσία), όπου το Χ θα μπορούσε να είναι αποθήκευση, υποδομή, πλατφόρμα ή λογισμικό. Η συνιστώσα διευθυντής νέφους για κάθε CSP (βλέπε Εικόνα 1) γνωστοποιεί το ενδιαμέσο λογισμικό σχετικά με τους όρους δυναμικότητας των πόρων , τις τιμές και τους όρους υπηρεσιών . Το ενδιαμέσο λογισμικό χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες στην επιλογή του CSP για την εκτέλεση αιτήσεων εργασιών για τους χρήστες του νέφους. Είναι σημαντικό, ο διαχειριστής νέφους να στέλνει ειδοποίηση για την ολοκλήρωση της εργασίας ή τις καταχωρήσεις κινδύνου για το ενδιαμέσο λογισμικό που δρα για να μετριάσει τις SLA παραβάσεις. Οι CSP έχουν μοντελοποιηθεί ως ένα σύνολο $\{CS P_1, P_2 CS, \dots, CS P_N\}$, όπου N είναι ο αριθμός των CSP στην ομοσπονδία .

Ενδιάμεσο λογισμικό Ομοσπονδίας Νέφους:

Το επίπεδο ενδιαμέσου λογισμικού αποτελείται από πολλές προσομοιώσεις περιπτώσεων που συντονίζουν την ομοσπονδία νέφους. Η κατανομημένη προσομοίωση προσέγγισης προτιμάται λόγω της κλίμακας της ομοσπονδίας νέφους. Μία μόνο προσομοίωση παραδείγματος μπορεί να αποτελέσει δυσχέρεια υπό μεγάλο φόρτο εργασίας και έτσι καθιστά το ενδιαμέσο λογισμικό λιγότερο επεκτάσιμο. Η κατανομή των προσομοιωμένων περιπτώσεων βελτιώνει την

επεκτασιμότητα του ενδιαμέσου λογισμικού και προσφέρει την αφοσίωση των προσομοιωτών σε πολλές ανησυχίες. Για παράδειγμα, μερικοί προσομοιωτές μπορεί να είναι πιο αποτελεσματικοί στην επιλογή CSP για συγκεκριμένους τύπους αιτήσεων εργασίας εισερχόμενοι από άλλους. Σύμφωνα με το πρότυπο DDDAS , αυτοί οι προσομοιωτές συλλέγουν δεδομένα με βάση την τρέχουσα κατάσταση του νέφους, εκτελούν μετρήσεις για την ανίχνευση πιθανών παραβιάσεων και επηρεάζουν την αλλαγή ελέγχου για το μετριάσμά τους.

Πιο συγκεκριμένα, οι προσομοιωτές σε αυτό το επίπεδο εκτελούν τις ακόλουθες λειτουργίες :

- λαμβάνουν αιτήσεις εργασιών και των συναφών SLAs ως είσοδο από τους χρήστες νέφους
- επιθεωρούν τις προσφορές των παρόχων υπηρεσιών νέφους σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα
- επιλέγουν πάροχους υπηρεσιών νέφους για την εκτέλεση αιτήσεων εργασιών με βάση τον τύπο εργασίας και τους όρους SLA
- παρακολουθούν την εκτέλεση της εργασίας για προειδοποιήσεις κινδύνου από τους παρόχους νέφους
- εκτελούν ενέργειες ελέγχου για την πρόληψη της παραβίασης των SLAs των χρηστών κάθε φορά που λαμβάνεται μια προειδοποίηση κινδύνου

Προσομοιωτής Βασισμένος στην Αγορά:

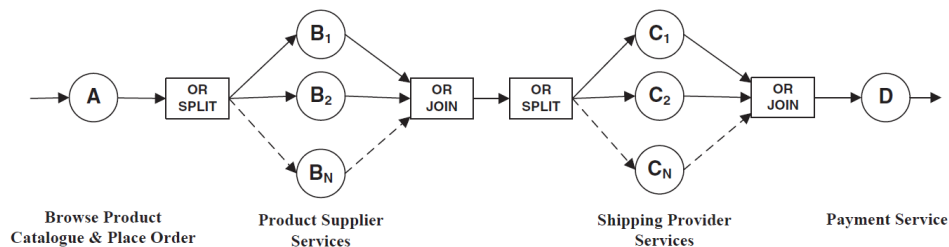
Ο κατανεμημένος/αποκεντρωμένος μηχανισμός της αγοράς είναι απαραίτητος για να συντονιστούν οι αλληλεπιδράσεις των διανεμόμενων προσομοιωτών. Οι υποψήφιοι μηχανισμοί για την υλοποίηση αυτού του στόχου είναι ο μηχανισμός αγοράς, ο μηχανισμός λιανική-έμπνευση και ο μηχανισμός δημοσίευση-προσφορά. Αυτό υπάρχει επειδή ο μηχανισμός αναλαμβάνει την πλήρη αποκέντρωση μεταξύ των φορέων της αγοράς (δηλαδή αγοραστές και πωλητές). Δεν υπάρχει η έννοια "κεντρικός δημοπράτης" ή "δημιουργός αγοράς", όπως υπάρχει σε άλλες ανάλογες υπολογιστικές αγορές (π.χ. συνεχές-διπλός πλειστηριασμός). Ο μηχανισμός δημοσίευσης-προσφοράς έχει δημιουργηθεί επίσης για να φτάσει την αποτελεσματική κατανομή των πόρων μεταξύ των φορέων της αγοράς, ακολουθώντας υπολογιστικά ανέξοδα βήματα των διαπραγματεύσεων. Για παράδειγμα, μια προσαρμογή του μηχανισμού έχει χρησιμοποιηθεί για τη διαχείριση των πόρων σε peer-to-peer δίκτυο υπολογιστών.

Οι αγοραστές στην αγορά μοντελοποιούνται ως προσομοιώσεις περιπτώσεων και οι πωλητές ως CSP. Οι αγοραστές επιδιώκουν να μεγιστοποιήσουν την επιτυχία τοποθέτησης σκέψης (δηλαδή ο αριθμός των εργασιών που διατίθεται στους πωλητές που έχουν ολοκληρωθεί μέσα σε περιορισμούς SLA), ενώ οι πωλητές ενδιαφέρονται για τη μεγιστοποίηση των κερδών τους από τη συνεχή εκτέλεση εργασιών σύμφωνα με καθορισμένους περιορισμούς SLA .

Παρουσιάζεται ένα παράδειγμα ενός προβλήματος επιλογής υπηρεσιών για να δημιουργηθεί μία υποψήφια εφαρμογή της αρχιτεκτονικής που παρουσιάζεται στο σχήμα 3. Για λόγους απλότητας, οι δύο όροι SLA θεωρούνται: το κόστος των υπηρεσιών και ο χρόνος ανταπόκρισης.

Μελέτη Υποθετικής Περίπτωσης:

Παρουσιάζεται μια ποικιλία μοντέλων ροής εργασιών για τη σύνθεση της Υπηρεσίας. Στην πράξη, οι SaaS πάροχοι νέφους δημοσιεύουν συγκεκριμένες περιπτώσεις από τις αφηρημένες υπηρεσίες σε αυτές τις ροές εργασιών. Εδώ θεωρείται, για παράδειγμα, ένα συνθετικό μοντέλο ροής εργασιών του διαδικτυακού καλαθιού αγορών μιας επιχείρησης. Βασίζεται σε δυναμικά συγκροτημένες υπηρεσίες ώστε να ικανοποιήσει τις παραγγελίες των πελατών της. Η σύνθεση του μοντέλου φαίνεται παρακάτω στο Σχήμα 4.



Σχήμα

4 :Σύνθεση Υπηρεσίας Διαδικτυακού καλαθιού αγοράς

Τέσσερις υπηρεσίες απαιτούνται για να εξασφαλιστούν παραγγελίες από πελάτες της εταιρείας που συναντούν:

- Υπηρεσία A: καθιστά τον κατάλογο των προϊόντων της εταιρείας σε ένα πρόγραμμα περιήγησης και παρέχει ένα μέσο για τους πελάτες για να τοποθετούν παραγγελίες.
- Υπηρεσία B: παρέχει επιλεγμένο προϊόν στην παραγγελία του πελάτη σε ένα συγκεκριμένο κόστος. Ας υποθέσουμε ότι N πάροχοι υπηρεσιών προϊόντων είναι διαθέσιμοι, οι δυνατές επιλογές είναι B1 , B2 , ... , BN
- Υπηρεσία C: προσφέρει ναυτιλιακές υπηρεσίες για το προϊόν στην παραγγελία του πελάτη μέσα σε καθορισμένο χρόνο παράδοσης και σε ένα κόστος. Για τους παρόχους υπηρεσιών ναυτιλίας N , πιθανές επιλογές είναι C1 , C2 , ... , CN .
- Υπηρεσία D : παρέχει την υπηρεσία πληρωμών ώστε να εισπράττουν χρήματα από τους πελάτες για λογαριασμό της εταιρείας.

Όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 4, οι υπηρεσίες προμηθευτής του προϊόντος (B1 , ... , Bn) είναι δυνατό να υποκατασταθούν, ανάλογα με όποιον προσφέρει το επιλεγμένο προϊόν σε χαμηλότερο κόστος. Ομοίως, οι υπηρεσίες προμηθευτή (C1 , ... , CN) είναι δυνατό να υποκατασταθούν, ανάλογα με όποιο ικανοποιεί τον επιθυμητό χρόνο παράδοσης σε χαμηλότερο κόστος. Το ενδιαφέρον του

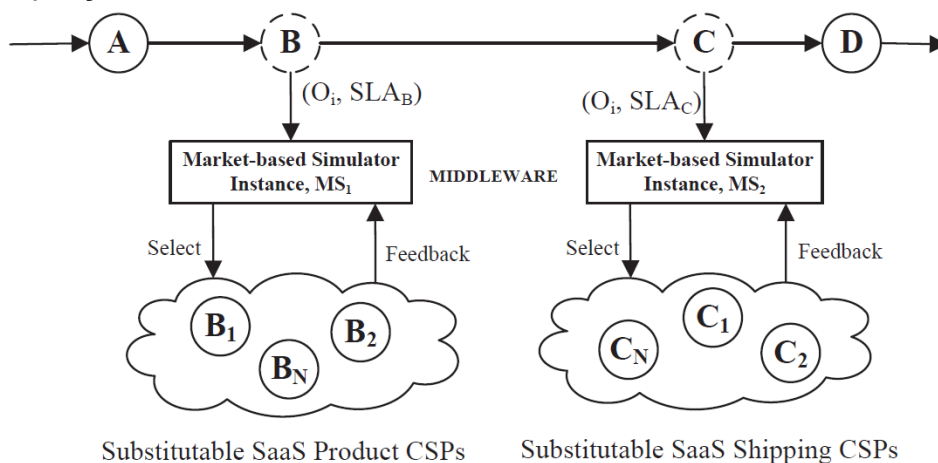
περιορισμού SLA για την εταιρεία είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους της συνεδρίασης παραγγελιών (δηλαδή του προϊόντος και τα έξοδα αποστολής) χωρίς να υπερβαίνει τον υποσχόμενο χρόνο παράδοσης.

Λύσεις για την Ομοσπονδία Νέφους:

Για να ανταποκριθεί στην πίεση SLA που καθορίζεται στις παραγγελίες των πελατών, δημιουργήθηκαν οι ακόλουθες απλοποιημένες παραδοχές :

- Ο προμηθευτής προϊόντων και οι υπηρεσίες θαλάσσιων μεταφορών παρέχονται από τους παρόχους νέφους Λογισμικό ως Υπηρεσία (SaaS)
- Η σειρά του κάθε πελάτη, i , περιέχει ένα μόνο προϊόν, O_i
- Ο SLA κανονισμός του παρόχου υπηρεσίας του προϊόντος, S_{LAB} , για την παραγγελία, O_i , καθορίζει την ελάχιστη τιμή όπου η εταιρεία είναι πρόθυμη να πληρώσει για το προϊόν δηλ $S_{LAB} = (PBO_i)$
- Ο όρος SLA της υπηρεσίας ναυτιλίας, S_{LAC} , για την παραγγελία, O_i , καθορίζει την ελάχιστη τιμή την αποστολής και τον μέγιστο αποδεκτό χρόνο παράδοσης δηλαδή SLAC (PCO_i, toi)

Η εγκατάσταση της ομοσπονδίας νέφους φαίνεται στο Σχήμα 5. Ο χρήστης νέφους (δηλαδή εταιρεία διαδικτυακού καλαθιού αγορών) διασυνδέεται με την ομοσπονδία νέφους για να παρέχει συγκεκριμένες περιπτώσεις του προμηθευτή του προϊόντος και των ναυτιλιακών υπηρεσιών σε χρόνο εκτέλεσης. Για κάθε αιτούμενη υπηρεσία, παραγγελία και σχετικό κανόνα SLA υποβάλλονται αναφορές στην ομοσπονδία νέφους.



Σχήμα 5 : Συντονισμός της Παροχής Υπηρεσιών Νέφους για Διαδικτυακή Υπηρεσία Καλαθιού Αγοράς στις Ομοσπονδίες Νέφους

Οι περιπτώσεις του προσομοιωτή στο επίπεδο ενδιάμεσου λογισμικού είναι σε θέση να επιλέξουν δύο ομάδες CSP, μία για τον προμηθευτή προϊόντων-υπηρεσιών και η άλλη για ναυτιλιακές υπηρεσίες. Κάθε CSP δημοσιεύει, για το κόστος και το χρόνο παράδοσης, προσφορές μέσω της διεπαφής νέφους του διαχειριστή του. Τα επιλεγμένα CSP διατίθενται για την εγγραφή στη ροή εργασίας. Ο προσομοιωτής

περιπτώσεων παρακολουθεί διαρκώς τα CS, μετρά τις επιδόσεις τους κατά τους όρους SLA και υιοθετεί μελλοντικές επιλογές (μέσω των στρατηγικών εμπορικών συναλλαγών και κατάταξης φήμης) για τον περιορισμό των κινδύνων για παραβίαση των SLA. Αξιοποιώντας πολλαπλά CSP από το ανοικτό περιβάλλον της ομοσπονδίας νέφους, μια ισχυρή και αξιόπιστη σύνθεση που ικανοποιεί τα SLA της εταιρείας είναι εφικτή.

Συμπέρασμα:

Η επιτυχία του μοντέλου υπολογιστικού νέφους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ικανότητα των παρόχων νέφους να κρατάνε τις υποσχέσεις που έκαναν στους χρήστες στα SLA τους. Η επανειλημμένη αδυναμία των παρόχων νέφους να κατορθώσουν αυτό έχει προκαλέσει άνοδο στο μοντέλο ομοσπονδίας νέφους. Παρά την τρέχουσα φάση έναρξης της έρευνας ομοσπονδίας νέφους, κατέχει υποσχέσεις της παροχής υψηλότερων εγγυήσεως SLA για τους χρήστες του νέφους, από το μοντέλο απλής διάταξης νέφους. Το μοντέλο ομοσπονδίας νέφους το έχει κατορθώσει αυτό δυναμικά, αξιοποιώντας τις υπηρεσίες του μεγάλου αριθμού παρόχων νέφους για να ικανοποιήσει τα αιτήματα των χρηστών. Σε αυτή την μελέτη, παρουσιάστηκε ο σχεδιασμός μιας αρχιτεκτονικής νέφους ομοσπονδίας με στόχο το συντονισμό των φορέων ομοσπονδίας νέφους για την κάλυψη SLA συμβολαίων χρηστών νεφών. Το συντονιστικό (ενδιάμεσο λογισμικό) επίπεδο της αρχιτεκτονικής χρησιμοποιεί έναν εμπορικής-βάσης DDDAS προσομοιωτή προσέγγισης για να καταφέρει να εξελιχθεί με έναν επεκτάσιμο και ισχυρό τρόπο.

Μελλοντικές Ιδέες:

Αυτή τη στιγμή εργάζονται για την επικύρωση της προτεινόμενης προσέγγισης μέσα από μελέτες προσομοίωσης. Στο μέλλον, θα πρέπει να αναφερθούν αποτελέσματα σχετικά με την ικανότητα της αρχιτεκτονικής να αναβαθμιστεί υπό διάφορες συνθήκες φόρτου εργασίας και την προσαρμοστικότητά της σε διάφορα σενάρια συναγερμού κινδύνου. Για την επίτευξη βελτιωμένων μέτρων για την αξιοπιστία στους παρόχους cloud, θα επεκταθεί ο μηχανισμός αγοράς ώστε να ενσωματώσει διαδικτυακές δυνατότητες μάθησης. Αυτό γίνεται για να διευκολυνθεί η έγκαιρη πρόβλεψη για την πιθανότητα ενός παρόχου νέφους να εκπληρώσει τα SLA συμβόλαια των εργασιών που τους αναλογούν στην ομοσπονδία.

3.4 Μηχανισμός Διασφάλισης Αξιοπιστίας Συστήματος Νέφους: Μια μέθοδος Λογοδοσίας Νέφους.

Η έρευνα δημοσιεύτηκε στο 12ο Ευρωπαϊκό Συνέδριο Υπολογιστικής Αξιοπιστίας (EDCC 2016), με επικεφαλής της έρευνας τον David Ebo Adjapon-Yamoah από Πανεπιστήμιο της Newcastle και την Zhenyu Wen από το Πανεπιστήμιο του Edinburgh. Σκοπός αυτής της έρευνας είναι να δημιουργηθεί μέθοδος λογοδοσίας νέφους έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η διαθεσιμότητα και η αξιοπιστία των υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους.

Η ερευνητική ερώτηση (RQ) που επιδιώκεται να απαντηθεί είναι: "Μπορεί μια μέθοδος λογοδοσίας νέφους να χρησιμοποιηθεί για να διαβεβαιώσει με νόημα την διαθεσιμότητα και την αξιοπιστία των συστημάτων, σε σχέση με το SLA;". Για να βρεθεί απάντηση στο ερώτημα αυτό, θα πρέπει επικυρωθεί η υπόθεση (H1): "Η μέθοδος λογοδοσίας νέφους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ουσιαστική εξασφάλιση της διαθεσιμότητας και της αξιοπιστίας των συστημάτων νέφους".

Μέθοδος Λογοδοσίας Νέφους:

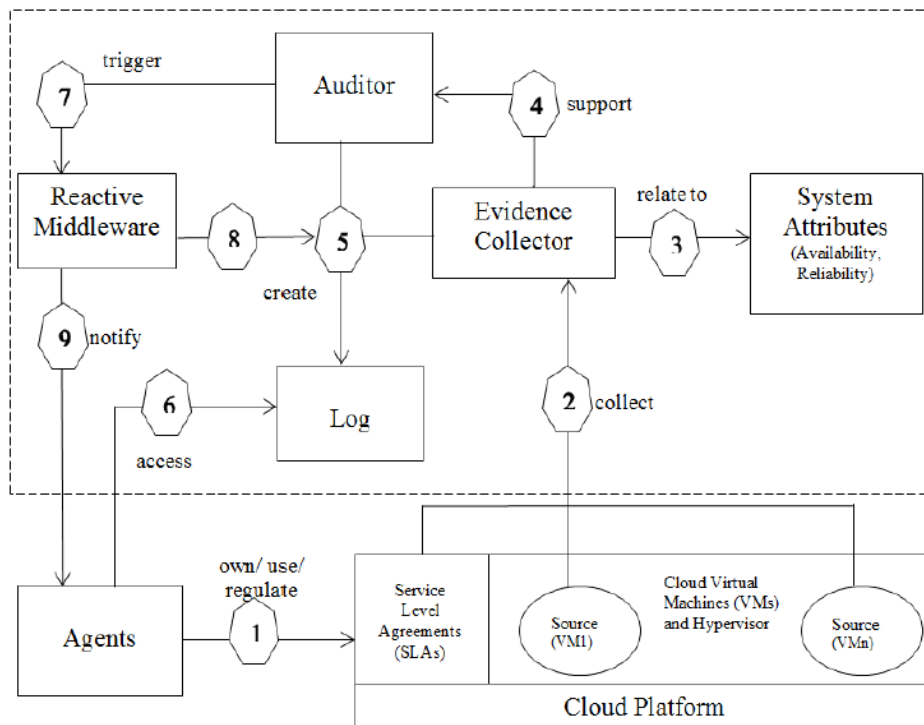
Εισάγεται μια μέθοδος λογοδοσίας νέφους (CAM) που καθοδηγείται από ένα ψηφιακό μοντέλο εγκληματολογίας. Το μοντέλο βασίζεται στο καθιερωμένο και ευρέως αποδεκτό έργο του NIST SP800-86. Ο οδηγός NIST SP800-86 δείχνει πως η ψηφιακή εγκληματολογία μπορεί να υποστηρίξει το χειρισμό περιπτώσεων. Η εγκληματολογική διαδικασία περιλαμβάνει τις ακόλουθες φάσεις:

1) Συλλογή: Η πρώτη φάση της διαδικασίας είναι να αναγνωρίσει, επισημάνει, καταγράψει και να αποκτήσει δεδομένα από τις πιθανές πηγές σχετικών δεδομένων, ακολουθώντας κατευθυντήριες γραμμές και διαδικασίες που διατηρούν την ακεραιότητα των δεδομένων. Συλλογή συνήθως πραγματοποιείται εγκαίρως, λόγω της πιθανότητας απώλειας δυναμικών στοιχείων όπως είναι οι τρέχουσες συνδέσεις δικτύου.

2) Εξέταση: Περιλαμβάνει την εγκληματολογική επεξεργασία μεγάλου όγκου συλλεγμένων δεδομένων χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό αυτοματοποιημένων και χειροκίνητων μεθόδων για την αξιολόγηση και την εξαγωγή δεδομένων που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, διατηρώντας παράλληλα την ακεραιότητα των δεδομένων.

3) Ανάλυση: Η επόμενη φάση της διαδικασίας είναι να αναλύσει τα αποτελέσματα της εξέτασης, χρησιμοποιώντας νομικά δικαιολογημένες μεθόδους και τεχνικές, ώστε να αντλήσει χρήσιμες πληροφορίες που αντιμετωπίζει τα ζητήματα τα οποία ήταν η ώθηση για την πραγματοποίηση της συλλογής και της εξέτασης.

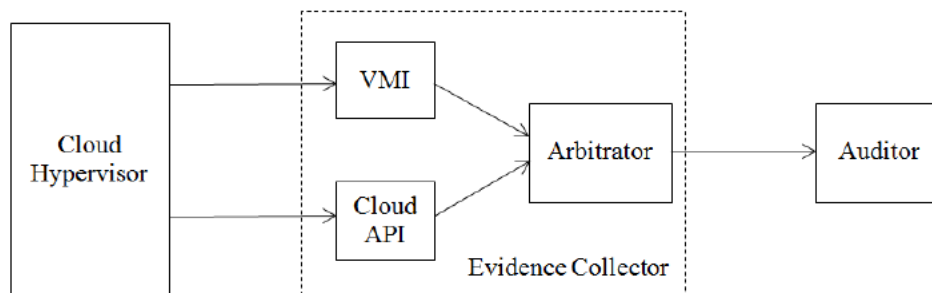
4) Αναφορά: Η τελική φάση αναφέρει τα αποτελέσματα της ανάλυσης, που μπορεί να περιλαμβάνει την περιγραφή των ενεργειών που χρησιμοποιήθηκαν, την εξήγηση για το πως επιλέχθηκαν εργαλεία και διαδικασίες, τον προσδιορισμό άλλων ενεργειών που θα εκτελεστούν και την παροχή συστάσεων για βελτίωση στις πολιτικές, στις κατευθυντήριες γραμμές, στις διαδικασίες, στα εργαλεία και άλλες πτυχές της εγκληματολογικής διαδικασίας. Η διατύπωση του βήματος αναφοράς ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με την κατάσταση.



Σχήμα 6. Εννοιολογικό μοντέλο του συστήματος λογοδοσίας Cloud

A. Σύστημα λογοδοσίας Cloud

Το σύστημα λογοδοσίας Cloud (CAS) (σχήμα) αποτελείται από τέσσερα κύρια στοιχεία με συνδέσμους. Τα στοιχεία αυτά είναι τα: Evidence Collector (συλλέκτης αποδεικτικών στοιχείων), Auditor (Ελεγκτής), Reactive Middleware (Αντιδραστικό μεσολογισμικό) και ένα Logging System (σύστημα καταγραφής).



Σχήμα 7. Συλλέκτης αποδεικτικών στοιχείων

1) Συλλέκτης αποδεικτικών στοιχείων: Το σύστημα αυτό συλλέγει μετρήσεις διαθεσιμότητας και αξιοπιστίας από το VM hypervisor χρησιμοποιώντας δύο κύριες προσεγγίσεις: Virtual Machine Introspection (VMI) (Ενδοσκόπηση μηχανής εικονικής προσομοίωσης) τεχνικές και το Cloud Management System (CMS) (Σύστημα διαχείρισης νέφους). Το VMI χρησιμοποιεί μια βιβλιοθήκη VMI σε γλώσσα C και σενάρια Python για να συλλέξει αυτές τις μετρήσεις. Ακόμη, το CMS χρησιμοποιεί το Amazon Web Services (AWS) API. Το υποσύστημα διαιτητή συμφιλιώνει τις

μετρήσεις για να υποστηρίξει την ακεραιότητα των δεδομένων. Όλες οι δραστηριότητες αποθηκεύονται ως αρχεία καταγραφής.

2) Ελεγκτής: Ο ελεγκτής υπολογίζει τα μέσα του συνόλου των μετρήσεων και στη συνέχεια τα συγκεντρώνει. Οι συγκεντρωτικές μετρήσεις τότε συγκρίνονται στην πλατφόρμα νέφους SLA και ενεργοποιείται μια κλήση προς το Reactive Middleware αν υπάρξουν παραβιάσεις. Το σύστημα επίσης αντλεί τη χρηματική αξία των παραβιάσεων αξιοπιστίας ώστε να παρέχει μια πιο ξεκάθαρη κατανόηση στον επενδυτή. Όλες οι δραστηριότητες αποθηκεύονται ως αρχεία καταγραφής.

3) Αντιδραστικό μεσολογισμικό (RM): Το RM βοηθάει στη διαχείριση ενημερώσεων. Το RM ειδοποιεί τους εκπροσώπους του συστήματος για παραβιάσεις αξιοπιστίας και τους παρέχει τη δυνατότητα διαχείρισης των παραβιάσεων αυτών. Όλες οι παραβιάσεις, οι ενέργειες προς απάντηση των παραβιάσεων και οι υπεύθυνοι εκπρόσωποι τεκμηριώνονται ως αρχεία καταγραφής. Τα αρχεία αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αποδεικτικά για διεκδίκηση αποζημίωσης και υπηρετούν ως πηγή δεδομένων για την πρόβλεψη παραβιάσεων αξιοπιστίας χρησιμοποιώντας μια μορφή μηχανικής εκμάθησης.

4) Σύστημα καταγραφής (LS): Σε αυτό το σύστημα, όλες οι δραστηριότητες των στοιχείων CAS τεκμηριώνονται και αποθηκεύονται ως αρχεία καταγραφής. Εδώ αποθηκεύονται και όλες οι αποδείξεις.

Τα στοιχεία CAS εφαρμόζονται για τη μέτρηση των μετρικών σε λειτουργικό χρόνο που σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα και την αξιοπιστία της αρχιτεκτονικής. Τέτοιες μετρικές είναι: Mean Time to Failure (MTTF) ή Mean Time before Failure (MTBF), Mean Time to Repair (MTTR), χρόνος λειτουργίας του συστήματος, αριθμός των χρονικών περιόδων κτλ. Στο σχήμα 1 τα δεδομένα έχουν συλλεχθεί και συγκριθεί με αυτά από την πλατφόρμα του νέφους API και το SLA (Service Level Agreement)(βλέπε βήματα 1,2,3,4) και τότε ενεργοποιούνται ειδοποιήσεις προς τους εκπροσώπους του νέφους αν υπάρχουν παραβιάσεις αξιοπιστίας (βλέπε βήματα 5,6,7,8,9).

B. Βήματα Μεθοδολογίας

Παρακάτω βρίσκονται τα βήματα της μεθόδου της λογοδοσίας του νέφους:

1) Ο συλλέκτης αποδεικτικών στοιχείων (EC) αντιστοιχίζεται σε ένα σύνολο συστημάτων λογισμικού(S_n) που έχει αναπτυχθεί σε μηχανές εικονικής προσομοίωσης (VMS) του νέφους.

2) Το EC συγκεντρώνει μετρικές αξιοπιστίας για διαθεσιμότητα (A) και αξιοπιστία (R) από το αντίστοιχο S_n .

3) Η συλλογή μετρικών συγχρονίζεται μεταξύ S_n σε σταθερό χρονικό διάστημα t_i , (i αρχικοποιείται στο μηδέν).

4) Οι συγκεντρωμένες μετρικές αξιοπιστίας ταξινομούνται και εξετάζονται για ακεραιότητα δεδομένων από την διαίτησία (Σχήμα 7).

5) Το σύνολο A,Rn αποστέλλεται στον ελεγκτή χρησιμοποιώντας κλήσεις σύγχρονης διαδικασίας.

6) Ο ελεγκτής κατατάσσει την An και την Rn για το Sn.

7) Ο ελεγκτής στη συνέχεια υπολογίζει τα μέσα An και Rn αντίστοιχα.

* Μέσο για διαθεσιμότητα [mA]n = $\Sigma[A_n]/N$

* Μέσο για αξιοπιστία [MR]n = $\Sigma[R_n]/N$

8) Ο ελεγκτής συγκρίνει [mA]n και [mR]n με τα ανταποκριτέα δεδομένα [cA]n και [cR]n από το CMS του νέφους για ένα λογικό περιθώριο λάθους (δηλαδή αποδεκτό μετρικό εύρος-Acceptable Metric Range-AMR), με βάση το SLA της περίπτωσης του νέφους και την αξιοπιστία αναφοράς.

9) Αν οποιαδήποτε δεδομένα/μετρική μέθοδος των δύο συνόλων δεδομένων από το (8) παραβιάσει το AMR του SLA, ο ελεγκτής ενεργοποιεί μια κλήση προς το αντιδραστικό μεσολογισμικό (RM).

10) Το RM τότε στέλνει μια ενημέρωση προς τους εκπροσώπους του νέφους.

11) Όλες οι ενέργειες και οι εκπρόσωποι νέφους που εμπλέκονται καταχωρούνται.

12) Το RM παρέχει επιλογές όπως είναι η ζήτηση για χρέωση υπηρεσιών από τους CSP (Cloud Service Providers) χρησιμοποιώντας το αρχείο καταγραφής του (11).

13) Ο ελεγκτής, ακόμη, υπολογίζει την καθαρή παρούσα αξία (Net Present Value-NPV) της εικονικής περίπτωσης με σεβασμό προς τα αναγνωρισμένα μέσα από το (7) και/ή τις παραβιάσεις από το (9).

14) Η χρηματική αξία [MVAR] των μέσων του (7) εξάγεται.

15) Αν δεν υπήρξε παραβίαση από το (9), μια ανάλυση της σύγκρισης στο (8), η καθαρή παρούσα αξία από το (13) και η [MVAR] αποθηκεύονται ως αρχείο καταγραφής, ln.

16) Αυτό το αρχείο καταγραφής, ln, αποστέλλεται ως ενημέρωση στους εκπροσώπους του νέφους ως περιοδικές αναφορές (πχ εβδομαδιαία, μηνιαία).

17) Η μέθοδος συνεχίζεται ως κύκλωμα στο (3) για κάποιο διάστημα, ti+500ms αν κανένα από τα καθορισμένα VM στο (1) απέτυχαν.

18) Αν καταγραφεί οποιαδήποτε αποτυχία, η μέθοδος θα συνεχιστεί σε κύκλωμα στο (1) για χρόνο ti+500ms.

Τα βήματα της μεθόδου λογοδοσίας του νέφους που παρουσιάστηκαν ταξινομούνται συνοπτικά σύμφωνα με τις φάσεις της εγκληματολογικής διαδικασίας του οδηγού NIST SP800-86:

* Συλλογή: Βήματα 1, 2, 3, 5, 17 και 18

* Εξέταση: Βήματα 4 και 6

* Ανάλυση: Βήματα 7, 8, 9, 12, 13, και 14

* Αναφορά: Βήματα 10, 11, 15, και 16

Συμπέρασμα:

Η μέθοδος λογοδοσίας νέφους αξιολογείται με τη σχεδίαση ενός σεναρίου για αντιδραστική αρχιτεκτονική με βάση το νέφος που υποστηρίζει τη μηχανική συστήματος, με βάση το μοντέλο του Σχήμα 6. Το σενάριο αναλύεται χρησιμοποιώντας συνεχόμενες αλυσίδες χρόνου Marcov (Continuous Time Marcov Chains-CTMC). Οι CTMC είναι ικανές να συλλάβουν τη συμπεριφορά του συστήματος σε επίπεδο εικονικής μηχανής (VM). Σε αυτό το σημείο, απαντάται το ερώτημα της έρευνας (Research Question-RQ) με την επικύρωση της υπόθεσης (H1).

Μελλοντικές Ιδέες:

Σε μελλοντική εργασία, θα πρέπει να αναπτυχθεί μια εφαρμογή με βάση το μοντέλο για να συλλέγονται, να εξετάζονται και να αναλύονται τα στοιχεία από τις πλατφόρμες νέφους. Επίσης, η ανάλυση θα αναφέρεται σε εκπροσώπους του νέφους, με σκοπό την εξασφάλιση της λογοδοσίας των υπηρεσιών νέφους.

3.5 Ανάλυση Απόδοσης Υπηρεσιών του Υπολογιστικού Νέφους για πολύ-Εργασίες Επιστημονικού Υπολογισμού

Η έρευνα δημιουργήθηκε από τα μέλη του Ινστιτούτου Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE): Alexandru Iosup, Simon Ostermann, M. Nezhir Yigitbasi, Radu Prodan, Thomas Fahringer and Dick H.J. Epema τον Ιούνιο του 2011 με σκοπό την μελέτη της απόδοσης των υπηρεσιών του υπολογιστικού νέφους πάνω σε εργασίες επιστημονικού υπολογισμού.

Σκοπός της έρευνας:

Το cloud computing προτείνει μια εναλλακτική λύση κατά την οποία οι πόροι δεν θα φιλοξενούνται πλέον από υπολογιστικές εγκαταστάσεις των ερευνητικών κέντρων, αλλά θα νοικιάζονται μόνο από μεγάλα κέντρα δεδομένων όταν αυτό χρειαστεί. Παρά την ύπαρξη αρκετών προσφορών υπολογιστικών νεφών από προμηθευτές όπως η Amazon και GoGrid, η δυνατότητα των νεφών για την επιστημονική υπολογιστική παραμένει σε μεγάλο βαθμό ανεξερεύνητη. Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, σε αυτήν την έρευνα παρουσιάζεται μία ανάλυση των επιδόσεων των υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους για πολλά καθήκοντα επιστημονικού υπολογισμού.

Επιλογή Παροχών Νέφους:

Με βάση πρόσφατη έρευνα για τους παρόχους cloud computing, έχουν επιλεγθεί για αυτό το έργο τέσσερα IaaS νέφη. Ο λόγος για αυτή την επιλογή είναι τριπλός. Πρώτον, δεν εξακολουθούν όλα τα clouds να δέχονται πελάτες, η FlexiScale βάζει τους νέους πελάτες σε λίστα αναμονής για παραπάνω από δύο εβδομάδες λόγω υπερφόρτωσης συστήματος. Δεύτερον, δεν είναι όλα τα clouds αρκετά μεγάλα ώστε να δεχτούν αιτήματα για 16 ή 32 συνυπάρχουσες πηγές. Τρίτον, καλύπτεται ήδη ένα ευρύ φάσμα ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών cloud, όπως συνοψίζεται στον Πίνακα 10 και στην έρευνα cloud. Στη συνέχεια περιγράφεται το Amazon EC2. Τα άλλα τρία, GoGrid (GG), ElasticHosts (EH) και Mosso, είναι clouds IaaS με προβλεψιμότητα, τιμολόγηση, διαθεσιμότητα και εγγυήσεις απόδοσης παρόμοιες με το Amazon EC2.

Name	Cores (ECUs)	RAM [GB]	Archi. [bit]	Disk [GB]	Cost [\$ /h]
<i>Amazon EC2</i>					
m1.small	1 (1)	1.7	32	160	0.1
m1.large	2 (4)	7.5	64	850	0.4
m1.xlarge	4 (8)	15.0	64	1,690	0.8
c1.medium	2 (5)	1.7	32	350	0.2
c1.xlarge	8 (20)	7.0	64	1,690	0.8
<i>GoGrid (GG)</i>					
GG.small	1	1.0	32	60	0.19
GG.large	1	1.0	64	60	0.19
GG.xlarge	3	4.0	64	240	0.76
<i>Elastic Hosts (EH)</i>					
EH.small	1	1.0	32	30	£0.042
EH.large	1	4.0	64	30	£0.09
<i>Mosso</i>					
Mosso.small	4	1.0	64	40	0.06
Mosso.large	4	4.0	64	160	0.24

Πίνακας 10: Τα χαρακτηριστικά των πόρων για τους τύπους περιπτώσεων που προσφέρονται από τα τέσσερα επιλεγμένα νέφη.

Η Amazon Elastic Computing Cloud είναι μια υπηρεσία IaaS cloud computing που ανοίγει τη μεγάλη υπολογιστική υποδομή της Amazon στους χρήστες του. Η υπηρεσία είναι ελαστική με την έννοια ότι επιτρέπει στο χρήστη να αυξήσει ή να μειώσει την υποδομή του με την έναρξη ή τον τερματισμό νέων μηχανών προσομοίωσης (περιπτώσεις). Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει οποιονδήποτε από τους τύπους περιπτώσεων που διατίθενται. Ένα ECU είναι το ισοδύναμο της CPU δύναμης ενός 1.0-1.2 GHz 2007 Opteron ή επεξεργαστή Xeon. Η θεωρητική μέγιστη απόδοση μπορεί να υπολογιστεί για διαφορετικές περιπτώσεις από τον ορισμό ECU: ένα 1.1 GHz 2007 Opteron μπορεί να εκτελέσει 4 flops ανά κύκλο σε

πλήρη επικοινωνία, που σημαίνει ότι στη μέγιστη απόδοση ένα ECU ισούται με 4,4 gigaflops ανά δευτερόλεπτο (GFLOPS).

Μέθοδος Αξιολόγησης:

Η μέθοδος πηγάζει από την παραδοσιακή συγκριτική αξιολόγηση του συστήματος. Έχει αποδειχθεί ότι η απόδοση της συγκριτικής αξιολόγησης για διάφορες συνιστώσες του συστήματος με μία μεγάλη ποικιλία από μικροαξιολογήσεις και εφαρμογές πυρήνων μπορεί να παρέχει μια πρώτη εκτίμηση για αυτό το σύστημα.

Trace ID	Simple criteria				Complex criterion	
	BoTs ≥ 100		Tasks $\geq 1,000$		Jobs $\geq 10,000$ & BoTs $\geq 1,000$	
	Jobs [%]	CPUT [%]	Jobs [%]	CPUT [%]	Jobs [%]	CPUT [%]
DAS-2	90	65	95	73	57	26
RAL	81	78	98	94	33	28
GLOW	95	75	99	91	83	69
Grid3	100	97	100	97	97	95
SharcNet	40	35	95	85	15	9
LCG	61	39	87	61	0	0
CTC SP2	16	13	18	14	0	0
SDSC SP2	13	93	25	6	0	0
LANL O2	66	14	73	18	34	6
SDSC DS	29	7	44	18	0	0

CPUT stands for Total CPU Time.

Πίνακας 11: Το ποσοστό των MTC εργασιών, και ο χρόνος CPU που καταναλώνεται από τις θέσεις εργασίας από το σύνολο των εργασιών και τον χρόνο των CPU που καταναλώνεται για όλα τα ίχνη, με διάφορα απλά και σύνθετα κριτήρια για την αναγνώριση MTC Χρηστών

- Εργαλείο ανάλυσης απόδοσης.: Έχει επεκταθεί το GrenchMark μεγάλης κλίμακας κατανεμημένου πλαισίου δοκιμών με νέα χαρακτηριστικά που του επιτρέπουν να δοκιμάζονται οι υποδομές του υπολογιστικού νέφους.
- Περιβάλλον: Πραγματοποιούνται μετρήσεις σε ομογενή εικονικά περιβάλλοντα που χτίστηκαν από εικονικούς πόρους. Τα πειράματα περιβάλλοντος περιλαμβάνουν από 1 έως 128 πυρήνες και εκτελούνται από το HPCC.
- Βιβλιοθήκη και το δίκτυο MPI. Οι εικόνες VM που χρησιμοποιούνται για τα HPCC σημεία αναφοράς έχουν σε λειτουργία προδιαμορφωμένο MPI βασισμένο στη εφαρμογή mpich2-1.0.5 . Για τα MI (παράλληλα) πειράματα, η επιλογή δικτύου μπορεί να είναι χρήσιμη για την επίτευξη καλών αποτελεσμάτων.
- Ρύθμιση βελτιστοποιήσεων. Τα κριτήρια αξιολόγησης συντάχθηκαν χρησιμοποιώντας το GNU C / C ++ 4.1 με τα -O3 -funroll-loops επιχειρήματα της γραμμής εντολών. Για το HPL αναφοράς, τα αποτελέσματα των επιδόσεων εξαρτώνται από δύο βασικούς παράγοντες: την Basic Linear Algebra Subprogram (BLAS) βιβλιοθήκη, και το μέγεθος του προβλήματος.

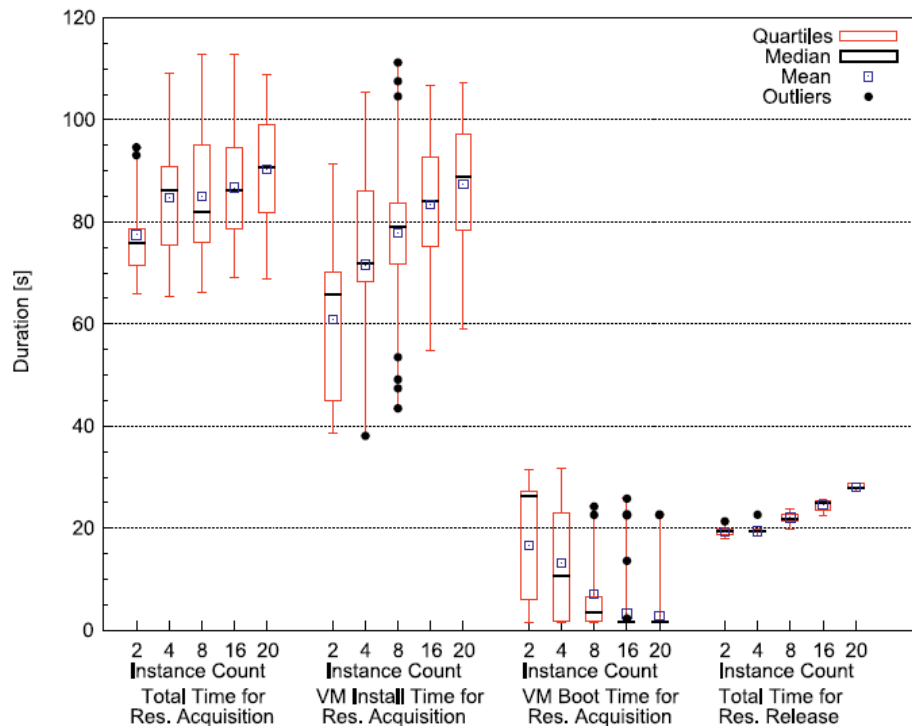
Εκτίμηση Απόδοσης:

Μονά κρούσματα

Ο χρόνος απελευθέρωσης είναι ο χρόνος που χρειάστηκε για να απελευθερώσει τον πόρο πίσω στο EC2. Μετά την απελευθέρωση του πόρου σταματά να παρέχεται από το Amazon. Οι c1 περιπτώσεις είναι εκπληκτικά εύκολο να επιτευχθούν. Αντιθέτως, οι m1 περιπτώσεις έχουν υψηλότερες προσδοκίες για τον χρόνο απόκτησης των πόρων (63-90 s σε σύγκριση, με περίπου 63 s) και τη μεταβλητότητα. Με εξαίρεση την περιστασιακή απόσταση, τόσο η εκκίνηση του VM όσο και οι χρόνοι απελευθέρωσης είναι σταθεροί και αντιπροσωπεύουν περίπου το ένα τέταρτο του συνόλου η κάθε μία. Ο Πίνακας 6 παρουσιάζει τις βασικές στατιστικές για την ενιαία κατανομή των πόρων και την απελευθέρωση. Στο σύνολο, η Amazon EC2 έχει μία τάξη μεγέθους μικρότερης ενιαίας κατανομής των πόρων και διάρκεια απελευθέρωσης από την GoGrid. Από τους πόρους EC2, οι m1.small και m1.large περιπτώσεις έχουν υψηλότερη μέση διάρκεια κατανομής και εμφανίζονται οι τιμές απόστασης να είναι συγκρίσιμες με εκείνες που συναντώνται για την GoGrid. Ο χρόνος απόκτησης των πόρων των GoGrid πόρων είναι εξαιρετικά μεταβαλλόμενος, Εδώ, η GoGrid συμπεριφέρεται παρόμοια με τα πλέγματα [5] και αντίθετα από την υπόσχεση των νεφών.

Πολλαπλά κρούσματα

Ερευνάται η απόδοση αιτημάτων για την παροχή πολλών πόρων (2, 4, 8, 16, και 20) την ίδια στιγμή. Ένα σενάριο απλό είναι να δημιουργηθούν ομογενή εικονικά συμπλέγματα. Όταν οι πόροι ζητούνται σε μεγάλο όγκο, καταγράφονται οι χρόνοι για την απόκτηση και την απελευθέρωση για κάθε πόρο στην αίτηση ξεχωριστά. Το Σχήμα. 12 παρουσιάζει τις βασικές στατιστικές ιδιότητες των χρόνων που καταγράφονται για c1.xlarge περιπτώσεις. Η αναμονή και η διακύμανση είναι υψηλότερες για πολλαπλές περιπτώσεις από ό,τι για μια μονή περίπτωση.



Σχήμα. 12. Απόκτηση μίας περίπτωσης και απελευθέρωση από πάνω όταν αποκτούνται πολλές περιπτώσεις c1.xlarge ταυτόχρονα.

Αποτελέσματα:

- Υπολογιστική απόδοση: Αρκετές double και float πράξεις διαρκούν περισσότερο σε c1.medium από ό, τι στις m1.small. Για άλλες περιπτώσεις: οι EH και Mosso περιπτώσεις έχουν παρόμοια απόδοση για integer και floating point πράξεις. Οι GG περιπτώσεις έχουν την καλύτερη float και double-precision απόδοση και καλή απόδοση για τις πράξεις integer, γεγονός που υποδηλώνει την ύπαρξη καλύτερης υποστήριξης υλικού για αυτές τις λειτουργίες σε αυτές τις περιπτώσεις.
- I/O απόδοση: Αναλύεται η απόδοση I/O που λαμβάνεται για αρχεία μεγέθους πάνω από 5 GiB. Στο επόμενο βήμα, ο Πίνακας 13 συνοψίζει τα αποτελέσματα. Θεωρείται ότι η I/O απόδοση που υποδεικνύεται από το Amazon EC2 (βλέπε Πίνακα 1) αντιστοιχεί στην επίτευξη απόδοσης για τυχαία I/O λειτουργία (στήλη «Rand. Input» στον Πίνακα 13). Οι :xlarge τύποι περιπτώσεων έχουν την καλύτερη απόδοση I/O από όλους τους τύπους περιπτώσεων. Για τις διαδοχικές λειτουργίες, που είναι πιο τυπικές στους επιστημονικούς υπολογισμούς, όλοι οι τύποι παραδειγμάτων Amazon EC2 έχουν γενικά καλύτερη απόδοση σε σύγκριση με παρόμοια σύγχρονα συστήματα εμπορευμάτων, όπως τα συστήματα που περιγράφονται στις τελευταίες τρεις σειρές στον πίνακα 13. Πιθανώς η EC2 να χρησιμοποιεί καλύτερο υλικό, το οποίο είναι προσιτό λόγω της οικονομικής κλίμακας [20].

Instance Type	Seq. Output			Seq. Input		Rand. Input
	Char [MB/s]	Block [MB/s]	ReWr [MB/s]	Char [MB/s]	Block [MB/s]	
m1.small	22.3	60.2	33.3	25.9	73.5	74.4
m1.large	50.9	64.3	24.4	35.9	63.2	124.3
m1.xlarge	57.0	87.8	33.3	41.2	74.5	387.9
c1.medium	49.1	58.7	32.8	47.4	74.9	72.4
c1.xlarge	64.8	87.8	30.0	45.0	74.5	373.9
GG.small	11.4	10.7	9.2	29.2	40.24	39.8
GG.large	17.0	17.5	16.0	34.1	97.5	29.0
GG.xlarge	80.7	136.9	92.6	79.26	369.15	157.5
EH.large	7.1	7.1	7.1	27.9	35.7	177.9
Mosso.sm	41.0	102.7	43.88	32.1	130.6	122.6
Mosso.lg	40.3	115.1	55.3	41.3	165.5	176.7
'02 Ext3	12.2	38.7	25.7	12.7	173.7	-
'02 RAID5	14.4	14.3	12.2	13.5	73.0	-
'07 RAID5	30.9	40.6	29.0	41.9	112.7	192.9

Πίνακας 13. Τα I/O των νεφών για 2002(25) και 2007(26) συστήματα

- **HPL απόδοση:** Ερευνήθηκε η απόδοση του HPL σημείου αναφοράς για διαφορετικούς τύπους περιπτώσεων. Ο Πίνακας 8 συνοψίζει τα αποτελέσματα, όπου τα νέφη, υπό τα υπάρχοντα περιβάλλοντα για την επιστημονική υπολογιστική ικανότητα, έχουν επίτευξη απόδοσης 60-70 τοις εκατό της θεωρητικής αιχμής, ακόμη και για απαιτητικές πραγματικές εφαρμογές.
- **HPCC απόδοση:** Η πλατφόρμα EC2 έχει πολύ υψηλότερη λανθάνουσα κατάσταση, η οποία έχει σημαντικό αρνητικό αντίκτυπο στην απόδοση του δείκτη αναφοράς HPL. Το δίκτυο μοιράζεται μεταξύ των διαφόρων χρηστών, μια κατάσταση η οποία οδηγεί συχνά σε σοβαρή υποβάθμιση της απόδοσης [50]. Ειδικότερα, η παρουσία σχετικά χαμηλών επιδόσεων του δικτύου σημαίνει ότι η αναλογία μεταξύ της θεωρητικής μέγιστης απόδοσης και η στοχευμένη HPL απόδοση αυξάνεται με τον αριθμό των περιπτώσεων, καθιστώντας τις εικονικές ομάδες EC2 κακώς επεκτάσιμες. Έτσι, για επιστημονικές εφαρμογές υπολογισμού, παρόμοιες με την HPL, το εικονικό EC2 σύμπλεγμα μπορεί να οδηγήσει σε μια τάξη μεγέθους χαμηλότερης επίδοσης για σύστημα μεγάλου μεγέθους (1,024 πυρήνων και υψηλότερα).

Σε σύγκριση με τα προηγούμενα αποτελέσματα, η DGEMM απόδοση των m1.large (c1.medium) περιπτώσεων είναι παρόμοια με εκείνη της Altix4700 (ICE), και το εύρος ζώνης της μνήμης του Cray X1 (2003) είναι αρκετές φορές πιο γρήγορο από ότι από τους ταχύτερους πόρους νέφους που διατίθενται σήμερα.

- **Σταθερότητα απόδοσης:** Ως μια αρχική εικόνα από τις παρενέργειες που προκαλούνται από τον διαμοιρασμό με άλλους χρήστες από τον ίδιο φυσικό

πόρο, αξιολογείται η σταθερότητα των διαφόρων νεφών εκτελώντας τα κριτήρια αναφοράς LMBench (υπολογισμός και OS) και CacheBench (I/O) πολλές φορές για το ίδιο είδος εικονικών πόρων. Οι GG.large και οι EH.small τύποι έχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των αποδόσεων min, mean και max ακόμα και για σύνολα μεσαίου μεγέθους εργασίας, όπως 10⁴10B. Η καλύτερη επίδοση από άποψη υπολογισμού, GG.xlarge, είναι ασταθής και κατά συνέπεια ο επιλεγμένος προμηθευτής νέφους έχει ακόμη πιο μεγάλο πρόβλημα.

Συμπέρασμα:

Η εφαρμογή του υπολογιστικού νέφους ως παράδειγμα, σε όποιον επιστημονικό υπολογισμό, και αποκλειστικά για ενοικιαζόμενους πόρους, μπορεί να εφαρμοστεί μόνο όταν χρειάζονται μεγάλα κέντρα δεδομένων. Οι επιστήμονες διαδικτύων είναι αντιμέτωποι με μια νέα επιλογή πλατφόρμας. Ωστόσο, ο αρχικός στόχος του φόρτου εργασίας των νεφών δεν ταιριάζει με τα χαρακτηριστικά των επιστημονικών υπολογιστών φόρτου εργασίας MTC. Έτσι, το παρόν έγγραφο θα επιδιώξει να απαντήσει στην ερευνητική Ερώτηση: Είναι η απόδοση των νεφών επαρκής για επιστημονικούς υπολογισμούς με βάση το MTC; Αφού εξετάστηκε η απόδοση ακόμα και της μίας από τις πιο δημοφιλείς εταιρίες παροχής υπηρεσιών νέφους, την Amazon EC2, διαπιστώθηκε ότι η υπολογιστική ισχύς του νέφους είναι χαμηλή. Ωστόσο, διαπιστώνουμε ότι, ενώ η τρέχουσες υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους είναι ανεπαρκής για τους επιστημονικούς υπολογισμούς με μεγάλη διαφορά. Μπορεί όμως, να είναι μια καλή λύση για επιστήμονες που χρειάζονται άμεσα και προσωρινά τους πόρους.

Μελλοντικές Ιδέες:

Στο μέλλον, θα επεκταθεί το έργο αυτό με την επιπλέον ανάλυση των άλλων υπηρεσιών που προσφέρονται από τα νέφη, και ιδίως στον αποθηκευτικό χώρο και το Διαδίκτυο όσον αφορά την αντίδραση που θα έχουν στη συνδυασμένη καταπόνηση του φόρτου εργασίας με διαφορετικά χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις του ποικιλόμορφου πληθυσμού των χρηστών του νέφους που υποτίθεται ότι επιβαρύνονται στο μέλλον. Τέλος, θα επεκταθεί η αξιολόγηση της απόδοσης με άλλες πραγματικές και συνθετικές εφαρμογές, προς τη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων των επιδόσεων για την επιστημονική κοινότητα.

4. Σύγκριση και συμπεράσματα

Συμπεράσματα ερευνών:

Στην πρώτη έρευνα, παρατηρήθηκε ότι ο μηχανισμός επαλήθευσης του SLA συλλέγει τις πληροφορίες από την υπηρεσία νέφους που παρέχονται στον χρήστη και όταν αντιληφθεί ότι παραβιάζεται από τον πάροχο, σημαίνει ότι η συμφωνία SLA έχει παραβιαστεί και αυτή.

Στην δεύτερη έρευνα, έχει δημιουργηθεί ένα μεσιτικό μοντέλο το οποίο ελέγχει τα τιμολόγια και τις αποδόσεις της υπηρεσίας υπολογιστικού νέφους και με βάση τις ανάγκες του ενδιαφερόμενου πελάτη, επιλέγεται η οικονομικότερη και η αποδοτικότερη λύση.

Στην τρίτη έρευνα, δημιουργήθηκε ένα δυναμικό μοντέλο το οποίο ελέγχει τις ενέργειες που εκτελούν οι πάροχοι υπολογιστικού νέφους. Ο σκοπός αυτού του ελέγχου είναι να αποτραπεί η παραβίαση των συμφωνιών του SLA.

Η τέταρτη έρευνα, έχει δημιουργήσει έναν μηχανισμό που ελέγχει τις υπηρεσίες που παρέχονται στους πελάτες, τις καταγράφει και τις συγκρίνει με τα πρότυπα του SLA. Αν εντοπίσει κάποια παραβίαση των όρων του SLA από τον πελάτη, τότε ειδοποιεί τους υπεύθυνους της παροχής του νέφους και προτείνει χρεωστικές λύσεις ώστε να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία του SLA.

Η πέμπτη έρευνα, μέσω διαφόρων μετρήσεων απόδοσης που έγιναν πάνω στις υπηρεσίες παρόχων υπολογιστικών νέφους, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα υπολογιστικά νέφη, δεν έχουν ακόμα την ισχύ (σε πολλούς τομείς) ώστε να ανταποκριθούν σε επιστημονικούς υπολογισμούς, παρά μόνο ως πάροχοι βάσης δεδομένων.

4.1 Σύγκριση μεθόδων

Η μέθοδος της πρώτης έρευνας όπως και της δεύτερης χρησιμοποιείται για να βοηθήσει τον πελάτη του νέφους. Η μία για να αντιληφθεί την παραβίαση SLA από τον πάροχο και η άλλη για να δώσει την καλύτερη και οικονομικότερη λύση στον πελάτη ώστε να επιλέξει την κατάλληλη υπηρεσία με βάση τις ανάγκες του.

Αντίθετα, οι μέθοδοι της τρίτης και της τέταρτης έρευνας ενδιαφέρονται για το όφελος του παρόχου, όπου η μία στοχεύει στο να προστατεύσει τον πάροχο και να τον αποτρέψει να παραβιάσει το SLA και στην δεύτερη έρευνα ο πάροχος ειδοποιείται αν έχει παραβιαστεί το SLA από την πλευρά του πελάτη.

Η πέμπτη μέθοδος ασχολείται με τον επιστημονικό κλάδο. Ενημερώνει την επιστημονική κοινότητα ότι οι υπηρεσίες νέφους δεν είναι ικανές να ανταποκριθούν στις ανάγκες τους. Έγιναν μετρήσεις απόδοσης των δημοφιλέστερων παρόχων υπολογιστικού νέφους και αποδείχθηκε ότι μπορούν να εφαρμοστούν μόνο ως βάσεις δεδομένων.

Οι μέθοδοι της πρώτης, της τρίτης και τέταρτης έρευνας είναι απλοϊκές και σύντομες. Βγάζοντας έτσι, γρήγορα αποτελέσματα ώστε να λάβουν μέτρα και να προστατεύσουν τον πελάτη τους. Από την άλλη, οι μέθοδοι της δεύτερης και της πέμπτης έρευνας έχουν ως στόχο να βγάλουν αποτελέσματα από μεγάλο όγκο δεδομένων και πράξεων, ώστε να καταλήξουν σε ένα ακριβές συμπέρασμα που να ικανοποιεί πλήρως το ενδιαφερόμενο κοινό.

4.2 Συμπέρασμα εργασίας

Το υπολογιστικό νέφος είναι ακόμα νέο στον κλάδο της πληροφορικής, ωστόσο υπάρχει μεγάλη ανταπόκριση από μεγάλο μέρος του πληθυσμού (εταιρίες, ερευνητές, επιστήμονες, οργανισμοί, έμποροι, απλό κοινό κ.α.). Η ικανότητα του νέφους να παρέχει μεγάλη υπολογιστική ισχύ μέσα από το διαδίκτυο, προσφέρει στους χρήστες δυνατότητες υπερ-υπολογιστών χωρίς να έχουν την ανάλογη τεχνολογία. Όμως, έχουν παρατηρηθεί τεχνολογικές ελλείψεις, παραβιάσεις ορών συμφωνιών και προβλήματα στη λειτουργία υποσχόμενων υπηρεσιών. Σύμφωνα με τις έρευνες που αναφέρθηκαν, το υπολογιστικό νέφος έχει πολλά άλυτα προβλήματα και συνεχώς ψάχνουν τρόπους βελτίωσης. Τέλος, προβλέπεται ο ρυθμός εξέλιξης της τεχνολογίας αυτής να είναι εκθετικός.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. NIST, Mell, P. & Grance, T., The NIST Definition of Cloud Computing, 2011., p.2 at <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>
2. George Pallis, Cloud Computing The New Frontier of Internet Computing
3. Γ. Κατσαρός: Τεχνολογίες διαχείρισης υπολογιστικών υποδομών και εφαρμογών σε υπηρεσιοστρεφείς αρχιτεκτονικές και περιβάλλοντα Νεφών, Μάιος 2012
4. Dr Frank Alleweldt and Dr Senda Kara, "Cloud Computing", 2012
5. Mohammad Hamdaqa and Ladan Tahvildari , " Cloud Computing Uncovered: A Research Landscape", 2012
6. T. Haselmann, G. Vossen, S. Lipsky, T. Theurl, CLOSER'11, The First International Conference on Cloud Computing and Services Science, INSTICC (2011)
7. Medical researchers use the cloud to do what they couldn't before", by Barb Darrow, June 19, 2015 <http://fortune.com/2015/06/19/medical-researchers-turn-cloud/>
8. "Benefits of cloud computing", by Business and industry portal, <https://www.business.qld.gov.au/business/running/technology-for-business/cloud-computing-business/cloud-computing-benefits>, May 4, 2016
9. [Public Cloud Market Forecast 2015-2026](#) by Ralph Finos published in August 2015
10. Amazon Web Services: <http://aws.amazon.com/>
11. Amazon EC2 API: <http://docs.aws.amazon.com/AWSEC2/>
12. VMware vCloud: <http://www.vmware.com/products/vcloud>
13. Google App Engine: <http://developers.google.com/appengine/>
14. Windows Azure NET: <http://www.windowsazure.com/en-us/develop/net/>
15. Sun Cloud(Wikipedia): http://en.wikipedia.org/wiki/Sun_Cloud
16. Eucalyptus: <http://www.eucalyptus.com/>
17. jClouds: <http://www.jclouds.org/>
18. Delta Cloud: <http://deltacloud.apache.org/>
19. Apache libcloud API: <http://libcloud.apache.org/>
20. Shahida Mohd Jamail, Rodziah Atan, "SERVICE LEVEL AGREEMENT CHECKING IN CLOUD COMPUTING IN TERMS OF VERIFICATION AND VALIDATION CONCEPTS", Universiti Putra Malaysia, Malaysia, 2013.
21. Jörg Gottschlich, Johannes Hiemer, Oliver Hinz, " A CLOUD COMPUTING BROKER MODEL FOR IAAS RESOURCES" Twenty Second European Conference on Information Systems, Tel Aviv 2014

22. Funmilade Faniyi, Rami Bahsoon, Georgios Theodoropoulos. " A Dynamic Data-Driven Simulation Approach for Preventing Service Level Agreement Violations in Cloud Federation", Procedia Computer Science 9 1167 – 1176, 2012, www.sciencedirect.com

23. Adjepon Yamoah, DE & Wen, Z, 'Assuring Dependable Cloud-Based System Engineering: A Cloud Accountability Method'. in 12th European Dependable Computing Conference, 2016, [http://www.research.ed.ac.uk/portal/en/publications/assuring-dependable-cloudbased-system-engineering-a-cloud-accountability-method\(ab11a19f-bea9-4864-b518-5ed722c349a7\).html](http://www.research.ed.ac.uk/portal/en/publications/assuring-dependable-cloudbased-system-engineering-a-cloud-accountability-method(ab11a19f-bea9-4864-b518-5ed722c349a7).html)

24. Alexandru Iosup, Simon Ostermann, M. Nezhir Yigitbasi, Radu Prodan, Thomas Fahringer, and Dick H.J. Epema, "Performance Analysis of Cloud Computing Services for Many-Tasks Scientific Computing", IEEE TRANSACTIONS ON PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS, VOL. 22, NO. 6, JUNE 2011