



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ

**Μελέτη και αποτίμηση συστημάτων διαμοιρασμού
αρχείων μέσω ιδιωτικών υπολογιστικών νεφών για
Δημόσιους Οργανισμούς**

ΖΙΑΚΑ ΞΕΝΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπων Καθηγητής

Γεώργιος Σταμούλης

Λαμία, 2017



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF SCIENCE

INFORMATICS AND COMPUTATIONAL BIOMEDICINE

**Evaluating private cloud based file sharing services
for public organizations**

ZIACA XENI

Master thesis

Name of Supervisor Professor

George Stamoulis

Lamia , 2017

Μελέτη και αποτίμηση συστημάτων διαμοιρασμού αρχείων μέσω ιδιωτικών υπολογιστικών νεφών για Δημόσιους Οργανισμούς



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ**

**«ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΜΕΓΑΛΟΥ ΟΓΚΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ»**

**Μελέτη και αποτίμηση συστημάτων διαμοιρασμού αρχείων
μέσω ιδιωτικών υπολογιστικών νεφών για Δημόσιους
Οργανισμούς**

**Evaluating private cloud based file sharing services for public
organizations**

ΖΙΑΚΑ ΞΕΝΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπων Καθηγητής

Γεώργιος Σταμούλης

Λαμία, 2017

«Υπεύθυνη Δήλωση μη λογοκλοπής και ανάληψης προσωπικής ευθύνης»

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, και γνωρίζοντας τις συνέπειες της λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα και ενυπογράφως ότι η παρούσα εργασία με τίτλο «**Μελέτη και αποτίμηση συστημάτων διαμοιρασμού αρχείων μέσω ιδιωτικών υπολογιστικών νεφών για Δημόσιους Οργανισμούς**» αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και όλες οι πηγές από τις οποίες χρησιμοποίησα δεδομένα, ιδέες, φράσεις, προτάσεις ή λέξεις, είτε επακριβώς (όπως υπάρχουν στο πρωτότυπο ή μεταφρασμένες) είτε με παράφραση, έχουν δηλωθεί κατάλληλα και ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Η ΔΗΛΟΥΣΑ

.....

.....

**Μελέτη και αποτίμηση συστημάτων διαμοιρασμού αρχείων
μέσω ιδιωτικών υπολογιστικών νεφών για Δημόσιους
Οργανισμούς**

ΖΙΑΚΑ ΞΕΝΗ

Τριμελής Επιτροπή:

Γεώργιος Σταμούλης (επιβλέπων)

(Καθηγητής Παν. Θεσσαλίας)

Νέστωρ Ευμορφόπουλος

(Επίκουρος Καθηγητής Παν. Θεσσαλίας)

Αθανάσιος Λουκόπουλος

(Επίκουρος Καθηγητής Παν. Θεσσαλίας)

Επιστημονικός Σύμβουλος:

Δρ. Ιωάννης Κωνσταντίνου

(Λέκτορας Παν. Θεσσαλίας)

Μελέτη και αποτίμηση συστημάτων διαμοιρασμού αρχείων μέσω ιδιωτικών υπολογιστικών νεφών για Δημόσιους Οργανισμούς

Ευχαριστίες

Με την εκπόνηση της τρέχουσας διπλωματικής εργασίας, μου δόθηκε η ευκαιρία να μελετήσω μία νέα πολυδιάστατη τεχνολογία στο χώρο της Πληροφορικής που είναι το Cloud Computing.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Δρ. Κωνσταντίνου Ιωάννη, Λέκτορα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ως επιστημονικό υπεύθυνο της εργασίας, για τη βοήθειά του και την καθοδήγησή του καθ' όλη την διάρκεια της υλοποίησης αυτής.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη συμπαράσταση τους και τη στήριξη που μου παρείχαν σε όλη τη διάρκεια της συμμετοχής μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Ζιάκα Ξένη

Νοέμβριος 2017

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιείται η μελέτη και η υλοποίηση συστημάτων διαμοιρασμού αρχείων μέσα στα όρια ενός ιδιωτικού νέφους, ώστε να χρησιμοποιηθεί ως υπηρεσία στα πλαίσια λειτουργίας ενός Οργανισμού.

Στο πρώτο μέρος της εργασίας περιγράφεται η έννοια του Cloud Computing, κάνοντας αρχικά μία ιστορική αναδρομή. Αναφέρονται τα μοντέλα ανάπτυξης και τα είδη των υπηρεσιών που προσφέρονται μέσω του υπολογιστικού νέφους. Επίσης παρουσιάζονται οι κύριοι πάροχοι υπολογιστικού νέφους, με τις υπηρεσίες που αυτοί παρέχουν, καθώς και ανοικτού λογισμικού πλατφόρμες (Open source Cloud Computing Platforms).

Στο δεύτερο μέρος αναλύεται η αρχιτεκτονική του Cloud Computing και περιγράφονται οι πιο δημοφιλείς τεχνολογίες για την υλοποίηση ενός υπολογιστικού νέφους.

Στο τρίτο μέρος αναλύονται τα οφέλη χρήσης ενός ιδιωτικού νέφους στα πλαίσια λειτουργίας ενός Οργανισμού και περιγράφεται μία από τις πιο σημαντικές υπηρεσίες, του διαμοιρασμού αρχείων, όπου αναφέρονται δύο από τα πιο δημοφιλή συστήματα διαμοιρασμού αρχείων, το Seafile και το Owncloud.

Στο τέταρτο και τελευταίο μέρος της εργασίας, παρουσιάζεται μια υλοποίηση ενός ιδιωτικού κόμβου υπολογιστικού νέφους (private cloud) που μπορεί να προσφέρει υπηρεσίες cloud – Software as a Service- και συγκεκριμένα την υπηρεσία διαμοιρασμού αρχείων στους χρήστες μέσα στα όρια του Οργανισμού.

Μέσω λογισμικού εικονικοποίησης (virtualization) δημιουργούνται εικονικές μηχανές (virtual machines), στις οποίες εγκαθίστανται οι παραπάνω πλατφόρμες διαμοιρασμού και συγχρονισμού αρχείων. Στη συνέχεια πραγματοποιούνται μετρήσεις, από τις οποίες εξάγονται πίνακες σύγκρισης απόδοσης και χρήσης πόρων για τα συστήματα Seafile Server και Owncloud Server. Μια σημαντική παρατήρηση είναι ότι το σύστημα Seafile Server καταφέρνει να διαχειριστεί καλύτερα επιτυγχάνοντας καλύτερη απόδοση κατά 2X φορές στην μεταφορά αρχείων σε σχέση με το σύστημα Owncloud Server.

Abstract

In this diploma thesis we study and implement file sharing systems within the limits of a private cloud to be used as a service by Organizations.

The first part of the work describes the concept of Cloud Computing, initially making a historical retrospective. Refer to the development models and types of services offered through the cloud computing. Also, major cloud computing providers, with the services they provide, as well as Open Source Cloud Computing Platforms are presented.

In the second part we analyze the Cloud Computing architecture and describe the most popular technologies for implementing a cloud computing.

In the third part, we analyze the benefits of using a private cloud in the framework of an Organization and describe one of the most important file sharing services, which lists two of the most popular file sharing systems, Seafile and Owncloud..

In the fourth and final part of my work, I'm going to implement a private cloud node that will offer cloud services - Software as a Service - namely file sharing service to users within the organization's boundaries.

Virtualization software will create virtual machines in which the above file sharing and file syncing platforms will be installed. Measurements will then be performed from which performance and resource comparison tables will be derived for Seafile Server and Owncloud Server systems. One important point is that the Seafile Server system manages better by achieving better 2x times in file transfer than the Owncloud Server system.

Πίνακας περιεχομένων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΜΕΡΟΣ Ι	
1. Ιστορική Αναδρομή	2
2. Cloud Computing	4
2.1 Ορισμός Cloud Computing	4
2.2 Βασικοί Όροι.....	5
2.2.1 Νέφος.....	5
2.2.2 Πόρος ΤΠ.....	5
2.2.3 Καταναλωτές Νέφους και Πάροχοι Νέφους	5
2.2.4 Υπηρεσία Νέφους	5
2.2.5 Καταναλωτής Υπηρεσίας Νέφους.....	6
2.2.6 Διαχειριστής Πόρου Νέφους.....	6
3. Κίνητρα και Οφέλη του Cloud Computing	6
3.1 Γιατί οι βιομηχανίες οδηγήθηκαν στη δημιουργία και ανάπτυξη Clouds.....	6
3.2 Οφέλη του Cloud Computing	8
4. Χαρακτηριστικά Νέφους	9
5. Μοντέλα Παράδοσης Νέφους	11
5.1 Υποδομή ως Υπηρεσία (IaaS).....	12
5.2 Πλατφόρμα ως Υπηρεσία (PaaS)	13
5.3 Λογισμικό ως Υπηρεσία (SaaS).....	15
5.4 Αποθηκευτικός Χώρος ως Υπηρεσία (dSaaS).....	16
6. Μοντέλα Ανάπτυξης Νέφους	20
6.1 Δημόσιο Νέφος (Public Cloud).....	21
6.2 Ιδιωτικό Νέφος (Private Cloud).....	21
6.3 Κοινοτικό Νέφος (Community Cloud)	22
6.4 Υβριδικό Νέφος (Hybrid Cloud).....	23
6.5 Συνδυασμός των μοντέλων ανάπτυξης του Νέφους.....	23
7. Δημοφιλείς Πάροχοι Νέφους και Υπηρεσίες	27
7.1 Amazon	28
7.2 Google.....	32
7.3 Microsoft Azure	34
7.4 Salesforce.com	36
7.5 Open Source Cloud Computing Platforms	37

ΜΕΡΟΣ II

1. Τεχνολογία Ενεργοποίησης Νέφους	44
1.1 Ευρυζωνικά δίκτυα και αρχιτεκτονική του Internet.....	44
1.2 Τεχνολογία κέντρου δεδομένων	44
1.3 Τεχνολογία Εικονικοποίησης	46
1.4 Τεχνολογία Web.....	48
1.5 Τεχνολογία Πολλαπλής Μίσθωσης	48
1.6 Τεχνολογία Υπηρεσίας	48
1.7 Συστάδα Πόρων (resource cluster)	49
1.8 Αρχιτεκτονικά μοντέλα Νέφους.....	50
2. Αρχιτεκτονική Υψηλής Διαθεσιμότητας (High Availability Architecture).....	52
2.1 High Availability Clusters.....	53

ΜΕΡΟΣ III

1. Χρήση Ιδιωτικού Υπολογιστικού Νέφους από Οργανισμούς.....	58
2. Cloud File Sharing	60
2.1 Seafile.....	61
2.2 Owncloud.....	65
2.2.1 Θεμελιώδη χαρακτηριστικά του Owncloud.....	67
2.2.2 Υλοποίηση Owncloud περιβάλλοντος.....	69

ΜΕΡΟΣ IV

1. ProxMox Virtual Environment	72
2.Υλοποίηση Εικονικού Περιβάλλοντος και εγκατάσταση Εικονικών Μηχανών.....	74
2.1.1 Εγκατάσταση Seafile Server στην εικονική μηχανή με όνομα webserver1	76
2.1.2 Εγκατάσταση MySQLDatabases.....	76
2.1.3 Εγκατάσταση Seafile Server.....	77
2.1.4 Enabling Hhttps with Apache.....	79
2.2.1 Εγκατάσταση OwnCloud Server στην εικονική μηχανή με όνομα webserver2	81
2.2.2 Εγκατάσταση MySQL.....	81
2.2.3 Εγκατάσταση PHP.....	82
2.2.4 Εγκατάσταση OwnCloud Server	82
2.2.5 Εγκατάσταση Hhttps για Owncloud Server.....	83
2.3 Εγκατάσταση NFS Server	84
2.3.1 Εγκατάσταση και παραμετροποίηση NFS Server.....	85
2.3.2 Εγκατάσταση και παραμετροποίηση NFS Client.....	86
2.3.3 Μετρήσεις	87
2.3.4 Χρήση Πόρων.....	90

ΜΕΡΟΣ IV

1. Συμπεράσματα	98
2. Επίλογος	99

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1 : Ιστορική Αναδρομή Υπολογιστικού Νέφους	3
Σχήμα 2 : Υποδομή ως Υπηρεσία (IaaS)	12
Σχήμα 3 : Πλατφόρμα ως Υπηρεσία (PaaS)	14
Σχήμα 4 : Λογισμικό ως Υπηρεσία (SaaS)	15
Σχήμα 5 : Τα μοντέλα Ανάπτυξης Υπηρεσίας και τα χαρακτηριστικά του Υπολογιστικού Νέφους όπως ορίζονται από το NIST	20
Σχήμα 6 : Μοντέλα Ανάπτυξης PaaS και IaaS	24
Σχήμα 7 : Παράδειγμα συνεργασίας μεταξύ των παρόχων X και Y	25
Σχήμα 8 : Μοντέλα Ανάπτυξης IaaS , PaaS και SaaS	26
Σχήμα 9 : Αρχιτεκτονική Eucalyptus cloud	37
Σχήμα 10 : Αρχιτεκτονική OpenNebula	40
Σχήμα 11 : Στοιχεία του OpenStack	41
Σχήμα 12 : Active-Passive availability cluster	55
Σχήμα 13 : Active-Passive high availability cluster	56
Σχήμα 14 : Load-Balancers with floating IP	57
Σχήμα 15 : Στοιχεία του Seafile Server	63
Σχήμα 16 : Αρχιτεκτονική ανάπτυξης Seafile Cluster	65
Σχήμα 17 : Επισκόπηση των εκδόσεων OwnCloud	66
Σχήμα 18 : Επισκόπηση των αποθηκευτικών μέσων του OwnCloud	67
Σχήμα 19 : Υλοποίηση OwnCloud περιβάλλοντος_1	69
Σχήμα 20 : Υλοποίηση OwnCloud περιβάλλοντος_2	70
Σχήμα 21 : Υλοποίηση OwnCloud περιβάλλοντος_3	71

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 : Μία σύγκριση των επιπέδων ελέγχου των τυπικών μοντέλων του Νέφους	18
Πίνακας 2 : Οι τυπικές δραστηριότητες που διεξάγονται από τους χρήστες και τους παρόχους σε σχέση με τα μοντέλα παροχής του Νέφους	19
Πίνακας 3 : Δημοφιλείς Πάροχοι Νέφους και Υπηρεσίες	27

Μελέτη και αποτίμηση συστημάτων διαμοιρασμού αρχείων μέσω ιδιωτικών υπολογιστικών νεφών για Δημόσιους Οργανισμούς

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο παρελθόν η φράση " κοινωφελής υπολογιστική" δεν προκάλεσε τόσο πολύ το ενδιαφέρον της βιομηχανίας των πληροφοριών, όσο το προκάλεσε σήμερα ο όρος " υπολογιστικό νέφος" (Cloud Computing). Σήμερα πλέον έχει αυξηθεί η εκτίμηση για τη χρησιμότητα των άμεσα διαθέσιμων πόρων και έτσι το υπολογιστικό νέφος αποτελεί μία ευέλικτη, αποδοτική ως προς το κόστος και αποδεδειγμένα καλή πλατφόρμα παράδοσης υπηρεσιών πληροφοριών για επιχειρήσεις και καταναλωτές μέσω του Internet. Το υπολογιστικό νέφος έχει γίνει ένα στοιχείο αλλαγής της βιομηχανίας, καθώς οι επιχειρήσεις και οι ηγέτες της τεχνολογίας των πληροφοριών αντιλαμβάνονται τις δυνατότητες του συνδυασμού και διαμοιρασμού υπολογιστικών πόρων, σε αντίθεση με τη δημιουργία και τη συντήρησή τους.

Υπάρχουν πολλές απόψεις σε ότι αφορά τα οφέλη του υπολογιστικού νέφους και έχουν γίνει πολλές συζητήσεις σχετικά με το τί είναι το "υπολογιστικό νέφος" (Cloud Computing). Σήμερα υπάρχει η δυνατότητα εμφάνισης αποτελεσμάτων μετασχηματισμού στο υπολογιστικό νέφος, για να επιλυθούν παραδοσιακά επιχειρησιακά προβλήματα, χρησιμοποιώντας βέλτιστες πρακτικές διαχείρισης της τεχνολογίας των πληροφοριών. Σε ότι αφορά τις οικονομικές επιπτώσεις, ισχύουν πλέον οι αρχές της πληρωμής με βάση τη χρήση των υπηρεσιών. Επιπλέον η αλλαγή της αρχιτεκτονικής από την αρχιτεκτονική *πελάτη-εξυπηρετητή* στην *προσανατολισμένη στην υπηρεσία* αρχιτεκτονική έχει οδηγήσει στη μείωση του κόστους και στην αύξηση της ευελιξίας της επιχείρησης.

Πλέον έχουμε τη δυνατότητα να κάνουμε εξωτερική ανάθεση των δυνατοτήτων υλικού και λογισμικού σε μεγάλη κλίμακα για να ικανοποιήσουμε τις απαιτήσεις αυτοματοποίησης από άκρο σε άκρο της επιχείρησης.

Όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν οι Marks και Lozano " ...τώρα έχουμε τη δυνατότητα να συλλέγουμε, να μεταφέρουμε, να επεξεργαζόμαστε, να αποθηκεύουμε και να προσπελάνουμε δεδομένα, που βρίσκονται σχεδόν οπουδήποτε και έχουν οποιοδήποτε όγκο".

(Eric A. Marks και Roberto Lozano " Executive Guide to Cloud Computing")

ΜΕΡΟΣ Ι

1. Ιστορική Αναδρομή

Ο όρος "Υπολογιστικό Νέφος" πρωτοεμφανίστηκε στο χώρο των επιχειρήσεων το 2006. Τότε η Amazon εκκίνησε τις υπηρεσίες Elastic Compute Cloud (EC2), που επέτρεπαν σε οργανισμούς να "εκμισθώνουν" υπολογιστική δυναμικότητα και ισχύ επεξεργασίας, για να εκτελούν τις επιχειρησιακές τους εφαρμογές. Το Google Apps άρχισε επίσης να παρέχει ταυτόχρονα επιχειρησιακές εφαρμογές που βασιζόταν στο πρόγραμμα πλοήγησης και τρία χρόνια αργότερα καθιερώθηκε η Google App Engine.

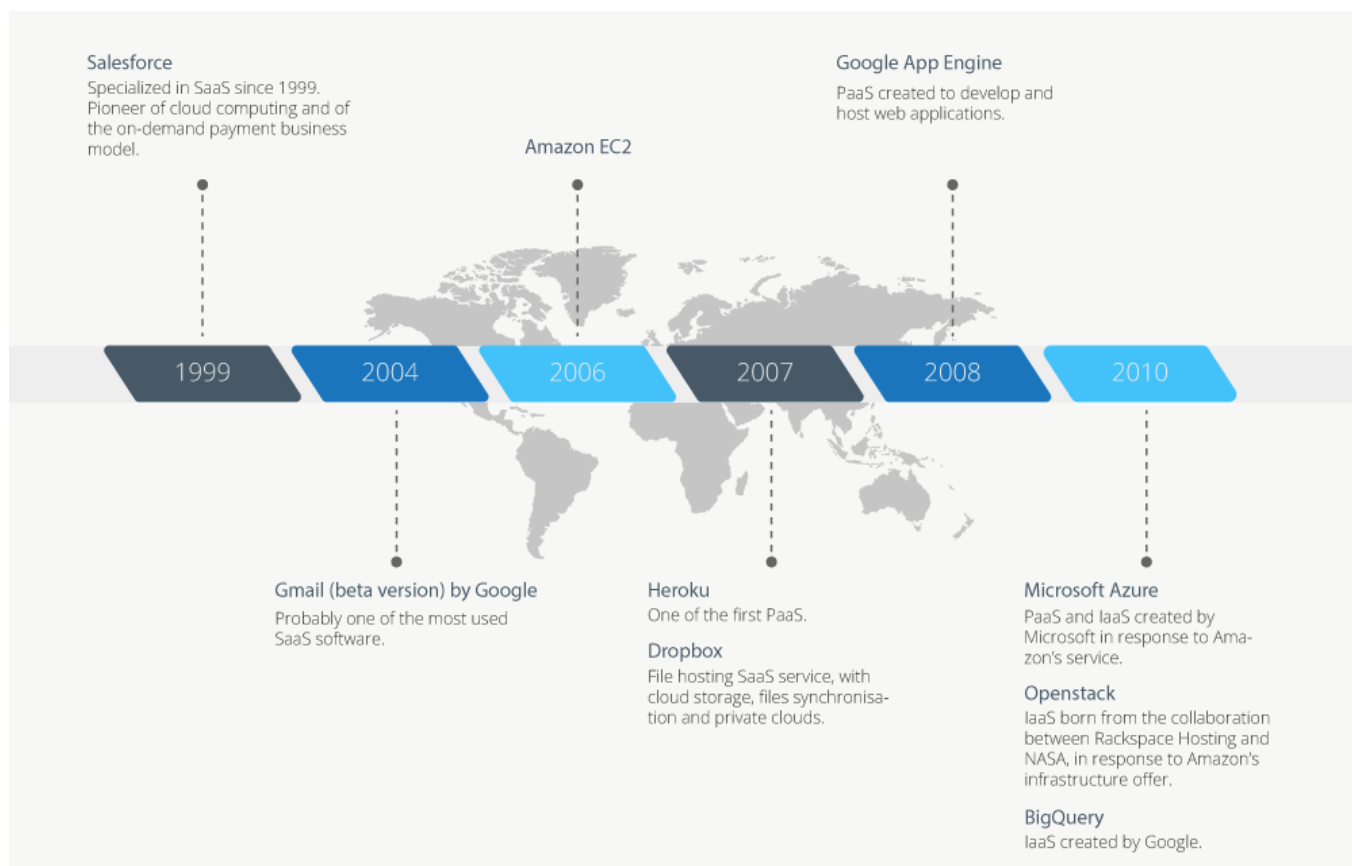
Όμως πολλά χρόνια πριν, από τα μέσα της δεκαετίας του 1990, χρησιμοποιούνταν διάφορων μορφών κοινωφελείς υπηρεσίες υπολογιστών που βασιζόταν στο Internet, μέσω μηχανών αναζήτησης (Yahoo, Google), υπηρεσιών e-mail (Hotmail, Gmail), ανοικτών πλατφορμών δημοσιεύσεων (MySpace, Facebook, YouTube) και άλλων τύπων κοινωνικών μέσων (Twitter, LinkedIn). Οι υπηρεσίες αυτές έκαναν γνωστές και επισημοποίησαν βασικές αρχές που αποτελούν τη βάση του σύγχρονου υπολογιστικού νέφους.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1990 η Salesforce.com εισήγαγε την παροχή απομακρυσμένων υπηρεσιών στην επιχείρηση. Το 2002 η Amazon.com εκκίνησε την πλατφόρμα Amazon Web Services (AWS), που στόχευε στην επιχείρηση υπηρεσιών, παρέχοντας απομακρυσμένη αποθήκευση, υπολογιστικούς πόρους και λειτουργικότητα επιχείρησης.

Στις αρχές του 2008, το Eucalyptus έγινε η πρώτη Open-Source, AWS API συμβατή πλατφόρμα για την ανάπτυξη των Private Clouds. Στις αρχές του 2008, το OpenNebula, ενισχύεται με το πρόγραμμα «RESERVOIR» που χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, και έγινε έτσι το πρώτο λογισμικό ανοιχτού κώδικα για την ανάπτυξη των ιδιωτικών και υβριδικών υπολογιστικών νεφών. Κατά το ίδιο έτος, οι προσπάθειες επικεντρώθηκαν στην παροχή υψηλής ποιότητας υπηρεσιών για Cloud-Based υποδομές, στο πλαίσιο προγράμματος που χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή με το όνομα «IRMOS», με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον υπολογιστικού νέφους σε πραγματικό χρόνο. Έως τα μέσα του-2008, η εταιρία Gartner

είδε μια ευκαιρία για το «Υπολογιστικό Νέφος», να διαμορφώσει τη σχέση μεταξύ των καταναλωτών των υπηρεσιών πληροφορικής, σε εκείνους που χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες πληροφορικής και σε εκείνους που τις πωλούν, αρχίζοντας να στρέφεται στην αξιοποίηση του Cloud Computing. Στις 1 Μαρτίου 2011, η IBM ανακοίνωσε τη χρήση του Smarter Computing Framework για την υποστήριξη του Smarter Planet. [1]

Το 2012, ο Δρ John Biju και ο Δρ Souheil Khaddaj περιγράφουν το σύννεφο ως μια εικονική και σημασιολογική πηγή πληροφοριών: «Το Υπολογιστικό Νέφος είναι μια καθολική συλλογή των δεδομένων που εκτείνεται πάνω από το διαδίκτυο, με τη μορφή των πόρων (όπως το υλικό πληροφοριών, διάφορες πλατφόρμες, υπηρεσίες κ.λπ.) και διαμορφώνει επιμέρους μονάδες μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον» [2].



Σχήμα 1

2. Ορισμός Cloud Computing

2.1 " ένα στυλ υπολογιστικής με βάση το οποίο κλιμακούμενες και ελαστικές δυνατότητες ενεργοποίησης της ΤΠ παραδίδονται ως μια υπηρεσία σε εξωτερικούς πελάτες, χρησιμοποιώντας τεχνολογίες Internet ", ανακοινώνεται, σε μία έκθεση της Gartner, ως επίσημος ορισμός του υπολογιστικού νέφους.

Επίσης η Forester Research δίνοντας το δικό της ορισμό αναφέρει ότι υπολογιστικό νέφος είναι " ...μια τυποποιημένη δυνατότητα της ΤΠ (υπηρεσίες, λογισμικό ή υποδομή), που παραδίδεται μέσω τεχνολογιών Internet με πληρωμή με βάση τη χρήση και με αυτοεξυπηρέτηση."

Όμως ο ορισμός που έγινε ευρέως αποδεκτός στη βιομηχανία δόθηκε από το National Institute of Standards and Technology (NIST). Το NIST δημοσίευσε τον αρχικό του ορισμό το 2009 και μετά το Σεπτέμβριο του 2011 δημοσίευσε μία αναθεωρημένη έκδοση ως εξής :

" Υπολογιστικό νέφος είναι ένα μοντέλο για ενεργοποίηση πανταχού παρούσας, βολικής, κατ' απαίτηση πρόσβασης στο δίκτυο από μία διαμοιρασμένη δεξαμενή διαμορφώσιμων υπολογιστικών πόρων (π.χ. δικτύων, εξυπηρετητών, αποθήκευσης, εφαρμογών και υπηρεσιών), που μπορούν να παρέχονται και να αποδεσμεύονται γρήγορα, με ελάχιστη προσπάθεια διαχείρισης ή αλληλεπίδρασης από τον πάροχο της υπηρεσίας. Αυτό το μοντέλο νέφους αποτελείται από πέντε ουσιώδη χαρακτηριστικά, τρία μοντέλα υπηρεσίας και τέσσερα μοντέλα ανάπτυξης."

"Cloud computing is a model for enabling ubiquitous, convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction. This cloud model is composed of five essential characteristics, three service models, and four deployment models"

2.2 Υπάρχουν κάποιοι βασικοί όροι που αντιπροσωπεύουν τις θεμελιώδεις αρχές και χαρακτηρίζουν την ιδέα του νέφους.

2.2.1 Νέφος

Ένα νέφος (Cloud) αναφέρεται σε ένα διακριτό περιβάλλον ΤΠ, που σχεδιάζεται για να παρέχει κλιμακούμενους και μετρήσιμους πόρους ΤΠ εξ αποστάσεως. Ο όρος προέρχεται από το Internet που είναι ένα δίκτυο δικτύων, το οποίο παρέχει απομακρυσμένη πρόσβαση σε ένα σύνολο αποκεντρωμένων πόρων ΤΠ.

2.2.2 Πόρος ΤΠ

Ένας πόρος ΤΠ (IT resource) είναι ένα φυσικό ή εικονικό τέχνημα που σχετίζεται με την ΤΠ και μπορεί να είναι λογισμικό, όπως ένας εικονικός εξυπηρετητής ή να βασίζεται σε υλικό, όπως ένας φυσικός εξυπηρετητής ή μια συσκευή δικτύου.

2.2.3 Καταναλωτές Νέφους και Πάροχοι νέφους.

Το τμήμα εκείνο που παρέχει, βασισμένους στο νέφος, πόρους ΤΠ αποτελεί τον πάροχο νέφους (cloud provider). Το τμήμα εκείνο που χρησιμοποιεί τους παραπάνω πόρους ΤΠ αποτελεί τον καταναλωτή νέφους (cloud consumer). Ο πάροχος νέφους καθιστά τις υπηρεσίες νέφους διαθέσιμες στους καταναλωτές νέφους όπως έχει συμφωνηθεί από τις εγγυήσεις της SLA και εκτελεί επίσης καθήκοντα διαχείρισης ώστε να εξασφαλίζει τη συνεχή λειτουργία της συνολικής υποδομής του νέφους. Από την άλλη μεριά ο καταναλωτής νέφους είναι ένας οργανισμός ή ένας άνθρωπος που χρησιμοποιεί πόρους ΤΠ που είναι διαθέσιμοι από τον πάροχο.

2.2.4 Υπηρεσία Νέφους

Ο όρος υπηρεσία νέφους (cloud service) μέσα στα πλαίσια του υπολογιστικού νέφους είναι ιδιαίτερα ευρύς και αποτελεί ένα πόρο ΤΠ, που μπορεί να προσπελαστεί από απόσταση μέσω ενός νέφους. Μια υπηρεσία νέφους μπορεί να υπάρχει ως ένα πρόγραμμα λογισμικού βασισμένο στο Web με μια τεχνική διεπαφή που καλείται μέσω ενός πρωτοκόλλου, ή ως ένα σημείο απομακρυσμένης πρόσβασης σε διαχειριστικά εργαλεία, σε μεγαλύτερα περιβάλλοντα και σε άλλους πόρους ΤΠ. [2]

[2] Οι όροι χρησιμοποίησης μια υπηρεσίας νέφους τυπικά εκφράζονται σε μια συμφωνία επιπέδου εξυπηρέτησης (service level agreement, SLA), που ουσιαστικά αποτελεί μία σύμβαση εξυπηρέτησης ανάμεσα στον πάροχο νέφους και στον καταναλωτή νέφους.

2.2.5 Καταναλωτής Υπηρεσίας Νέφους

Ο καταναλωτής υπηρεσίας νέφους (cloud service consumer) είναι ένας προσωρινός ρόλος χρόνου εκτέλεσης που αναλαμβάνεται από ένα πρόγραμμα λογισμικού όταν προσπελαίνει μία υπηρεσία νέφους.

2.2.6 Διαχειριστής Πόρου Νέφους

Ένας διαχειριστής πόρου νέφους (cloud resource administrator) είναι ένα άτομο ή ένας οργανισμός που είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση ενός βασιζόμενου στο νέφος πόρου ΤΠ. Μπορεί να είναι ο καταναλωτής νέφους ή ο πάροχος νέφους ή ακόμη και ένας τρίτος οργανισμός, ο οποίος διαχειρίζεται με βάση μια σύμβαση το βασιζόμενο σε νέφος πόρο ΤΠ.

3. Κίνητρα και Οφέλη του Cloud Computing

3.1 Γιατί οι βιομηχανίες οδηγήθηκαν στη δημιουργία και ανάπτυξη clouds ?

Τα κυριότερα κίνητρα των επιχειρήσεων για τη μελέτη και ανάπτυξη του cloud computing μπορούν να συνοψισθούν στα εξής :

➤ *Προγραμματισμός δυναμικότητας*

Ο Προγραμματισμός δυναμικότητας περιλαμβάνει τον καθορισμό και την ικανοποίηση μελλοντικής ζήτησης πόρων, προϊόντων και υπηρεσιών ΤΠ ενός Οργανισμού. Άρα αναφερόμενοι στον όρο δυναμικότητα εννοούμε τη μέγιστη εργασία που μπορεί να παραδώσει ένας πόρος ΤΠ σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Η μη συμφωνία ανάμεσα στη δυναμικότητα ενός πόρου ΤΠ και στη ζήτησή του μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα ένα σύστημα είτε να είναι αναποτελεσματικό ή να μην είναι σε θέση να ικανοποιήσει τις ανάγκες των χρηστών. Ο προγραμματισμός της δυναμικότητας είναι δύσκολος καθώς απαιτεί την εκτίμηση των διακυμάνσεων του φορτίου χρησιμοποίησης. Συνεπώς δημιουργείται μία συνεχής ανάγκη εξισορρόπησης

των απαιτήσεων χρησιμοποίησης αιχμής χωρίς να γίνονται υπερβολικές δαπάνες ή να χρησιμοποιούνται υπερβολικές υποδομές.

➤ **Μείωση Κόστους**

Στην έννοια του κόστους περιλαμβάνονται το κόστος κτήσης νέας υποδομής ΤΠ και το κόστος ιδιοκτησίας αυτής.

Επίσης το λειτουργικό κόστος (τεχνικό προσωπικό, αναβαθμίσεις, δαπάνες για ηλεκτρική ισχύ και ψύξη, μέτρα ασφάλειας και ελέγχου πρόσβασης) αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι του προϋπολογισμού της ΤΠ που πολύ συχνά υπερβαίνει το κόστος της αρχικής επένδυσης.

Η ιδιοκτησία και η συντήρηση εσωτερικής τεχνολογικής υποδομής μπορεί να γίνει ένα σημαντικό και ίσως υπερβολικό κέντρο εξόδων για την επιχείρηση, εμποδίζοντας με αυτό τον τρόπο την κερδοφορία και τη συνολική ανάπτυξή της.

➤ **Ευκινησία του Οργανισμού**

Οι επιχειρήσεις πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να προσαρμόζονται και να εξελίσσονται για να αντιμετωπίσουν με επιτυχία τις αλλαγές που προκαλούνται από εσωτερικούς και εξωτερικούς παράγοντες. Η ευκινησία ενός Οργανισμού αποτελεί το μέτρο της δεκτικότητας ενός Οργανισμού ή Επιχείρησης σε αλλαγές. Για παράδειγμα μία επιχείρηση μπορεί να αποφασίσει να μην προχωρήσει σε μία λύση αυτοματοποίησης, όταν λόγω του προϋπολογισμού που διαθέτει για την υποδομή δεν μπορεί να ανταποκριθεί οικονομικά. Αυτό μπορεί να εμποδίσει μία επιχείρηση ή έναν Οργανισμό να παρακολουθήσει τις απαιτήσεις της αγοράς, τις πιέσεις του ανταγωνισμού και τους στρατηγικούς και επιχειρησιακούς στόχους που έχει θέσει.

3.2 Οφέλη του Cloud Computing

Τα κυριότερα οφέλη που προκύπτουν από την υιοθέτηση της τεχνολογίας του Cloud Computing αναφέρονται στα παρακάτω :

➤ *Μειωμένες επενδύσεις και αναλογικό κόστος*

Ο πιο συνήθης λόγος, από οικονομικής σκοπιάς, για επένδυση σε βασισμένους στο νέφος πόρους ΤΠ είναι η μείωση ή η πλήρης εξάλειψη των αρχικών επενδύσεων ΤΠ, δηλ. της αγοράς υλικού και λογισμικού και του κόστους ιδιοκτησίας. Αυτό επιτρέπει στις επιχειρήσεις να αρχίζουν με μικρές δεσμεύσεις πόρων ΤΠ και να αυξάνουν τη δέσμευση αυτή ανάλογα με τις ανάγκες τους. Συνεπώς τους επιτρέπει να διαθέτουν το κεφάλαιό τους στις κύριες επιχειρηματικές δραστηριότητές τους.

Τα πιο συνηθισμένα μετρήσιμα οφέλη για καταναλωτές νέφους αφορούν τα εξής :

- Πρόσβαση σε υπολογιστικού πόρους κατ'απαίτηση, χρησιμοποιώντας το μοντέλο πληρωμής με βάση τη χρήση και δυνατότητα αποδέσμευσης αυτών όταν δεν χρειάζονται πλέον.
- Η αίσθηση ότι υπάρχουν απεριόριστοι υπολογιστικοί πόροι, οι οποίοι διατίθενται κατ'απαίτηση, μειώνοντας την ανάγκη της προετοιμασίας για χρήση των πόρων.
- Η δυνατότητα προσθήκης ή αφαίρεσης πόρων ΤΠ σε μικρότερες ποσότητες.
- Αφαιρετική χρήση της υποδομής, έτσι ώστε οι εφαρμογές να μην δεσμεύονται σε συσκευές ή τοποθεσίες και να μπορούν να μεταφερθούν εύκολα αν προκύψει ανάγκη.

➤ *Αυξημένη Κλιμάκωση*

Παρέχοντας δεξαμενές πόρων ΤΠ μαζί με εργαλεία και τεχνολογίες, τα νέφη μπορούν να δεσμεύουν άμεσα και δυναμικά πόρους ΤΠ σε πελάτες νέφους, κατά απαίτηση ή μέσω απευθείας συγκρότησης από καταναλωτές νέφους. Αυτό δίνει τη δυνατότητα σε καταναλωτές να κλιμακώνουν τους βασιζόμενους σε νέφος πόρους ΤΠ, ώστε να συνδυάζουν διακυμάνσεις και αιχμές επεξεργασίας αυτόματα ή χειρωνακτικά.

Επίσης οι βασιζόμενοι στο νέφος πόροι ΤΠ μπορούν να αποδεσμεύονται όταν μειώνονται οι ανάγκες επεξεργασίας.

➤ **Αυξημένη Διαθεσιμότητα και Αξιοπιστία**

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του περιβάλλοντος νέφους είναι η ικανότητά του να παρέχει εκτεταμένη υποστήριξη για αύξηση της διαθεσιμότητας ενός πόρου του νέφους, ώστε να ελαχιστοποιήσει ή ακόμη και να εξαλείψει τους χρόνους διακοπής και έτσι να αυξήσει την αξιοπιστία του. Οι πάροχοι νέφους γενικά προσφέρουν "ανθεκτικούς" πόρους ΤΠ για τους οποίους μπορούν να εγγυηθούν υψηλά επίπεδα διαθεσιμότητας.

Η αρχιτεκτονική των περιβαλλόντων νέφους παρέχει εκτεταμένη υποστήριξη μεταγωγής σε εφεδρικό σύστημα, κάτι που αυξάνει την αξιοπιστία. Οι Οργανισμοί θα πρέπει να εξετάζουν προσεκτικά τις SLA που προσφέρονται από παρόχους νέφους, όταν σκέφτονται να μισθώσουν βασιζόμενες σε νέφος υπηρεσίες και πόρους ΤΠ. Αν και τα περισσότερα περιβάλλοντα νέφους μπορούν να προσφέρουν υψηλά επίπεδα διαθεσιμότητας και αξιοπιστίας, τελικά μόνο η SLA περιέχει τις πραγματικές συμβατικές υποχρεώσεις που εγγυώνται οι πάροχοι.

4. Χαρακτηριστικά Νέφους

Υπάρχουν έξι χαρακτηριστικά κοινά στα περισσότερα περιβάλλοντα νέφους, που καθιστούν δυνατή την απομακρυσμένη παροχή κλιμακούμενων και μετρούμενων πόρων ΤΠ με ένα αποδοτικό τρόπο.

Οι πάροχοι και οι καταναλωτές νέφους μπορούν να αποτιμήσουν αυτά τα χαρακτηριστικά ώστε να μετρήσουν την αξία που προσφέρεται από μια πλατφόρμα νέφους.

❖ *Χρησιμοποίηση κατά απαίτηση*

Ένας καταναλωτής νέφους μπορεί να έχει πρόσβαση σε βασιζόμενους σε νέφος πόρους ΤΠ έτσι ώστε η χρησιμοποίηση των αυτόνομα παρεχόμενων πόρων να μπορεί

να αυτοματοποιηθεί και να μην χρειάζεται πλέον ανθρώπινη παρέμβαση από τον καταναλωτή ή τον πάροχο νέφους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα περιβάλλον χρησιμοποίησης κατά απαίτηση (on-demand usage)

❖ *Πανταχού παρούσα πρόσβαση*

Η πανταχού παρούσα πρόσβαση (ubiquitous access) αναφέρεται στη δυνατότητα μιας υπηρεσίας νέφους να είναι ευρέως προσπελάσιμη. Βέβαια αυτό μπορεί να απαιτεί την υποστήριξη μιας ευρείας ποικιλίας συσκευών, πρωτοκόλλων μεταφοράς, διεπαφών και τεχνολογιών ασφάλειας.

❖ *Πολλαπλή Μίσθωση (Συνεκμετάλλευση Πόρων)*

Το χαρακτηριστικό ενός προγράμματος λογισμικού να επιτρέπει την εξυπηρέτηση διαφορετικών καταναλωτών, ενώ ο κάθε καταναλωτής είναι απομονωμένος από τους άλλους, αναφέρεται ως πολλαπλή μίσθωση (multitenancy). Ένας πάροχος νέφους δημιουργεί συνεκμετάλλευση πόρων ΤΠ για να εξυπηρετεί πολλαπλούς καταναλωτές νέφους, χρησιμοποιώντας μοντέλα πολλαπλής μίσθωσης, τα οποία βασίζονται στη χρήση τεχνολογιών εικονικοποίησης. Μέσω της χρήσης πολλαπλής μίσθωσης οι πόροι ΤΠ μπορούν να εκχωρούνται και να επανεκχωρούνται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του καταναλωτή της υπηρεσίας νέφους. Έτσι διαφορετικοί φυσικοί και εικονικοί πόροι ΤΠ εκχωρούνται και επανεκχωρούνται δυναμικά, σύμφωνα με τη ζήτηση των καταναλωτών νέφους.

❖ *Ελαστικότητα*

Ελαστικότητα (elasticity) είναι η αυτοματοποιημένη δυνατότητα ενός νέφους να κλιμακώνει πόρους ΤΠ, ανάλογα με τις ανάγκες, ανταποκρινόμενο σε συνθήκες χρόνου εκτέλεσης και αποτελεί ένα βασικό λόγο για την υιοθέτηση υπολογιστικού νέφους από τις επιχειρήσεις, καθώς συνδέεται άμεσα με το όφελος μειωμένης επένδυσης και αναλογικού κόστους.

❖ *Μετρούμενη Χρησιμοποίηση (measured usage)*

Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό αναφέρεται στη δυνατότητα μιας πλατφόρμας νέφους να παρακολουθεί τη χρησιμοποίηση των πόρων ΤΠ, κυρίως από τους καταναλωτές νέφους. Έτσι μπορεί να χρεώσει ένα καταναλωτή νέφους μόνο για τους

πόρους ΤΠ που χρησιμοποίησε πραγματικά ή για το χρονικό πλαίσιο που του εκχωρήθηκαν οι πόροι ΤΠ.

❖ *Ανθεκτικότητα (resiliency)*

Η ανθεκτική υπολογιστικής αφορά μια μορφή μεταγωγής σε εφεδρικό σύστημα, που διανέμει πλεονάζουσες υλοποιήσεις πόρων ΤΠ σε φυσικές τοποθεσίες. Οι πόροι ΤΠ συγκροτούνται εκ των προτέρων και αν κάποιος εμφανίσει προβλήματα η επεξεργασία μετάγεται αυτόματα σε άλλη πλεονάζουσα υλοποίηση.

5. Μοντέλα Παράδοσης Νέφους

Ένα μοντέλο παράδοσης νέφους (cloud delivery model) παριστά ένα συνδυασμό πόρων ΤΠ που προσφέρονται από ένα πάροχο νέφους. Υπάρχουν τρία μοντέλα παράδοσης νέφους :

- **Υποδομή ως Υπηρεσία (IaaS)**
- **Πλατφόρμα ως Υπηρεσία (PaaS)**
- **Λογισμικό ως Υπηρεσία (SaaS)**

5.1 Υποδομή ως Υπηρεσία (IaaS)



Σχήμα 2

Το μοντέλο παράδοσης υποδομής ως Υπηρεσία (Infrastructure as a Service), είναι ένα αυτόνομο περιβάλλον ΤΠ, που αποτελείται από επικεντρωμένους στην υποδομή πόρους ΤΠ, που μπορούν να προσπελαύνονται και να τυχαίνουν διαχείρισης μέσω διεπαφών και εργαλείων. Η υποδομή μπορεί να περιλαμβάνει υλικό, δίκτυο, σύνδεση, λειτουργικά συστήματα και άλλους πόρους ΤΠ. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά περιβάλλοντα φιλοξενίας, με το IaaS οι πόροι ΤΠ εικονικοποιούνται και συσκευάζονται σε δέσμες, παρέχοντας στους καταναλωτές νέφους δικαιώματα

ελέγχου και ευθύνης της χρησιμοποίησης, της διαχείρισης και της παραμετροποίησης των πόρων.

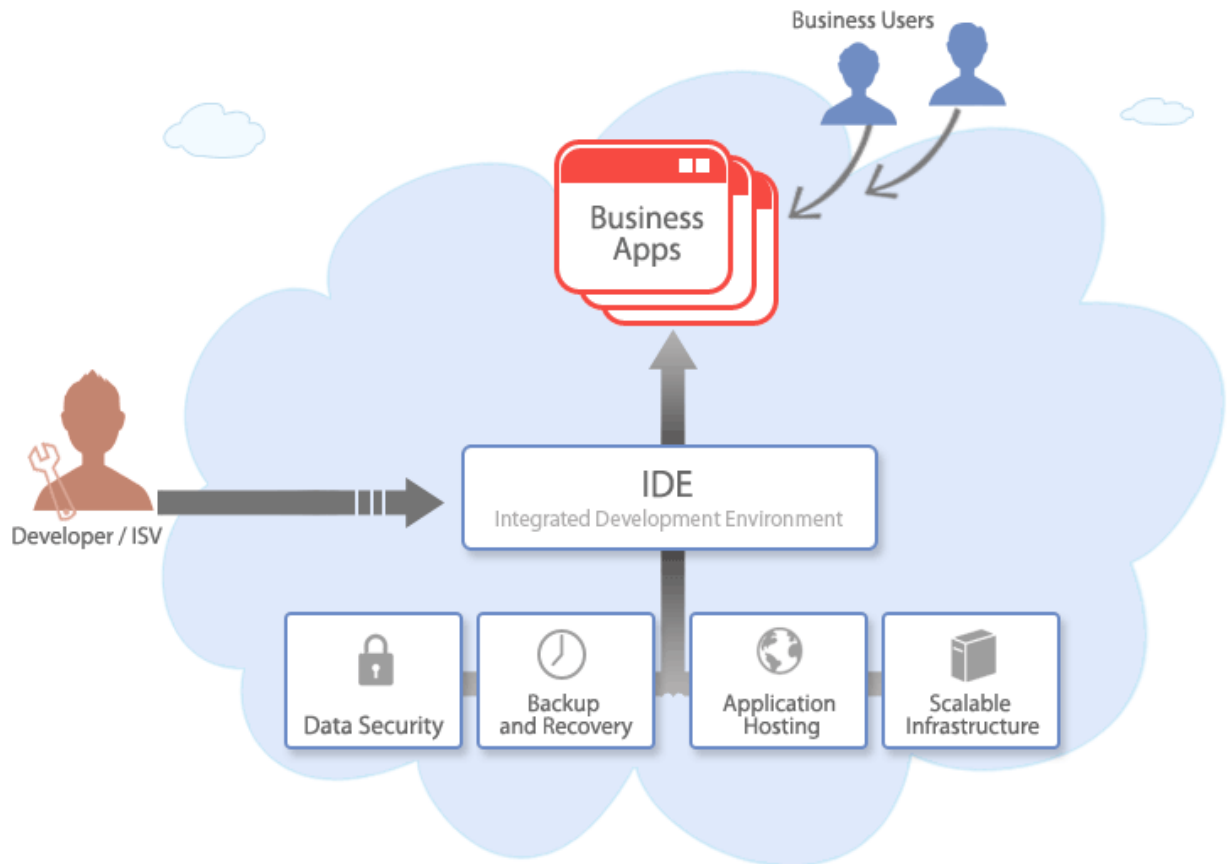
Οι πόροι ΤΠ που διατίθενται μέσω των περιβαλλόντων IaaS προσφέρονται ως καινούρια αρχικοποιημένα εικονικά στιγμιότυπα. Ένας κεντρικός και κύριος πόρος ΤΠ μέσα σε ένα τέτοιο περιβάλλον είναι ο εικονικός εξυπηρετητής. Εικονικοί εξυπηρετητές μισθώνονται, με ανάλογες τεχνικές απαιτήσεις, όπως η δυναμικότητα του επεξεργαστή, η μνήμη, ο τοπικός χώρος αποθήκευσης κ.α.

5.2 Πλατφόρμα ως Υπηρεσία (PaaS)

Το μοντέλο παράδοσης PaaS παριστά ένα προκαθορισμένο "έτοιμο" περιβάλλον, που αποτελείται από ήδη αναπτυγμένους και συγκροτημένους πόρους ΤΠ και βασίζεται στη χρησιμοποίηση ενός ετοιμοπαράδοτου περιβάλλοντος με εγκατεστημένα εκ των προτέρων προϊόντα και εργαλεία. Οι κυριότεροι λόγοι για τους οποίους ένας καταναλωτής νέφους θα χρησιμοποιούσε ένα περιβάλλον PaaS είναι οι εξής :

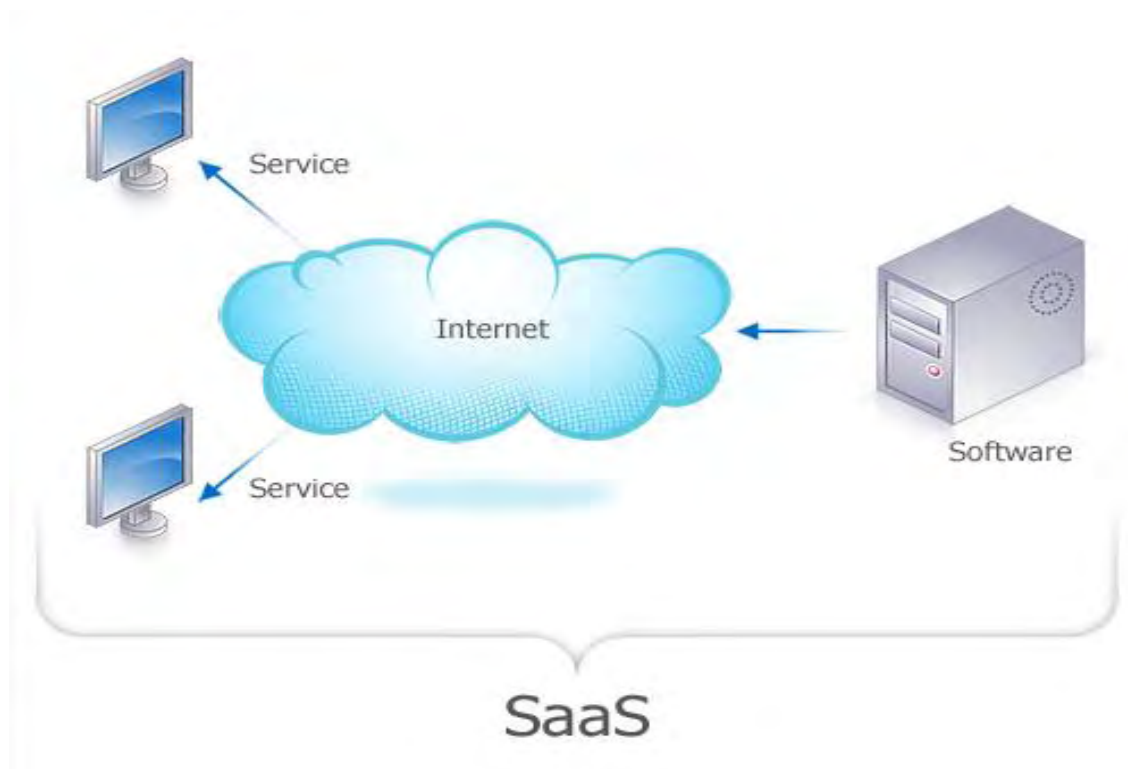
- Ο καταναλωτής νέφους θέλει να επεκτείνει επιτόπια περιβάλλοντα στο νέφος για λόγους κλιμάκωσης και για οικονομικούς λόγους.
- Ο καταναλωτής νέφους χρησιμοποιεί το ετοιμοπαράδοτο περιβάλλον για να αντικαταστήσει πλήρως ένα επιτόπιο περιβάλλον.
- Ο καταναλωτής νέφους θέλει να γίνει πάροχος νέφους και να αναπτύξει τις δικές του υπηρεσίες νέφους, που θα γίνονται διαθέσιμες σε άλλους εξωτερικούς καταναλωτές νέφους.

Όταν ο καταναλωτής νέφους εργάζεται σε μία ετοιμοπαράδοτη πλατφόρμα δεν επιβαρύνεται με τη διαμόρφωση και τη συντήρηση της αρχικής υποδομής των πόρων ΤΠ, που παρέχεται μέσω του μοντέλου IaaS.



Σχήμα 3

5.3 Λογισμικό ως Υπηρεσία (SaaS)



Σχήμα 4

Το SaaS είναι το μοντέλο όπου ο πάροχος του Νέφους δίνει πρόσβαση σε εφαρμογές που έχουν ήδη αναπτυχθεί στην υποδομή του. Οι εφαρμογές είναι τυπικά διαθέσιμες μέσω διεπαφών διαδικτύου όπως ένας περιηγητής δικτύου σε συσκευές που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα όπως προσωπικούς υπολογιστές, tablets, smartphones και άλλες φορητές συσκευές.

Πιο αναλυτικά, το Software-as-a-Service βασίζεται στη λογική της υπενοικίασης λογισμικού από έναν πάροχο υπηρεσιών, αντί της αγοράς της άδειας χρήσης. Το λογισμικό λειτουργεί σε ένα κεντροποιημένο δίκτυο servers προκειμένου να διατίθεται ως υπηρεσία από το web ή το διαδίκτυο.

Επίσης καλείται και ως 'software on demand' και αποτελεί τον πλέον γνωστό τύπο cloud computing λόγω της μεγάλης ευελιξίας, ποιότητας υπηρεσιών, υψηλής σταθερότητας και της ελάχιστης δυνατής συντήρησης που απαιτεί. Ο πάροχος της

υπηρεσίας φιλοξενεί και την εφαρμογή αλλά και τα δεδομένα, έτσι οι χρήστες μπορούν να τη χρησιμοποιήσουν από οπουδήποτε.

Στο SaaS μοντέλο δεν απαιτείται καμία συντήρηση ή αναβάθμιση, αφού ο τελικός αποδέκτης δε χρειάζεται να μεριμνήσει για τη διαθεσιμότητα, την κλιμάκωση, τη χωρητικότητα και το SLA της υποδομής, της πλατφόρμας και της υπηρεσίας. Το βασικό πλεονέκτημα αυτού του μοντέλου είναι ότι αναλαμβάνει τα έξοδα συντήρησης του software καθώς και τη φιλοξενία του σε κάποιον cloud server ο ίδιος ο πάροχος της υπηρεσίας.

Σε ένα καταναλωτή νέφους γενικά εκχωρείται πολύ περιορισμένος διαχειριστικός έλεγχος επί μιας υλοποίησης SaaS. Αυτή κυρίως παρέχεται από τον πάροχο νέφους, όμως μπορεί να ανήκει τυπικά σε οποιαδήποτε οντότητα που αναλαμβάνει το ρόλο του ιδιοκτήτη υπηρεσίας νέφους.

5.4 Αποθηκευτικός- χώρος-ως-Υπηρεσία (data-Storage-as-a-Service, dSaaS)

Η αποθήκευση δεδομένων και προσωπικών αρχείων αποτελεί παράγοντα ζωτικής σημασίας στις μέρες μας, είτε πρόκειται για τον απλό χρήστη είτε για τις επιχειρήσεις. Η αποθήκευση δεδομένων στο Υπολογιστικό Νέφος αποκτά ολοένα και περισσότερους οπαδούς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ολοένα και περισσότερες υπηρεσίες να κάνουν την εμφάνισή τους με απλές και λειτουργικές λύσεις.

Τα Dropbox, Google Drive, OneDrive και iCloud είναι οι δημοφιλέστερες υπηρεσίες online αποθήκευσης δεδομένων.

Ο χρήστης ανεβάζει τα αρχεία του στο Internet και ακολούθως αποκτά πρόσβαση σε αυτά μέσα από έναν οποιοδήποτε υπολογιστή, tablet, smartphone ή γενικά δικτυακή συσκευή, πολύ απλά με τη χρήση ενός ονόματος χρήστη και ενός κωδικού πρόσβασης. Οι εταιρείες που προσφέρουν τον αποθηκευτικό χώρο στους εξυπηρετητές τους, ουσιαστικά τον δανείζουν επί πληρωμή στους χρήστες. Συνήθως

προσφέρεται κάποιο καταρχήν δωρεάν ποσό της τάξεως των λίγων GBs και ακόλουθα η χρέωση γίνεται ανάλογα με τον όγκο των GBs.

Το μοντέλο data-Storage-as-a-Service (dSaaS) έχει ως βασικό πλεονέκτημα το μειωμένο κόστος, καθώς δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να αποθηκεύσει τα αρχεία του και να τα μοιραστεί με όσους επιθυμεί, χωρίς να χρειάζεται αποθήκευση και διατήρηση τους σε τοπικό σκληρό δίσκο. Επίσης, παρέχεται ασφάλεια και αξιοπιστία στα δεδομένα, ενώ διατηρείται ένα αντίγραφο ασφαλείας εκτός αυτού που υπάρχει ήδη στο σπίτι ή στην επιχείρηση, μιας και οι υπηρεσίες αυτές διαθέτουν εξαιρετικές δυνατότητες αυτόματης διατήρησης αντιγράφων. Παράλληλα, σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι ο αποθηκευτικός χώρος στο Υπολογιστικό Νέφος αποδεικνύεται η πιο ευέλικτη λύση στην περίπτωση των έξυπνων κινητών συσκευών και όπου ο συγχρονισμός και η ανταλλαγή αρχείων μεταξύ τους αποτελεί το βασικό ζητούμενο. Επίσης, η πρόσβαση σε αρχεία μεγάλου όγκου πλέον είναι εφικτή και δεν απαιτεί μεγάλο αποθηκευτικό χώρο από τη συσκευή, καθώς όλα είναι διαθέσιμα στο Νέφος.

Εκτός από τις προαναφερθείσες κατηγορίες παρουσιάζεται μια προσέγγιση ενός νέου στρώματος Νέφους που ονομάζεται **Hardware-as-a-Service (Haas)**.

Ο προμηθευτής αυτής της Cloud υπηρεσίας παρέχει στον χρήστη έναντι “ενοικίου”-αμοιβής το Hardware που χρειάζεται όπως Web Servers, μνήμη CPU, αποθηκευτικό χώρο και ότι άλλο χρειάζεται ο χρήστης σε **επίπεδο Hardware**. Τα χρήματα που πληρώνει κάποιος στο Haas είναι αντίστοιχα της χρήσεως των πόρων του συστήματος που κάνει.

Είναι δυνατοί διάφοροι συνδυασμοί μοντέλων IaaS, PaaS και SaaS, ανάλογα με το πως επιλέγουν οι καταναλωτές και οι πάροχοι νέφους να χρησιμοποιήσουν τη φυσική ιεραρχία, που εγκαθιδρύεται από τα βασικά μοντέλα παράδοσης νέφους.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται δύο πίνακες που συγκρίνουν διαφορετικές πλευρές τόσο της χρήσης όσο και της υλοποίησης των μοντέλων του Νέφους.

Μοντέλα του Νέφους	Επίπεδο Ελέγχου που παρέχεται στο χρήστη	Τυπικές λειτουργίες διαθέσιμες στο χρήστη
SaaS	Χρήση και δυνατότητα ρύθμισης των παραμέτρων της εφαρμογής	Πρόσβαση στη διεπαφή χρήστη
PaaS	Περιορισμένη διαχείριση	Μέτριο επίπεδο ελέγχου διαχείρισης των πόρων που σχετίζονται με την πλατφόρμα χρήσης των καταναλωτών
IaaS	Πλήρης διαχείριση	Πλήρης πρόσβαση σε εικονικούς πόρους υποδομών και πιθανώς σε υποκείμενους φυσικούς πόρους

Πίνακας 1: Μία σύγκριση των επιπέδων ελέγχου των τυπικών μοντέλων του Νέφους

Μοντέλα του Νέφους	Κοινές δραστηριότητες του χρήστη	Κοινές δραστηριότητες του παρόχου του Νέφους
SaaS	Χρησιμοποιεί και ρυθμίζει τις παραμέτρους της υπηρεσίας του Νέφους	<ul style="list-style-type: none"> • Υλοποιεί, διαχειρίζεται και συντηρεί την υπηρεσία του Νέφους • Παρακολουθεί τη χρήση του καταναλωτή
PaaS	Αναπτύσσει, δοκιμάζει και διαχειρίζεται τις υπηρεσίες και τις λύσεις του Νέφους	<ul style="list-style-type: none"> • Προρυθμίζει την πλατφόρμα και παρέχει την υποκείμενη υποδομή, τα ενδιάμεσα συστήματα(middleware) και άλλους πόρους που χρειάζονται • Παρακολουθεί τη χρήση του καταναλωτή
IaaS	Δημιουργεί και ρυθμίζει τις παραμέτρους της υποδομής, εγκαθιστά, διαχειρίζεται και παρακολουθεί το λογισμικό	<ul style="list-style-type: none"> • Παρέχει και διαχειρίζεται τη φυσική επεξεργασία, αποθήκευση, δικτύωση και την φιλοξενία που απαιτείται • Παρακολουθεί τη χρήση του καταναλωτή

Πίνακας 2: Οι τυπικές δραστηριότητες που διεξάγονται από τους χρήστες και τους παρόχους σε σχέση με τα μοντέλα παροχής του Νέφους

6. Μοντέλα Ανάπτυξης Νεφών

Λαμβάνοντας υπ' όψιν πώς λειτουργεί η υποδομή στο υπολογιστικό Νέφος, αλλά και πώς αυτή γίνεται διαθέσιμη στους πελάτες, δημιουργούνται τα εξής Μοντέλα Ανάπτυξης:

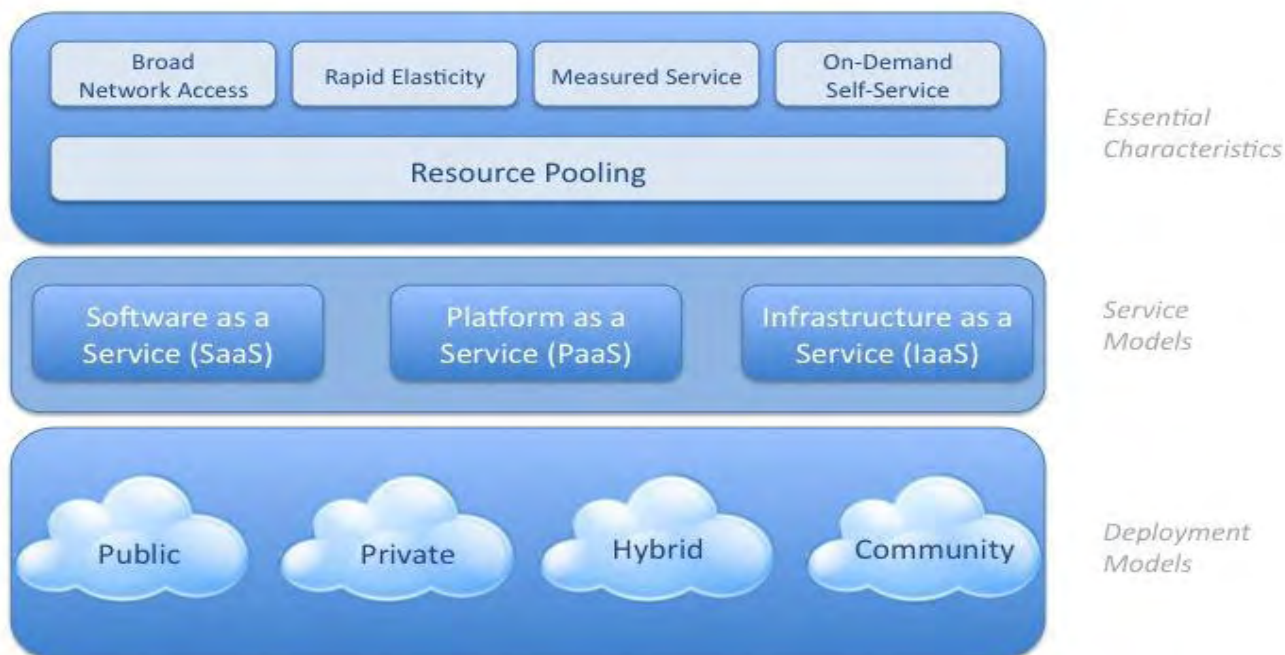
- ❖ Δημόσιο Νέφος (*Public Cloud*)
- ❖ Ιδιωτικό Νέφος (*Private Cloud*)
- ❖ Κοινοτικό Νέφος (*Community Cloud*)
- ❖ Υβριδικό Νέφος (*Hybrid Cloud*)

Τα διαφορετικά Μοντέλα Ανάπτυξης των υποδομών διακρίνονται από την αρχιτεκτονική τους, την τοποθεσία που έχουν εγκατεστημένο το Κέντρο Φιλοξενίας Δεδομένων που υποστηρίζει το Υπολογιστικό Νέφος και τις ανάγκες του τελικού χρήστη.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται συνολικά τα διαφορετικά Μοντέλα Ανάπτυξης, τα μοντέλα Υπηρεσίας και τα σημαντικά χαρακτηριστικά του Υπολογιστικού Νέφους όπως ορίζονται από το NIST .

Visual Model Of NIST Working Definition Of Cloud Computing

<http://www.csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing/index.html>



Σχήμα 5 :

Τα μοντέλα Ανάπτυξης, Υπηρεσίας και τα χαρακτηριστικά του Υπολογιστικού Νέφους όπως ορίζονται από το NIST

6.1 Δημόσιο Νέφος (Public Cloud)

Ένα Δημόσιο Νέφος είναι ένα δημόσια προσπελάσιμο περιβάλλον νέφους, που ανήκει σε ένα τρίτο πάροχο νέφους. Οι πόροι ΤΠ σε δημόσια νέφη παρέχονται συνήθως μέσω των προηγούμενων μοντέλων παράδοσης υπηρεσιών νέφους και προσφέρονται γενικά σε καταναλωτές νέφους με κάποια χρέωση, ο δε πάροχος νέφους είναι υπεύθυνος για τη δημιουργία και τη συντήρηση του δημόσιου νέφους και των πόρων του ΤΠ.

Στα δημόσια νέφη, όλοι οι χρήστες μοιράζονται τους ίδιους υπολογιστικούς πόρους και έχουν περιορισμένη παραμετροποίηση και ασφάλεια. Στα δημόσια νέφη, οι χρήστες ωφελούνται όσον αφορά το κόστος γιατί οι δαπάνες συντήρησης των υποδομών μοιράζονται, επομένως σε κάθε πελάτη αντιστοιχεί ένα μοντέλο χαμηλού κόστους *pay as you go*. Οι χρήστες δηλαδή δεν χρεώνονται από πριν για δεδομένη ποσότητα υπολογιστικών πόρων, αλλά χρεώνονται ανάλογα με το βαθμό χρησιμοποίησής τους χωρίς να ανησυχούν για την κλιμάκωση της εφαρμογής τους, αφού έχουν στη διάθεσή τους εικονικά άπειρους πόρους.

6.2 Ιδιωτικό Νέφος (Private Cloud)

Ένα Ιδιωτικό Νέφος ανήκει σε ένα μόνο Οργανισμό . Τα Ιδιωτικά Νέφη επιτρέπουν σε ένα Οργανισμό να χρησιμοποιεί τεχνολογία υπολογιστικού νέφους σαν ένα τρόπο κεντρικοποίησης της πρόσβασης σε πόρους ΤΠ, από διαφορετικά μέρη, διαφορετικές τοποθεσίες ή διαφορετικά τμήματα του Οργανισμού. Η χρήση ενός ιδιωτικού νέφους μπορεί να αλλάξει τον τρόπο που ορίζονται τα όρια Οργανισμού και εμπιστοσύνης. Η πραγματική διαχείριση ενός περιβάλλοντος ιδιωτικού νέφους μπορεί να γίνει από προσωπικό του Οργανισμού ή να ανατεθεί εξωτερικά.

Οι φυσικές υποδομές(εξυπηρετητές) είναι δυνατόν να βρίσκονται είτε στο χώρο του πελάτη είτε στις εγκαταστάσεις του παρόχου της υπηρεσίας. Ανάλογα με το πού μπορεί να βρίσκονται οι υποδομές, τα Ιδιωτικά Νέφη χωρίζονται στις εξής κατηγορίες :

- *On-Premise Private Cloud* : Αυτός ο τύπος Υπολογιστικού Νέφους μπορεί να φιλοξενηθεί στις εγκαταστάσεις του ίδιου του Οργανισμού και χρησιμοποιείται για την εκτέλεση εφαρμογών στις οποίες απαιτείται πλήρης έλεγχος και παραμετροποίηση της υποδομής καθώς επίσης και ασφάλεια.
- *Off-Premise Private Cloud* : Στην προκειμένη περίπτωση σε αντίθεση με το On-Premise Ιδιωτικό Νέφος μπορεί να φιλοξενηθεί εκτός των εγκαταστάσεων της επιχείρησης, συνήθως από κάποιον τρίτο που ειδικεύεται στην υποδομή Νέφους. Ο πάροχος δημιουργεί ένα αποκλειστικό περιβάλλον Νέφους και εγγυάται πλήρως για την ιδιωτικότητά του. Όπως γίνεται κατανοητό μέσα από την περιγραφή του συγκεκριμένου Μοντέλου Ανάπτυξης το Ιδιωτικό Νέφος είναι και το πιο ακριβό σε σχέση με τα υπόλοιπα Μοντέλα Ανάπτυξης που υπάρχουν, αφού στην ουσία οι υποδομές/πόροι δεσμεύονται αποκλειστικά για το συγκεκριμένο πελάτη. Τα ιδιωτικά νέφη επιτρέπουν σε επιχειρήσεις να φιλοξενούν εφαρμογές στο Νέφος και παράλληλα να διευθετούν θέματα που αφορούν στην ασφάλεια και στον έλεγχο δεδομένων, για τα οποία δε θέλει ο ίδιος ο πελάτης να διακινδυνεύσει τη διαρροή τους προς το υπόλοιπο δίκτυο.

6.3 Κοινοτικό Νέφος (Community Cloud)

Το Νέφος Κοινότητας είναι ένα πολυ-πελατειακό μοντέλο υπηρεσιών το οποίο διαμοιράζεται από καταναλωτές που ανήκουν σε συγκεκριμένους Οργανισμούς που χειρίζονται παρόμοιες υποθέσεις (π.χ. προϋποθέσεις ασφάλειας, πολιτική χρήσης, παράγοντες συμμόρφωσης κτλ.). Αυτές οι κοινότητες έχουν παρόμοιες απαιτήσεις ως προς το Νέφος και ο απώτερος σκοπός τους είναι να επιτευχθούν οι επιμέρους στόχοι του καθενός μέσα από τη συνεργασία. Επιδίωξη των Νεφών Κοινότητας είναι να μπορέσουν οι συμμετέχοντες οργανισμοί να αξιοποιήσουν τα οφέλη ενός δημόσιου νέφους σε συνδυασμό με ένα επίπεδο ιδιωτικότητας, ασφάλειας και συμμόρφωσης που συνήθως προσφέρονται από τα ιδιωτικά νέφη. Παραδείγματα οργανισμών που

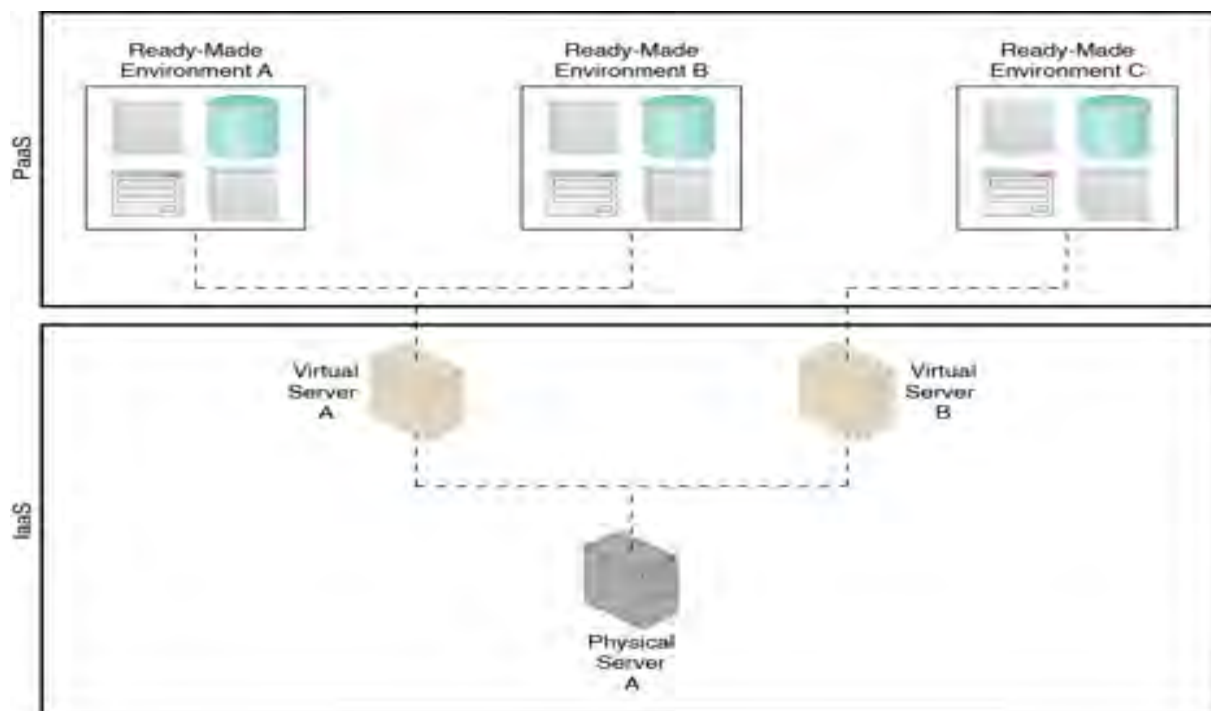
μπορούν να χρησιμοποιήσουν το Community Cloud ως μοντέλο ανάπτυξης, αποτελούν η βιομηχανία των μέσων μαζικής ενημέρωσης, οι τράπεζες και τα πανεπιστήμια.

6.4 Υβριδικό Νέφος (Hybrid Cloud)

Τα Υβριδικά Νέφη αποτελούν σύνθεση από δύο ή περισσότερα μοντέλα Ανάπτυξης (ιδιωτικών, δημόσιων ή κοινοτικών) τα οποία παραμένουν αυτόνομες οντότητες αλλά συνδέονται μεταξύ τους με μία τυποποιημένη ή συγκεκριμένη τεχνολογία η οποία επιτρέπει τη φορητότητα των δεδομένων και της εφαρμογής, διαμέσου των Μοντέλων Ανάπτυξης του Υπολογιστικού Νέφους (π.χ Cloud Bursting). Οι υβριδικές αρχιτεκτονικές ανάπτυξης μπορούν να είναι σύνθετες και δύσκολες να δημιουργηθούν και να συντηρηθούν εξαιτίας της πιθανής ανομοιότητας των περιβαλλόντων νεφών και του γεγονότος ότι οι ευθύνες διαχείρισης τυπικά διαιρούνται ανάμεσα στον οργανισμό πάροχο νέφους και στον πάροχο δημόσιου νέφους.

6.5 Συνδυασμός των μοντέλων ανάπτυξης του Νέφους

Τα τρία μοντέλα ανάπτυξης περιλαμβάνουν μία φυσική ιεραρχία παροχής, επιτρέποντας ευκαιρίες για μία συνδυασμένη εφαρμογή των μοντέλων ανάπτυξης. Ο συνδυασμός αυτός εξαρτάται από το πώς οι χρήστες και οι πάροχοι επιλέγουν να αξιοποιήσουν τη φυσική ιεραρχία που συστάθηκε από τα μοντέλα αυτά.



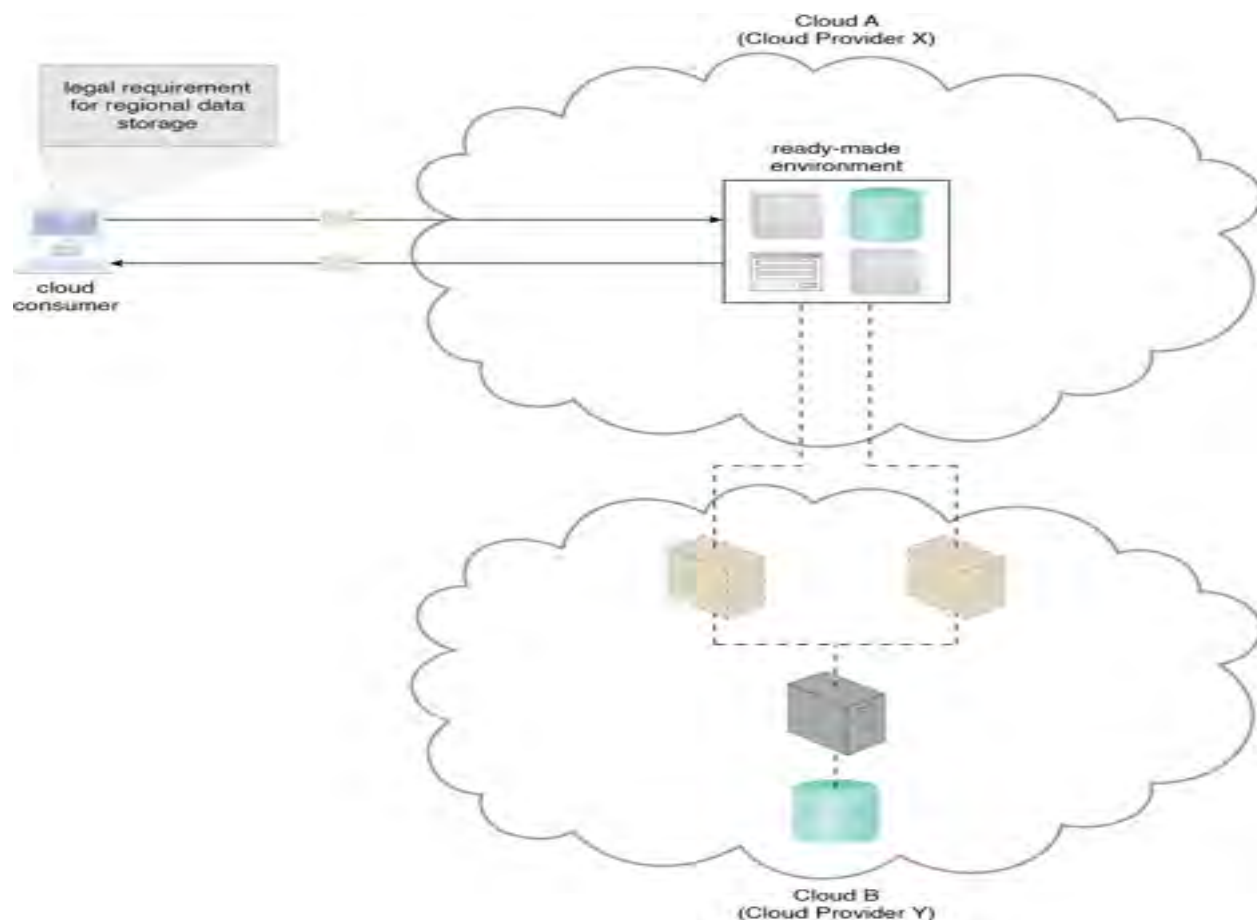
Σχήμα 6

Ένα PaaS περιβάλλον στηριζόμενο σε πόρους που παρέχονται από ένα υποκείμενο IaaS περιβάλλον

IaaS + PaaS

Ένα PaaS περιβάλλον μπορεί να κατασκευαστεί πάνω στην υποκείμενη υποδομή που περιλαμβάνει τους φυσικούς και τους εικονικούς διακομιστές και άλλους πόρους ΤΠ που παρέχονται από ένα IaaS περιβάλλον. Το παραπάνω σχήμα δείχνει πώς αυτά τα δύο μοντέλα μπορούν να συνδυαστούν εννοιολογικά σε μια απλή πολυεπίπεδη αρχιτεκτονική.

Το κίνητρο για μια τέτοια ρύθμιση μπορεί να οφείλεται σε οικονομικούς λόγους ή ίσως επειδή ο αρχικός πάροχος υπολογιστικού νέφους βρίσκεται κοντά στο να υπερβεί την υπάρχουσα χωρητικότητα του εξυπηρετώντας τους άλλους καταναλωτές του Νέφους. Ή ίσως ένας συγκεκριμένος καταναλωτής νέφους επιβάλλει μια νομική απαίτηση για κάποια δεδομένα τα οποία θα πρέπει να είναι αποθηκευμένα σε μία συγκεκριμένη περιοχή διαφορετική από εκείνη στην οποία βρίσκεται ο πρώτος πάροχος.

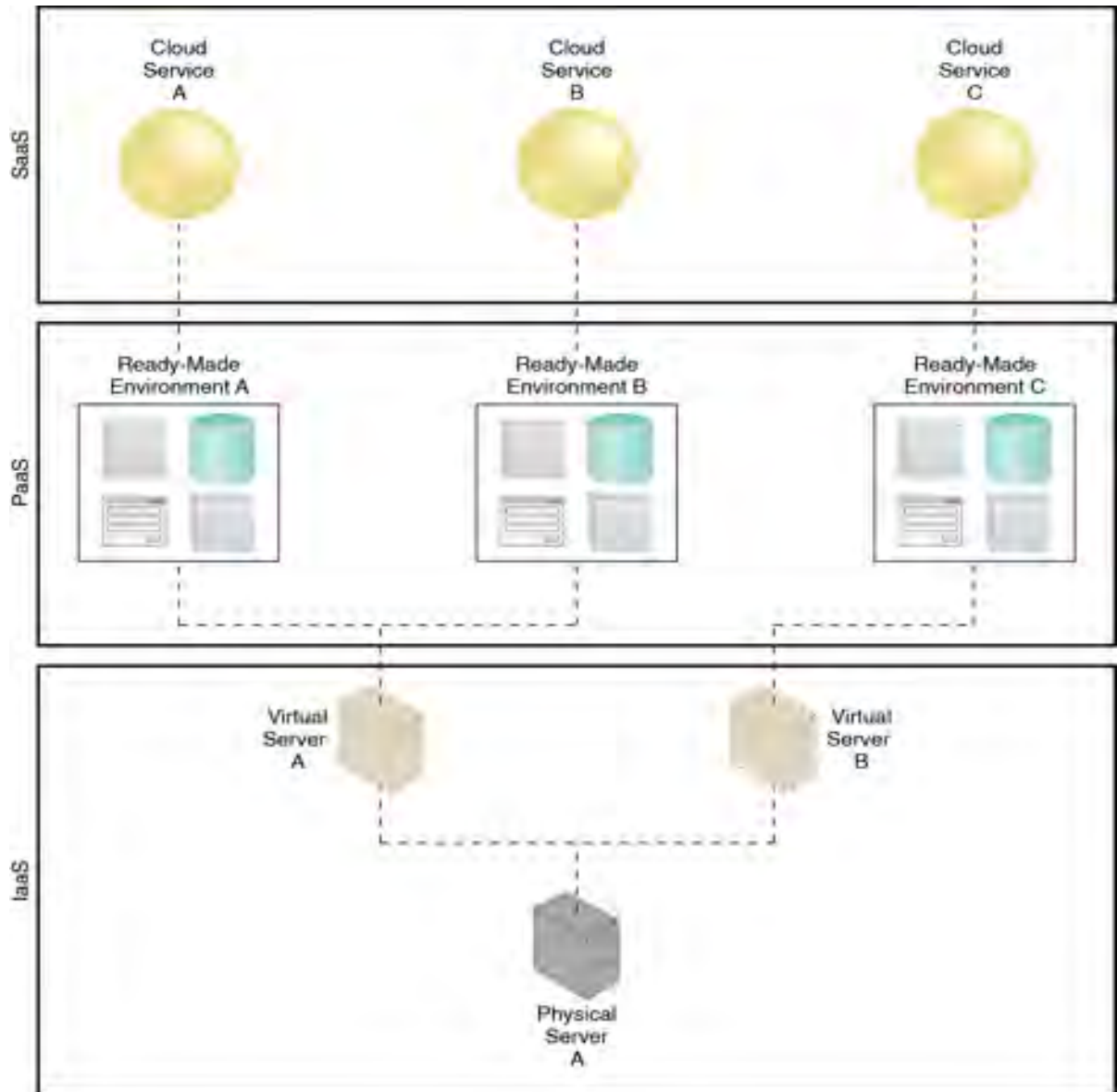


Σχήμα7

Ένα παράδειγμα συνεργασίας μεταξύ των παρόχων X και Y, όπου οι υπηρεσίες που προσφέρονται από τον πάροχο X φιλοξενούνται φυσικά σε εικονικούς εξυπηρετητές που ανήκουν στον πάροχο Y. Ευαίσθητα δεδομένα τα οποία απαιτείται να αποθηκεύονται σε συγκεκριμένη περιοχή, βρίσκονται στο νέφος B, το οποίο έχει αναπτυχθεί σε αυτή την περιοχή.

IaaS + PaaS + SaaS

Και τα τρία μοντέλα ανάπτυξης μπορούν να συνδυαστούν για τη δημιουργία στρωμάτων με πόρους που χτίζονται το ένα πάνω στο άλλο. Για παράδειγμα με την προσθήκη στην προηγούμενη αρχιτεκτονική όπως φαίνεται στο Σχήμα 8 το έτοιμο περιβάλλον το οποίο παρέχεται από το PaaS περιβάλλον μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον οργανισμό του χρήστη ώστε να αναπτύξει τις δικές του υπηρεσίες SaaS, τις οποίες μπορεί να διαθέσει ως εμπορικά προϊόντα.



Σχήμα 8

Μία απλή άποψη συνδυασμού αρχιτεκτονικής IaaS και PaaS περιβάλλοντος όπου φιλοξενούνται τρεις (3) υπηρεσίες νέφους SaaS

7. Δημοφιλείς Πάροχοι Νέφους και Υπηρεσίες

Υπάρχουν αρκετοί πάροχοι υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους. Στον πίνακα αναφέρονται μερικοί από τους σημαντικότερους παίκτες στην αγορά και τα προϊόντα τους [3]

Πάροχος	IaaS	PaaS	SaaS	Storage
Amazon	EC2 (Elastic Cloud Compute)	Amazon Web Services	Amazon Web Services	S3 (Simple Storage Service)
Google	Google Compute Engine	Google App Engine (Python, Java, Go)	Google Aps	Google Cloud Storage
HP	Enterprise Services Cloud – Compute	Cloud Application Delivery	HP Software as a Service	Enterprise Services Cloud – Compute
IBM	SmartCloud Enterprise	SmartCloud Application Services	SaaS products	SmartCloud Enterprise – object storage
Microsoft	Microsoft Private Cloud	Windows Azure (includes .NET, Node.js, Java, PHP)	MS Office 365	Microsoft Private Cloud
JoyentCloud	SmartMachines	Node.js	n/a	n/a
Rackspace	Cloud Servers	Cloud Sites	Email & Apps	Cloud Files
Salesforce.com	n/a	Force.com	Salesforce.com	n/a
VMware	VMware vSphere, vCloud	VMware vFabric (Java Spring), vCloud API	n/a	n/a

Πίνακας 3

7.1 Amazon

Μιλώντας για το Amazon Web Services (AWS), περιγράφεται τόσο η τεχνολογία όσο η εταιρεία. Η εταιρεία AWS είναι θυγατρική της Amazon.com και παρέχει πλατφόρμες Cloud Computing κατά παραγγελία σε ιδιώτες, εταιρείες και κυβερνήσεις. Η παραπάνω τεχνολογία επιτρέπει στους συνδρομητές να έχουν στη διάθεσή τους μία πλήρης εικονική συστοιχία υπολογιστών, διαθέσιμη συνεχώς, μέσω του διαδικτύου.

Η εικονική συστοιχία υπολογιστών έχει τα περισσότερα χαρακτηριστικά ενός πραγματικού υπολογιστή, συμπεριλαμβανομένου του υλικού (CPUs και GPUs για επεξεργασία, τοπική / RAM μνήμη, σκληρό δίσκο / SSD χώρο αποθήκευσης), επιλογή λειτουργικών συστημάτων, δίκτυο και προεγκατεστημένο λογισμικό εφαρμογών όπως web serves, βάσεις δεδομένων, CRM κ.λπ. Κάθε σύστημα AWS εικονικοποιεί επίσης την κονσόλα I / O (πληκτρολόγιο, οθόνη και ποντίκι), επιτρέποντας στους καταναλωτές του AWS να συνδεθούν στο σύστημα AWS χρησιμοποιώντας ένα σύγχρονο πρόγραμμα περιήγησης. Το πρόγραμμα περιήγησης λειτουργεί ως ένα παράθυρο στον εικονικό υπολογιστή, αφήνοντας τους να συνδεθούν, να διαμορφώσουν και να χρησιμοποιήσουν τα εικονικά τους συστήματα όπως ακριβώς θα ήταν ένας πραγματικός φυσικός υπολογιστής. Μπορούν να επιλέξουν να αναπτύξουν τα συστήματα AWS για να παρέχουν υπηρεσίες με βάση το διαδίκτυο προς όφελος δικό τους και των πελατών τους.

Το 2016, η AWS περιλάμβανε πάνω από 70 υπηρεσίες που κάλυπταν ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένων υπολογιστών, αποθήκευσης, δικτύωσης, βάσεων δεδομένων, αναλύσεων, υπηρεσιών εφαρμογών, ανάπτυξης, διαχείρισης, κινητής τηλεφωνίας, εργαλείων ανάπτυξης και εργαλείων για Internet of Things (IOT).

Τα πιο δημοφιλή αποτελούν το Amazon Elastic Compute Cloud (EC2), που προσφέρει IaaS, και η απλή υπηρεσία αποθήκευσης Amazon (S3), που προσφέρει Storage as a Service.. Οι περισσότερες υπηρεσίες δεν εκτίθενται κατευθείαν στους τελικούς χρήστες, αλλά προσφέρουν λειτουργικότητα μέσω των API που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι προγραμματιστές στις εφαρμογές τους. Οι προσφορές του Amazon

Web Services προσφέρονται μέσω HTTP, χρησιμοποιώντας το αρχιτεκτονικό στυλ REST και το πρωτόκολλο SOAP .[4]

❖ ***H Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2)*** [5] παρέχει κλιμακούμενη υπολογιστική δυνατότητα μέσω των υπηρεσιών Νέφους Amazon Web Services (AWS). Η Amazon EC2, η οποία αποτελεί την κυριότερη προσφορά της Amazon, παρέχει ένα εικονικό υπολογιστικό περιβάλλον για τη διαμόρφωση, τη φόρτωση, την παρακολούθηση και τη διαχείριση στιγμιότυπων που προέρχονται από προ-ρυθμισμένα, πρότυπα εικονικών μηχανών (Amazon Machine Image -AMIs) της Amazon, ή από εικόνες (images) που έχουν δημιουργηθεί και ρυθμίζονται από το χρήστη.

Λειτουργεί σε συνδυασμό με άλλες υπηρεσίες της Amazon (όπως την αυτόματη κλιμάκωση (auto scaling), την εξισορρόπηση φορτίου (load balancing), την αποθήκευση (storage), τις βάσεις δεδομένων (database) και τις ουρές (queuing) οι οποίες προσφέρουν υψηλή επεκτασιμότητα, ανοχή σε σφάλματα και ασφάλεια. Δύο πολύ σημαντικές υπηρεσίες της Amazon, που επιτρέπουν την κλιμάκωση και την εξισορρόπηση φορτίου σε EC2 στιγμιότυπα είναι η αυτόματη κλιμάκωση (auto scaling) και η ελαστική εξισορρόπηση φορτίου (elastic load balancing). Και οι δύο αυτές υπηρεσίες είναι πολύ σημαντικές, μιας και συμβάλλουν στην αύξηση της απόδοσης των εφαρμογών που φιλοξενούνται στην πλατφόρμα του Νέφους, καθώς και στη μείωση του κόστους.

Η αυτόματη κλιμάκωση είναι η διαδικτυακή υπηρεσία που εφαρμόζει κλιμακωτή δράση για scale-up ή scale-down για τα EC2 στιγμιότυπα που έχουν επιλεγεί, όταν έχουν εκπληρωθεί οι προϋποθέσεις. Κάθε μία από αυτές τις τρεις μεταβλητές (η πολιτική κλιμάκωσης, τα στιγμιότυπα στα οποία πρέπει να εφαρμοστεί η κλιμάκωση και οι ανησυχητικές συνθήκες (alarming conditions) ορίζονται από το χρήστη. Οι συνθήκες βάσει των οποίων εφαρμόζεται η κλιμάκωση ρυθμίζονται για κάθε μετρική μέσω της υπηρεσίας CloudWatch (εργαλείο παρακολούθησης) της Amazon. Οι χρήστες επιλέγουν τα μηχανήματα που θέλουν να παρακολουθήσουν, και λαμβάνουν έτσι

πληροφορίες και μερικές μπορούν να τις χρησιμοποιήσουν είτε για τη συλλογή στατιστικών αποτελεσμάτων είτε για την αυτόματη κλιμάκωση των πόρων τους. Οι πληροφορίες αυτές έχουν να κάνουν με τη χρήση της CPU, τα read/writes στο δίσκο, την κίνηση του δικτύου κ.α. Σε περίπτωση που υπάρχει ζήτηση για τη σταθεροποίηση της κατάστασης πριν από την ενεργοποίηση της κλιμάκωσης υπάρχει μια μεταβλητή που ορίζει ένα χρόνο αναμονής (cooldown). Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται ότι η αυτόματη κλιμάκωση δεν ξεκινά ή δεν τερματίζει πρόσθετα στιγμιότυπα, πριν δράσει η προηγούμενη δραστηριότητα κλιμάκωσης. Η Ελαστική Εξισορρόπηση Φόρτου είναι μια υπηρεσία που είναι υπεύθυνη για την αυτόματη διανομή εισερχόμενης κίνηση σε πολλά EC2 στιγμιότυπα. Κάθε load balancer έχει τη δυνατότητα να αναβαθμίσει την ικανότητα χειρισμού του αιτήματός του, σύμφωνα με την αύξηση της κυκλοφορίας. Εκτός από το χειρισμό των εισερχόμενων αιτημάτων, οι Load Balancers συμβάλλουν στην αύξηση της ανοχής σε σφάλματα της εφαρμογής με το να ανιχνεύουν μη υγιή στιγμιότυπα. Όταν ένα τέτοιο στιγμιότυπο εντοπιστεί, η υπηρεσία δεν στέλνει κυκλοφορία σε αυτό το στόχο. Ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά της υπηρεσίας Load Balancing είναι:

- Η ικανότητα να τοποθετεί και να διευθύνει τα στιγμιότυπα πίσω από το Load Balancer τοπικά, χρησιμοποιώντας ως εξωτερικό σημείο μόνο τη δημόσια IP του.
- Ο συνδυασμός της εξισορρόπησης φόρτου και της αυτόματης κλιμάκωσης για διαχειριστικούς σκοπούς.
- Η ανακατεύθυνση της κυκλοφορίας σε άλλο προορισμό, εάν ο Load Balancer ή τα στιγμιότυπα της εφαρμογής φαίνεται να μην είναι διαθέσιμα (Amazon Route 53 Domain Name System υπηρεσία web). Ο AWS Load Balancer παρέχει τη δυνατότητα για sticky load balancing. Από προεπιλογή, ένας load balancer δρομολογεί κάθε αίτημα στο στιγμιότυπο με το μικρότερο φορτίο. Ωστόσο, ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει τη λειτουργία sticky session, η οποία επιτρέπει στο load balancer για να δεσμεύσει ένα σύνολο αιτημάτων ενός χρήστη σε ένα συγκεκριμένο παράδειγμα. Αυτό εξασφαλίζει ότι όλα τα αιτήματα από το χρήστη κατά τη διάρκεια της συνόδου αποστέλλονται στον ίδιο βαθμό [6]

❖ **Amazon Simple Storage Service (S3)** : Μέσω της υπηρεσίας Amazon S3 παρέχεται η δυνατότητα αποθήκευσης και ανάκτησης δεδομένων οποιουδήποτε όγκου δεδομένων από οπουδήποτε - ιστοσελίδες και εφαρμογές για κινητά, εταιρικές εφαρμογές και δεδομένα από αισθητήρες ή συσκευές IoT στο Cloud, και πιο συγκεκριμένα σε πόρους που καλούνται "buckets". Έχει σχεδιαστεί για να προσφέρει 99,999999999% ανθεκτικότητα, και έχει πολλούς πελάτες με αποθήκευση δισεκατομμύρια αντικειμένων και exabytes δεδομένων. Χρησιμοποιείται για αποθήκευση και διανομή μέσων, ως "λίμνη δεδομένων" για μεγάλες αναλύσεις δεδομένων, ως στόχο αντιγράφων ασφαλείας και ως επίπεδο αποθήκευσης για υπολογιστικές εφαρμογές χωρίς διακομιστές . Είναι ιδανικό για λήψη δεδομένων, όπως φωτογραφίες και βίντεο κινητής συσκευής, αντίγραφα ασφαλείας για κινητά και άλλα, εφεδρείες μηχανών, αρχεία καταγραφής μηχανών, ροές αισθητήρων IoT και εικόνες υψηλής ανάλυσης και τη διάθεσή τους σε άλλες υπηρεσίες AWS και σε εφαρμογές τρίτων για ανάλυση, οπτικοποίηση και άλλη επεξεργασία. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες αποθήκευσης οι οποίες έχουν ως βασικό χαρακτηριστικό την συχνότητα προσπέλασης των δεδομένων [7].

❖ **Amazon CloudFront** : Ο ρόλος της υπηρεσίας αυτής είναι η διανομή περιεχομένου με γρήγορο και ασφαλή τρόπο. Η υπηρεσία αυτή συνδυάζεται με άλλες υπηρεσίες AWS όπως Amazon S3, Amazon EC2.

❖ **Amazon Elastic Block Store (EBS)** : Συνδυάζεται με το Amazon EC2, παρέχοντας προσωρινή αποθήκευση των instances.

❖ **Amazon Elastic File System (EFS)** : Αποτελεί ένα σύστημα αποθήκευσης, οργάνωσης και διαχείρισης αρχείων για τα Amazon EC2 instances .

❖ **Amazon Elastic Load Balancing** : Χρησιμοποιώντας αυτή τη δυνατότητα συνδυαστικά με την Amazon EC2 πετυχαίνουμε το διαμοιρασμό του φόρτου μεταξύ των instances και ως εκ τούτου βελτιώνεται η λειτουργία των εφαρμογών-υπηρεσιών που κάνουν χρήση της υποδομής Amazon.

❖ **Amazon Virtual Private Cloud (VPC)** : Η υπηρεσία Amazon Virtual Private Cloud (VPC) χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το Amazon EC2 και Amazon S3, δίνοντας

την δυνατότητα αποκλειστικής χρήσης πόρων υπολογιστικής ισχύος και αποθήκευσης των δεδομένων .

❖ **Amazon Relational Database Service (RDS)** : Μέσω της υπηρεσίας Amazon Relational Database Service (Amazon RDS) καθίσταται εφικτή η διαχείριση μιας βάσης δεδομένων, όπως είναι Amazon Aurora, Oracle, Microsoft SQL Server, PostgreSQL, MySQL and MariaDB, που τρέχει στο Cloud [8].

7.2 Google

Ως βασική υπηρεσία Cloud της Google θεωρείται η Google Cloud Platform και πιο συγκεκριμένα η Google App Engine . Η Google Cloud Platform είναι μια πλατφόρμα που προσφέρεται ως υπηρεσία (PaaS) και περιλαμβάνει μια μεγάλη γκάμα από Cloud υπηρεσίες με την χρήση των οποίων μπορεί να δημιουργηθεί από έναν απλό διαδικτυακό τόπο έως περίπλοκες εφαρμογές. Με την χρήση της Google Cloud Platform δεν απαιτείται η διαχείριση της υποδομής, καθώς και η παροχή εξυπηρετητών και η παραμετροποίηση του δικτύου.

Η υπηρεσία Google App Engine που διατίθεται μέσω της Google Cloud Platform, δίνει την δυνατότητα στον χρήστη της υπηρεσίας να επικεντρώνεται στο σχεδιασμό και την υλοποίηση του λογισμικού χωρίς να ασχολείται με το σχεδιασμό σε επίπεδο επιμέρους εξυπηρετητών και της διάρθρωσής τους. Ως εκ τούτου μέσω της πλατφόρμας επιτυγχάνεται η ανάπτυξη και η φιλοξενία διαδικτυακών εφαρμογών στα κέντρα δεδομένων της Google, κάνοντας εικονοποίηση (virtualize) τις εφαρμογές σε πολλούς διακομιστές. Η AppEngine μπορεί να φιλοξενήσει οποιοδήποτε είδος διαδικτυακής εφαρμογής, καθώς το περιβάλλον της είναι ειδικά σχεδιασμένο για την ανάπτυξη δυναμικών, πραγματικού χρόνου (realtime) εφαρμογών. Πιο συγκεκριμένα, το περιβάλλον της AppEngine είναι κατάλληλα σχεδιασμένο για εφαρμογές που χρειάζεται να εξυπηρετούν ταυτόχρονα πολλούς χρήστες, ως εκ τούτου όσοι περισσότεροι χρήστες χρησιμοποιούν την εφαρμογή, η AppEngine παρέχει περισσότερους πόρους στην εφαρμογή και φροντίζει για τη διαχείριση αυτών των πόρων [9][10]. Σε αντίθεση με άλλες αντίστοιχες υπηρεσίες του Νέφους, όπως είναι η

Amazon Web Services, που λειτουργεί σε επίπεδο IaaS, η GAE παρέχει ήδη μια εφαρμογή υποδομής στο επίπεδο PaaS. Αυτό σημαίνει ότι η GAE λειτουργεί αφαιρετικά από το υποκείμενο υλικό και το λειτουργικό σύστημα, παρέχοντας στην φιλοξενούμενη εφαρμογή ένα σύνολο υπηρεσιών με γνώμονα την εφαρμογή. Η προσέγγιση αυτή είναι πολύ βολική για τους προγραμματιστές των εφαρμογών αυτών, ενώ η λογική πίσω από τη GAE είναι η επικέντρωσή της στην επεκτασιμότητα και τη χρήση της υποδομής [11].

❖ *Google Storage*

Το Google Cloud Storage είναι μια υπηρεσία RESTful online διαδικτυακής αποθήκευσης, για την αποθήκευση και την πρόσβαση σε δεδομένα στην υποδομή της Google. Η υπηρεσία συνδυάζει την απόδοση και την επεκτασιμότητα του cloud της Google με προηγμένες δυνατότητες ασφάλειας και κοινής χρήσης. Πρόκειται για Storage as a Service, συγκρίσιμη με την υπηρεσία αποθήκευσης Amazon S3. Σε αντίθεση με το Google Drive και σύμφωνα με διαφορετικές προδιαγραφές υπηρεσιών, το Google Cloud Storage φαίνεται να είναι πιο κατάλληλο για επιχειρήσεις [12].

Χαρακτηριστικά του Google Cloud Storage :

- Διάρκεια

Το Google Cloud Storage έχει σχεδιαστεί για διάρκεια σε ποσοστό 99,999999999%. Αποθηκεύει τα δεδομένα, εφαρμόζοντας αυτόματους ελέγχους για την εξασφάλιση της ακεραιότητας των δεδομένων. Με την αποθήκευση Multi-Regional, τα δεδομένα μας διατηρούνται σε γεωγραφικά ξεχωριστή τοποθεσία.

- Διαθεσιμότητα

Όλες οι κατηγορίες αποθήκευσης προσφέρουν πολύ υψηλή διαθεσιμότητα. Τα δεδομένα είναι προσβάσιμα όταν τα χρειάζονται. Η Multi-Regional αποθήκευση προσφέρει το 99,95% και η regional αποθήκευση προσφέρει μηνιαία διαθεσιμότητα 99,9% στη συμφωνία παροχής υπηρεσιών. Η αποθήκευση Nearline και Coldline προσφέρει 99% μηνιαία διαθεσιμότητα.

- Κλιμάκωση

Το Google Cloud Storage είναι σχεδόν απείρως κλιμακωτό. Είτε υποστηρίζεται μια μικρή εφαρμογή είτε δημιουργείται ένα μεγάλο σύστημα κλίμακας δεδομένων exabytes, το Cloud Storage μπορεί να το χειριστεί.

7.3 Microsoft Azure

Η Microsoft Azure [13] είναι ένας πάροχος Υπολογιστικού Νέφους που διαθέτει υπηρεσίες υποδομής και πλατφόρμας. Δημιουργήθηκε από τη Microsoft, για την κατασκευή, ανάπτυξη και διαχείριση εφαρμογών και υπηρεσιών μέσω ενός παγκόσμιου δικτύου κέντρων διαχείρισης δεδομένων της Microsoft. Παρέχει PaaS και IaaS υπηρεσίες και υποστηρίζει πολλές διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού, εργαλεία και πλαίσια, συμπεριλαμβανομένων τόσο της Microsoft ειδικά και άλλων κατασκευαστών λογισμικού και συστημάτων.

Η Windows Azure παρέχει τέσσερις βασικές κατηγορίες υπηρεσιών Cloud Computing :

- Compute Services
- Network services
- Data Services
- App Services

Οι διάφορες κατηγορίες υπηρεσιών που προσφέρει η πλατφόρμα Windows Azure, μπορούν να συγκεντρωθούν στα παρακάτω μοντέλα υπηρεσιών :

Infrastructure as a Service (IaaS)

Ο πελάτης πληρώνει τον πάροχο νέφους για να τρέξει μια εικονική μηχανή. Ο πελάτης είναι υπεύθυνος για τη διαμόρφωση και τη διαχείριση του λειτουργικού συστήματος της εικονικής μηχανής και των εφαρμογών.

Platform as a Service (PaaS)

Ο πελάτης αναπτύσσει εφαρμογές για μια συγκεκριμένη αρχιτεκτονική. Ο πάροχος παρέχει το χρόνο εκτέλεσης της εφαρμογής, την αποθήκευση και την ολοκλήρωση που απαιτείται για την εκτέλεση της εφαρμογής και είναι υπεύθυνος για τη διατήρηση της λειτουργίας του περιβάλλοντος, να είναι ενημερωμένα τα

λειτουργικά συστήματα και ασφαλή τα δεδομένα των πελατών. Ο πελάτης ως ιδιοκτήτης της εφαρμογής είναι υπεύθυνος για την ανάπτυξη και τη συντήρηση της εφαρμογής, καθώς και για την ακεραιότητα των δεδομένων.

Software as a Service (SaaS)

Ο πελάτης χρησιμοποιεί τυποποιημένες υπηρεσίες νέφους, όπως η διαχείριση εγγράφων και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, οι οποίες δίνονται από τον πάροχο.

Τα Virtual Machines αποτελεί παράδειγμα IaaS, το Cloud Services παράδειγμα PaaS και άλλες υπηρεσίες της Microsoft όπως το Office 365 αποτελούν παραδείγματα SaaS.

Το Windows Azure Virtual Machines είναι μία κλιμακωτή, κατ'απαίτηση IaaS πλατφόρμα για την παροχή και ανάπτυξη διακομιστών στο σύννεφο. Με την ανάπτυξη των διακομιστών μπορούν να διαμορφώσουν, να διαχειριστούν και να παρακολουθούν τις εικονικές μηχανές, την εξισορρόπηση του φόρτου εργασίας και να συνδέουν αυτές με το Windows Azure Cloud Services, εκτελώντας web roles ή worker roles. .

Υπάρχουν δύο τρόποι δημιουργίας εικονικών μηχανών. Είτε να δημιουργηθεί άμεσα μια εικονική μηχανή επιλέγοντας μια εικόνα (image) από τις εικόνες που παρέχονται από την επίσημη ιστοσελίδα της εταιρείας Windows Azure είτε ο χρήστης να δημιουργήσει μία δικιά του εικόνα. Η ιστοσελίδα της Windows Azure περιέχει μια ποικιλία από εικόνες με διάφορα λειτουργικά συστήματα (αρκετές διανομές Linux, Windows και Mac).

Σαν διαχειριστής έχεις πλήρη έλεγχο στις εικονικές μηχανές, μέσω απομακρυσμένης διαχείρισης, είτε μέσω Remote Desktop Protocol (RDP), είτε μέσω Secure Shell (SSH). [13]

Όσον προαναφέραμε για την υπηρεσία ως πλατφόρμα, η Windows Azure παρέχει την αντίστοιχη υπηρεσία Νέφους (Cloud Services). Επιτρέπουν στον πελάτη να δημιουργεί γρήγορα, να αναπτύσσει και να διαχειρίζεται εφαρμογές στο σύννεφο. Μπορούν να καθοριστούν πολλαπλοί ρόλοι (web role, worker role) κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής και επιτρέπει την ευέλικτη κλιμάκωση αυτής. Οι εφαρμογές μπορούν να αναπτυχθούν χρησιμοποιώντας κάποιο από τα πιο δημοφιλή πλαίσια ανάπτυξης, συμπεριλαμβανομένων των .NET, Node.js, PHP, Java, Python και Ruby.

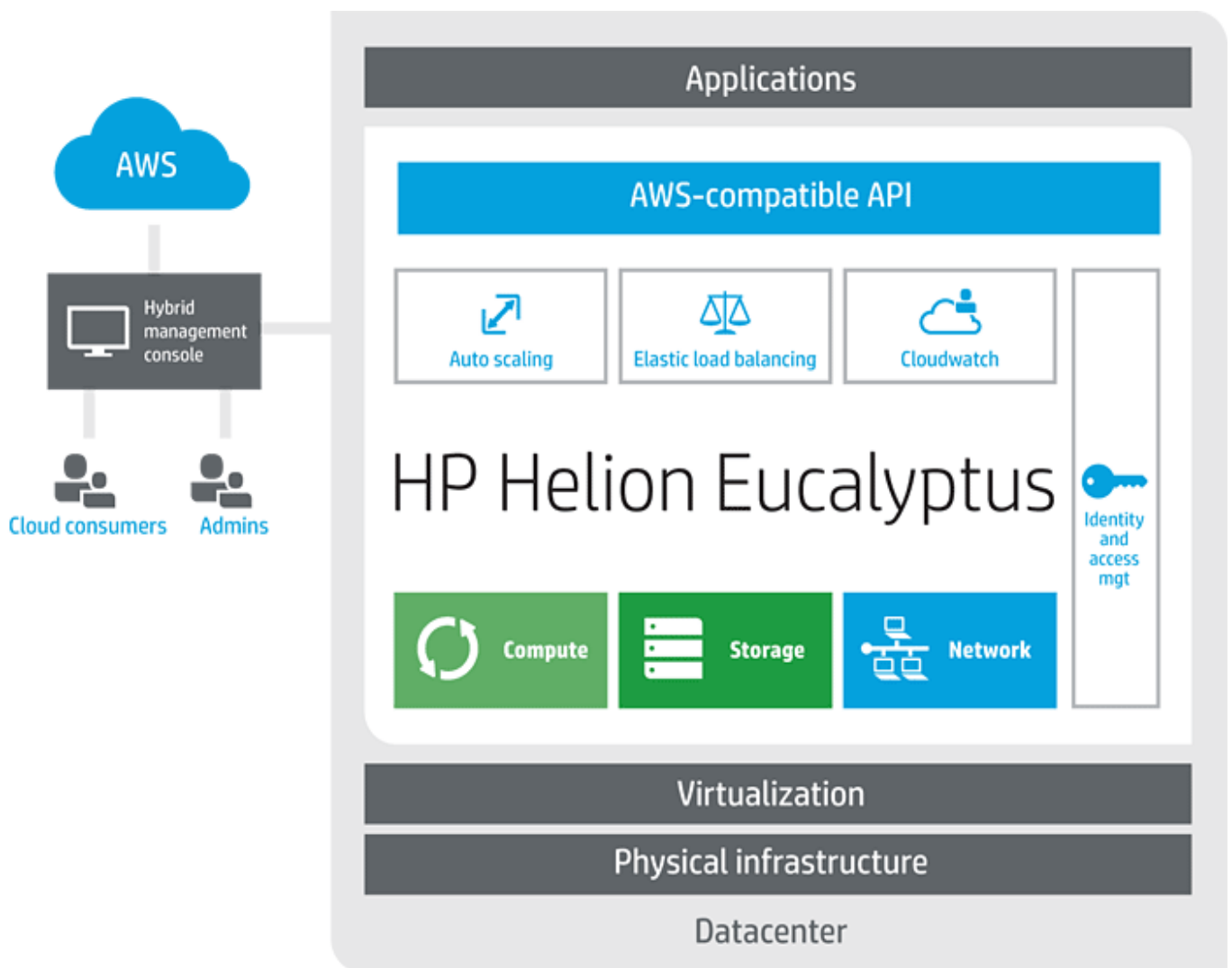
Μέσω του Cloud Services, εστιάζουμε στην κατασκευή, τη δοκιμή, την ανάπτυξη και τη διαχείριση της εφαρμογής αντί να εστιάζουμε στην υποκείμενη υποδομή στην οποία τρέχει. Μέσω του Windows Azure Management Portal παρακολουθείται η καλή λειτουργία και η διαθεσιμότητα των εφαρμογών που εκτελούνται στο Cloud Services, καθώς και να ενημερώνεται ο πελάτης σε πραγματικό χρόνο για τυχόν σφάλματα, ή διακοπή της υπηρεσίας. Επίσης μέσω του χαρακτηριστικού της αυτόματης κλιμάκωσης δίνεται η δυνατότητα στην εφαρμογή κλιμάκωσης προς τα πάνω ή προς τα κάτω ανάλογα με τη ζήτηση. Αυτό βοηθάει στην ελαχιστοποίηση του κόστους εκτέλεσης των εφαρμογών στο σύννεφο, καθώς ο πελάτης πληρώνει για τους πόρους εκτέλεσης που χρησιμοποιείται στην πραγματικότητα. [14]

7.4 H Salesforce.com

Η Salesforce.com είναι μια αμερικάνικη εταιρεία υπολογιστικού νέφους, που εδρεύει στο Σαν Φραντσίσκο, στην Καλιφόρνια. Αν και τα έσοδά της προέρχονται από ένα προϊόν customer relationship management (CRM), η εταιρεία δραστηριοποιείται στις εμπορικές εφαρμογές των μέσων κοινωνικής δικτύωσης. Η υπηρεσία customer relationship management διακρίνεται σε αρκετές κατηγορίες : Commerce Cloud, Sales Cloud, Service Cloud, Data Cloud (including Jigsaw), Marketing Cloud, Community Cloud (including Chatter), Analytics Cloud, App Cloud, and IoT με περισσότερους από 100.000 πελάτες . Το Force.com είναι μια μοναδική πλατφόρμα-ως υπηρεσία - που προσφέρει και επιτρέπει στους προμηθευτές του να δημιουργήσουν τις επιχειρηματικές εφαρμογές τους και αυτές να παραδίδονται στην υπάρχουσα υποδομή Salesforce. Το Salesforce αναφέρει σαν στόχους του force.com τις περιοχές εφαρμογής του στη διαχείριση των προγραμματιστικών πόρων (ERP / Enterprise Resource Planning), διαχείριση πόρων ανθρώπινου δυναμικού (HRM / Human Resource Management) και διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM / Supply Chain Management) [15].

7.5 Open Source Cloud Computing Platforms

Σε αντίθεση με τις προηγούμενες εμπορικές πλατφόρμες υπολογιστικού νέφους, υπάρχουν επίσης αρκετές Open Source Cloud Computing Platforms , όπως : **OpenNebula, Eucalyptus, Nimbus και OpenStack.**



Σχήμα 9

Αρχιτεκτονική του Eucalyptus cloud

◆ Eucalyptus

Η πλατφόρμα Eucalyptus (Elastic Utility Computing Architecture for Linking Your Programs to Useful Systems) αποτελεί ένα open-source λογισμικό για την ανάπτυξη ιδιωτικού και υβριδικού νέφους, συμβατού με τις υπηρεσίες Amazon Web Services. Έχει τη δυνατότητα να συγκεντρώσει υπάρχουσα εικονικοποιημένη (virtualized) υποδομή, προκειμένου να δημιουργήσει πόρους νέφους για την υποδομής ως υπηρεσία, δίκτυο ως υπηρεσία και αποθήκευση ως υπηρεσία. Το Eucalyptus Cloud είναι απόλυτα συμβατό με τις διαδικτυακές υπηρεσίες της Amazon και συγκεκριμένα με το Amazon Elastic Compute Cloud(EC2), και το Simple Storage Service (S3). Έτσι οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν εργαλεία συμβατά με το AWS για να διαχειριστούν τους πόρους της υποδομής του νέφους. Επίσης μέσω εργαλείων συμβατών με το Amazon Elastic Cloud μπορούν να πετύχουν αυτόματη κλιμάκωση (auto scaling) προσθέτοντας εικονικές μηχανές όσο αυξάνεται ο φόρτος εργασίας καθώς και την κλιμάκωση των πόρων προς τα πάνω ή προς τα κάτω ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη απόδοση. Μέσω του χαρακτηριστικού της εξισορρόπησης φορτίου (Elastic Load Balancing), κατανέμονται οι εισερχόμενες κλήσεις σε όλα τα στιγμιότυπα (instances) του Eucalyptus και επιπλέον μέσω εργαλείου παρακολούθησης, συμβατό με το Amazon CloudWatch, παρακολουθεί τους πόρους και τις εφαρμογές του νέφους.

Το Eucalyptus cloud αποτελείται από τα εξής βασικά συστατικά :

- Το *Cloud Controller (CLC)* : Οι βασικές διεργασίες του περιλαμβάνουν συλλογή πληροφοριών από τα υπόλοιπα συστατικά στοιχεία του Eucalyptus Cloud, λήψη αποφάσεων για διάφορες προγραμματισμένες εργασίες και καταβολή αιτημάτων στον Cluster Controller (CC). Επίσης είναι το συστατικό στοιχείο το οποίο είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση των ενδότερων «εικονικών» πόρων (διακομιστές, δίκτυο, αποθήκη δεδομένων). Η πρόσβαση στον Cloud Controller (CLC) είναι εφικτή μέσα από εργαλεία της γραμμής εντολών, τα οποία είναι συμβατά με το Amazon Elastic Compute Cloud(EC2), αλλά και μέσω του διαδικτυακού (web based) περιβάλλοντος του Eucalyptus.

- Το *Walrus* : Χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των images των λειτουργικών συστημάτων που μπορούν να τρέξουν οποιαδήποτε στιγμή στο cloud. Τέλος, πρόκειται για υλοποίηση αποθηκευτικού χώρου συμβατό με το S3 της Amazon, παρέχοντας μηχανισμό μόνιμης αποθήκευσης
- Το *Cluster Controller (CC)*: Η κύρια διεργασία του είναι να προγραμματίζει την εκτέλεση των εικονικών μηχανών σε όλους ή συγκεκριμένους Node Controllers(NC), να συγκεντρώνει πληροφορίες από αυτούς καθώς και να διαχειρίζεται τα δίκτυα των εικονικών μηχανών. Όλοι οι Node Controllers (NC) οι οποίοι είναι συσχετισμένοι με έναν Cluster Controller (CC) πρέπει να βρίσκονται στο ίδιο (υπο)δίκτυο.
- Ο *Storage Controller (SC)*: Παρέχει την ίδια λειτουργικότητα με αυτή του Amazon Elastic Block Store (EBS). Επικοινωνεί με το Cluster Controller και το Node Controller και διαχειρίζεται τους δίσκους και τα στιγμιότυπα από συγκεκριμένες χρονικές στιγμές (snapshots) μέσα στην ίδια συστοιχία δίσκων.
- Ο *Node Controller (NC)* : Ελέγχει την εκτέλεση, επιθεώρηση και τον τερματισμό των στιγμιότυπων των εικονικών μηχανών (VMs) στον χώρο που φιλοξενούνται και εκτελούνται. [16] [17]

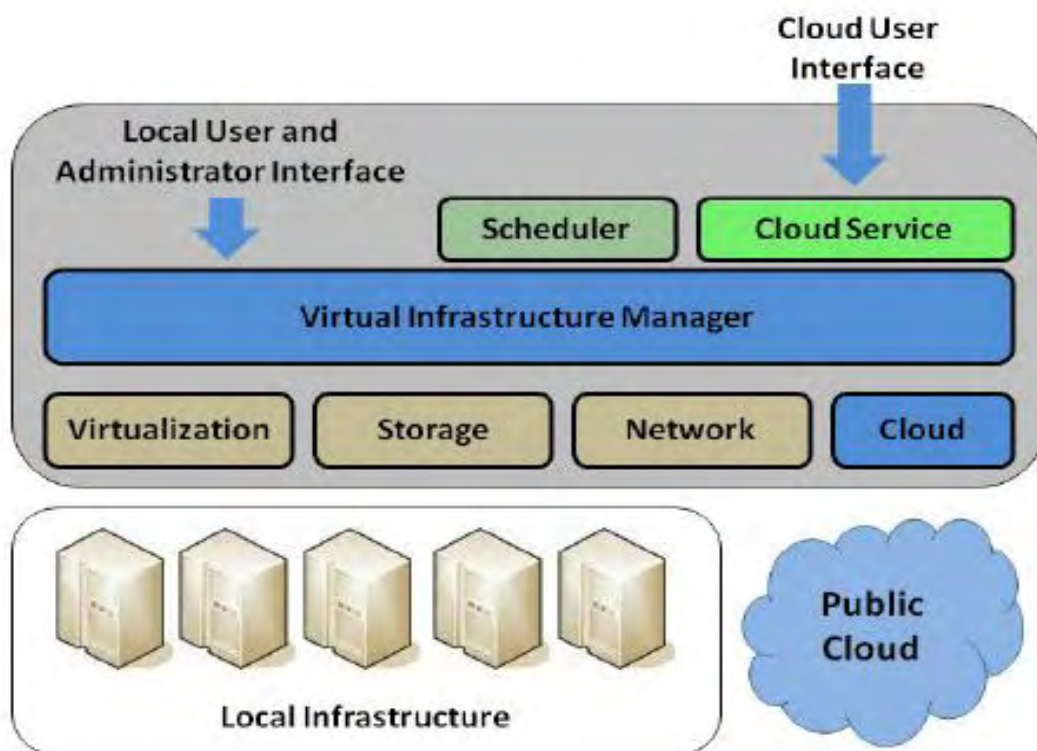
◆ Open Nebula

Η πλατφόρμα Open Nebula αποτελεί ένα λογισμικό ανοικτού κώδικα, το οποίο παρέχει μια γενική λύση για την ανάπτυξη και την διαχείριση κατανεμημένων datacenters και IaaS Clouds. Πρόκειται για μια απλή αλλά πλούσια σε χαρακτηριστικά, ευέλικτη λύση για τη δημιουργία και διαχείριση εικονικοποίησης κέντρων δεδομένων και επιχειρησιακών υπολογιστικών νεφών. Έτσι, με το OpenNebula, τα εικονικά συστήματα μπορούν να διαχειρίζονται και να παρακολουθούνται κεντρικά σε διαφορετικά συστήματα Hyper-V και αποθήκευσης.

Η Πλατφόρμα Open Nebula περιλαμβάνει λειτουργίες ενσωμάτωσης, διαχείρισης, κλιμάκωσης, ασφάλειας και επιπλέον υποστηρίζει χαρακτηριστικά

τυποποίησης, διαλειτουργικότητας και φορητότητας, παρέχοντας στους χρήστες του cloud και στους διαχειριστές τη δυνατότητα επιλογής διαφόρων διεπαφών (Amazon EC2 Query, OGF Open Cloud Computing Interface και vCloud) και διαφόρων Hypervisors (Xen, KVM και VMware) [18].

Μπορεί να εφαρμοστεί στη δημιουργία όλων των μοντέλων Cloud που αναφέραμε παραπάνω. Το OpenNebula μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαχείριση της υποδομής και της εφαρμογής τεχνικών εικονοποίησης στο cluster, δηλαδή στη εγκατάσταση ενός private cloud. Μπορεί ακόμα να συνδυάσει την τοπική υποδομή με την υποδομή ενός Public Cloud, πετυχαίνοντας καλύτερη κλιμάκωση σε περιπτώσεις απότομης αύξησης της ζήτησης της υπηρεσίας, υλοποιώντας έτσι ένα Hybrid Cloud. [19] [20].

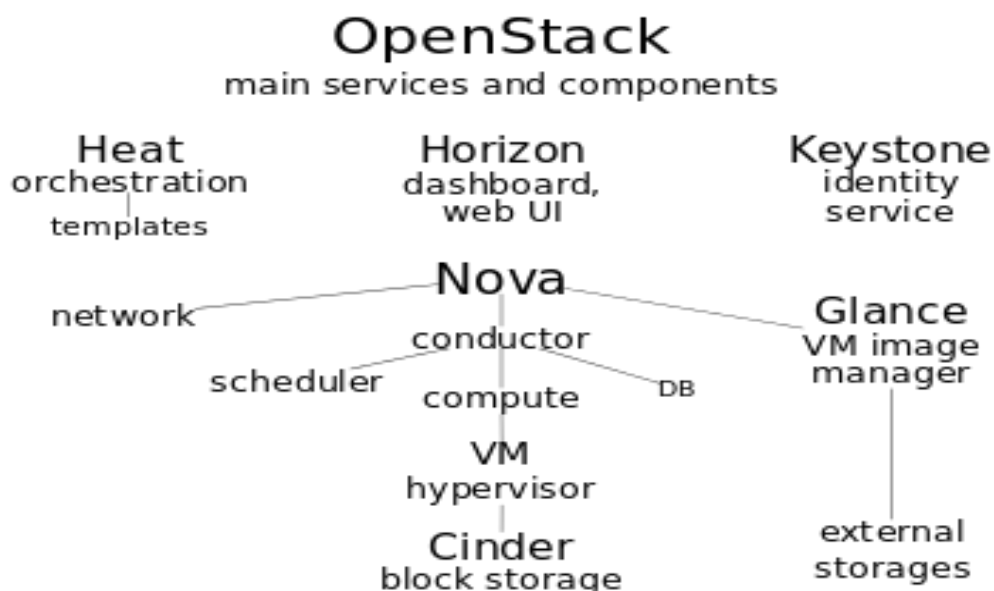


Σχήμα 10
Αρχιτεκτονική OpenNebula

◆ OpenStack

Μια ακόμα υπηρεσία παροχής Cloud Platform είναι το OpenStack, το οποίο διατίθεται με τους όρους χρήσης του Apache License και αναπτύσσεται ως IaaS, όπου εικονικοί διακομιστές και άλλοι πόροι διατίθενται στους πελάτες. Αποτελεί μία πλατφόρμα ανοικτού κώδικα που χρησιμοποιείται από οργανισμούς, ερευνητές και παρόχους αλλά και από οποιοδήποτε θέλει να αναπτύξει ένα νέφος. Μέσω της πλατφόρμας Hypervisors του ίδιου ή διαφορετικού data center μπορούν να διαχειρίζονται από ένα μοναδικό σημείο που λέγεται dashboard. Διαχειριστές και χρήστες μέσω του dashboard μπορούν να εκτελέσουν τις εργασίες του γρήγορα και εύκολα, μπορούν να δημιουργήσουν εικονικές μηχανές, να ρυθμίσουν δίκτυα και να διαχειριστούν τους χώρους αποθήκευσης από ένα σημείο.

Η πλατφόρμα OpenStack αποτελείται από μία αρθρωτή αρχιτεκτονική και αποτελείται από τα εξής στοιχεία :



Σχήμα11

Στοιχεία του OpenStack

OpenStack Compute(Nova) : Είναι το τμήμα της υπηρεσίας που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργήσουν και να διαχειριστούν εικονικούς διακομιστές χρησιμοποιώντας εικονικά στιγμιότυπα. Αποτελεί τον εγκέφαλο του υπολογιστικού νέφους γιατί επιβλέπει και διαχειρίζεται μεγάλα δίκτυα εικονικών μηχανών (VMs).

OpenStack Object Storage (Swift) : Αποτελεί ένα κλιμακωτό σύστημα αποθήκευσης και ένα σύστημα αποθήκευσης για αντικείμενα και αρχεία, τα οποία βρίσκονται διασκορπισμένα σε δίσκους διακομιστών σε data centers, όπου το OpenStack Swift φροντίζει για την ασφάλεια αναπαραγωγής των δεδομένων και την ακεραιότητά τους,. Τα αντικείμενα δεδομένων αποθηκεύονται και ανακτώνται μέσω HTTP APIs.

OpenStack Block Storage (Cinder) : Είναι ένα στοιχείο αποθήκευσης blocks , το οποίο παρέχει συνεχείς συσκευές αποθήκευσης επιπέδου block στα στιγμιότυπα που τρέχουν μέσω του Compute, έχοντας τη δυνατότητα να δημιουργεί, να συνδέει και να αποσυνδέει τα block devices από τους servers. Μία δυνατή λειτουργικότητα του στοιχείου Cinder αποτελεί η διαχείριση στιγμιότυπων (Snapshot management) για τη δημιουργία αντιγράφων και την επαναφορά των δεδομένων που βρίσκονται στα block devices.

OpenStack Networking (Neutron) : Αποτελεί ένα σύστημα, που παρέχει μέσω API στους χρήστες να διαχειριστούν τα δίκτυα και τις IP addresses., καθώς και οτιδήποτε μπορεί να περιλαμβάνει π.χ. παρακολούθηση για κακόβουλο λογισμικό, εξισορρόπηση φορτίου, τείχος προστασίας και εικονικά ιδιωτικά δίκτυα – VPNs.

OpenStack Dashboard (Horizon) : Το OpenStack Dashboard παρέχει στους διαχειριστές και στους χρήστες ένα γραφικό περιβάλλον που τους επιτρέπει την πρόσβαση, την επίβλεψη και τον έλεγχο των υπολογιστικών πόρων του νέφους [21][22][23].

◆ ~okeanos

Το ΕΔΕΤ παρέχει πρωτοποριακές υπολογιστικές υπηρεσίες Cloud Computing (δυναμική και κατ' απαίτηση διάθεση υπολογιστικών / δικτυακών / αποθηκευτικών πόρων) για όλα τα μέλη της ερευνητικής και εκπαιδευτικής κοινότητας. Οι υπηρεσίες διατίθενται με τη μορφή δημόσιας υποδομής-ως-υπηρεσία (Infrastructure as a Service), με την ονομασία ~okeanos. Μέσω του ~okeanos, οποιοσδήποτε ακαδημαϊκός χρήστης μπορεί να δημιουργήσει μια πολυ-επίπεδη εικονική υποδομή, συνδυάζοντας απλούστερα εικονικά δομικά στοιχεία: ενεργοποιεί σε μερικά δευτερόλεπτα εκατοντάδες εικονικές μηχανές, τις οποίες διασυνδέει μέσω εικονικών δικτύων σε τυχαίες τοπολογίες, με δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων είτε σε εικονικούς δίσκους είτε σε εικονικό αποθηκευτικό χώρο στο Cloud («Cloud Object Storage»).

Προσφέρονται οι εξής δύο υπηρεσίες:

Cyclades: Η υπηρεσία Cyclades προσφέρει επεξεργαστικούς πόρους, με τη μορφή εικονικών μηχανών. Οι χρήστες δημιουργούν, καταστρέφουν, παραμετροποιούν και διαχειρίζονται τις εικονικές μηχανές τους και συνδέονται σε αυτές μέσω δικτύου. Το λειτουργικό σύστημα επιλέγεται μεταξύ των Windows, Ubuntu, Debian, CentOS και Fedora. Η διαχείριση των εικονικών μηχανών και του δικτύου γίνεται μέσω ενός εύχρηστου RESTful API. Είναι επίσης δυνατή η δημιουργία VPNs για τη μεγαλύτερη δυνατή απομόνωση των εικονικών μηχανών. Τέλος, οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να εισάγουν αρχεία στις εικονικές μηχανές τους και να δημιουργούν νέες από ήδη δικές τους.

Pithos+: Η διαδικτυακή υπηρεσία **Pithos+** προσφέρει εικονικό αποθηκευτικό χώρο, προσβάσιμο από παντού, πάντοτε, με ασφάλεια. Η χρήση της είναι δωρεάν για τα μέλη της ελληνικής ακαδημαϊκής και ερευνητικής κοινότητας. Οι χρήστες μπορούν να αποθηκεύσουν τα αρχεία τους, να τα μοιραστούν με άλλους χρήστες της υπηρεσίας, έχοντας πρόσβαση σε αυτά οποιαδήποτε στιγμή, από οπουδήποτε στον κόσμο, μέσα από εικονικές μηχανές. Επιπλέον, η υπηρεσία προσφέρει ένα σύγχρονο και απλό στη χρήση Web UI για το ανέβασμα και την οργάνωση των αρχείων, καθώς και έναν client (Agkyra) για τον συγχρονισμό τοπικών φακέλων με την υπηρεσία **Pithos+** [24].

ΜΕΡΟΣ II

1. Τεχνολογία Ενεργοποίησης Νέφους

Τα σύγχρονα νέφη υποστηρίζονται από ένα σύνολο κύριων τεχνολογικών συστατικών που όλα μαζί ενεργοποιούν βασικά γνωρίσματα και χαρακτηριστικά που σχετίζονται με το υπολογιστικό νέφος και διακρίνονται στα εξής :

- Ευρυζωνικά δίκτυα και αρχιτεκτονική του Internet
- Τεχνολογία Κέντρου Δεδομένων
- Τεχνολογία Εικονικοποίησης
- Τεχνολογία Web
- Τεχνολογία Πολλαπλής Μίσθωσης
- Τεχνολογία Υπηρεσίας

1.1 Ευρυζωνικά δίκτυα και αρχιτεκτονική του Internet

Όλα τα νέφη πρέπει να συνδέονται σε ένα δίκτυο. Τα διαδίκτυα (Internet) επιτρέπουν την εξ αποστάσεως παροχή πόρων και επιτρέπουν πανταχού παρούσα πρόσβαση στο δίκτυο.

1.2 Τεχνολογία Κέντρου Δεδομένων

Η ομαδοποίηση των πόρων ΤΠ, αντί να είναι γεωγραφικά διεσπαρμένοι, επιτρέπει το διαμοιρασμό της ηλεκτρικής ισχύος, υψηλότερη αποδοτικότητα κατά τη χρησιμοποίησή τους και βελτιωμένη πρόσβαση για το προσωπικό ΤΠ. Έτσι πλέον τα μοντέρνα κέντρα δεδομένων υπάρχουν ως εξειδικευμένη υποδομή ΤΠ, όπου στεγάζονται εξυπηρετητές, βάσεις δεδομένων, συσκευές δικτύωσης και τηλεπικοινωνιών και συστήματα λογισμικού και στα οποία εφαρμόζονται οι παρακάτω τεχνολογίες :

- *Εικονικοποίηση*

Τα κέντρα δεδομένων αποτελούνται από φυσικούς και εικονικοποιημένους πόρους ΤΠ. Οι φυσικοί πόροι ΤΠ αναφέρονται στην υποδομή της εγκατάστασης που περιλαμβάνει τα συστήματα και τον εξοπλισμό υπολογιστικής και δικτύωσης καθώς και τα συστήματα υλικού με τα λειτουργικά τους συστήματα.

- *Τυποποίηση και αρθρωτή δόμηση*

Τα κέντρα δεδομένων δομούνται με τυποποιημένα εξαρτήματα υλικού και σχεδιάζονται με αρθρωτές αρχιτεκτονικές, προκειμένου να υποστηρίξουν κλιμάκωση, αύξηση και ταχύτερη αντικατάσταση υλικού.

- *Αυτοματοποίηση*

Τα κέντρα δεδομένων έχουν εξειδικευμένες πλατφόρμες που αυτοματοποιούν εργασίες όπως την παροχή, τη συγκρότηση, τη διόρθωση και την παρακολούθηση χωρίς εποπτεία. Πλέον οι πλατφόρμες και τα εργαλεία διαχείρισης κέντρων δεδομένων χρησιμοποιούν τεχνολογίες αυτόνομης υπολογιστικής, και ενεργοποιείται η αυτόνομη συγκρότηση και η αυτόνομη επαναφορά.

- *Απομακρυσμένη λειτουργία και διαχείριση*

- *Υψηλή Διαθεσιμότητα*

Τα κέντρα δεδομένων σχεδιάζονται έτσι ώστε να λειτουργούν με όλο και υψηλότερα επίπεδα πλεονασμού για να διατηρούν τη διαθεσιμότητα.

- *Σχεδίαση, λειτουργία και διαχείριση με βάση την ασφάλεια*

- *Εγκαταστάσεις*

- *Υπολογιστικό Υλικό*

Το μεγαλύτερο μέρος της βαριάς επεξεργασίας μέσα σε κέντρα δεδομένων εκτελείται από τυποποιημένους εξυπηρετητές που έχουν σημαντική υπολογιστική ισχύ και μεγάλη χωρητικότητα αποθήκευσης. Αρχιτεκτονικές όπως οι τεχνολογίες εξυπηρετητών blade χρησιμοποιούν φυσικές διασυνδέσεις ενσωματωμένες στο ικρίωμα, μεταγωγείς και διαμοιραζόμενα τροφοδοτικά.

- *Υλικό Αποθήκευσης*

Τα κέντρα δεδομένων έχουν εξειδικευμένα συστήματα αποθήκευσης όπου αποθηκεύονται τεράστιες ποσότητες ψηφιακών πληροφοριών και αποτελούνται από πολλούς σκληρούς δίσκους που οργανώνονται σε συστοιχίες.

- *Υλικό δικτύου*

Τα κέντρα δεδομένων απαιτούν εκτεταμένο υλικό δικτύου για να ενεργοποιήσουν πολλαπλά επίπεδα συνδεσιμότητας.

1.3 Τεχνολογία Εικονικοποίησης

Οι περισσότεροι τύποι πόρων ΤΠ όπως είναι οι παρακάτω μπορούν να εικονικοποιηθούν :

Εξυπηρετητές - Ένας φυσικός εξυπηρετητής μπορεί να δημιουργήσει ένα εικονικό εξυπηρετητή

Αποθήκευση - Μία συσκευή αποθήκευσης μπορεί να δημιουργήσει μια εικονική συσκευή αποθήκευσης ή ένα εικονικό δίσκο.

Δίκτυο - Φυσικοί δρομολογητές και μεταγωγείς μπορούν να δημιουργήσουν λογικές δομές δικτύου , π.χ. εικονικά ΔΤΠ (VLAN)

Ισχύς - Μία φυσική μονάδα UPS και μονάδες διανομής ισχύος μπορούν να δημιουργήσουν εικονικά UPS.

Για τη δημιουργία ενός εικονικού εξυπηρετητή (Virtual Machine) μέσω λογισμικού εικονικοποίησης είναι απαραίτητη αρχικά η κατανομή των φυσικών πόρων ΤΠ και ακολουθεί η εγκατάσταση του λειτουργικού συστήματος. Τα VMs χρησιμοποιούν τα δικά τους λειτουργικά συστήματα ανεξάρτητα από το λειτουργικό σύστημα που δημιουργήθηκαν . Το λογισμικό εικονικοποίησης εκτελείται σε ένα φυσικό εξυπηρετητή που καλείται υπολογιστής φιλοξενίας-host , το λογισμικό του οποίου γίνεται διαθέσιμο μέσω του virtualization software. Η τεχνολογία εικονικοποίησης επιτρέπει σε διαφορετικά VMs να μοιράζονται στον ίδιο φυσικό εξυπηρετητή και η διεργασία αυτή καλείται *συνένωση εξυπηρετητών (server*

consolidation) και χρησιμοποιείται συνήθως για να αυξήσει τη χρησιμοποίηση του υλικού, την εξισορρόπηση φορτίου και τη βελτιστοποίηση των πόρων ΤΠ.

Η βασιζόμενη στο λειτουργικό σύστημα εικονικοποίηση αφορά την εγκατάσταση του virtualization software στο λειτουργικό σύστημα του εξυπηρετητή φιλοξενίας (host operating system). Το virtualization software μετατρέπει πόρους ΤΠ σε εικονικοποιημένους πόρους ΤΠ που είναι συμβατοί με μία ομάδα λειτουργικών συστημάτων. Όμως η συγκεκριμένη κατηγορία virtualization μπορεί να επιφέρει απαιτήσεις και ζητήματα που έχουν να κάνουν με το επίβαρο απόδοσης π.χ. το λειτουργικό σύστημα του υπολογιστή φιλοξενίας καταναλώνει ΚΜΕ, μνήμη και άλλους πόρους του υλικού, τα λειτουργικά συστήματα των εικονικών μηχανών πρέπει να διασχίσουν αρκετά στρώματα από και προς από το υλικό και έτσι μειώνεται η συνολική απόδοση και απαιτούνται συνήθως επιπλέον άδειες για τα λειτουργικά συστήματα φιλοξενίας.

Η βασιζόμενη στο υλικό εικονικοποίηση αφορά την εγκατάσταση του virtualization software απευθείας πάνω στο φυσικό εξυπηρετητή. στην περίπτωση αυτή το virtualization software αναφέρεται ως hypervisor. Ένας hypervisor υπάρχει σαν ένα λεπτό στρώμα λογισμικού που χειρίζεται τις λειτουργίες διαχείρισης του υλικού, για να εγκαθιδρύσει ένα εικονικοποιημένο στρώμα διαχείρισης. Αποτελεί θεμελιώδες κομμάτι της υποδομής εικονικοποίησης και χρησιμοποιείται για να παράγει στιγμιότυπα εικονικών εξυπηρετητών σε ένα φυσικό εξυπηρετητή. Αυτός ο τύπος εικονικοποίησης βοηθά στη βελτιστοποίηση του επίβαρου απόδοσης, καθώς επιτρέπει σε πολλαπλούς εικονικούς εξυπηρετητές να αλληλεπιδρούν με την ίδια πλατφόρμα υλικού. Το μοντέρνο virtualization software παρέχει αρκετές λειτουργίες διαχείρισης, η οποία υποστηρίζεται από εργαλεία διαχείρισης υποδομής εικονικοποίησης (virtualization infrastructure management , VIM), τα οποία διαχειρίζονται συνολικά εικονικούς πόρους ΤΠ μέσω μιας κεντρικής μονάδας διαχείρισης, γνωστή ως ελεγκτής, η οποία εκτελείται σε ένα υπολογιστή αποκλειστικής χρήσης. Ο VIM διαχειρίζεται πολλαπλούς εικονικούς εξυπηρετητές που βρίσκονται επάνω σε πολλούς φυσικούς εξυπηρετητές.

Ο μηχανισμός αποθήκευσης νέφους (cloud storage device) παριστά συσκευές αποθήκευσης, που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για βασιζόμενη στο νέφος αποθήκευση. Στιγμιότυπα αυτών των συσκευών μπορούν να εικονικοποιηθούν όπως οι φυσικοί εξυπηρετητές μπορούν να παράγουν στιγμιότυπα εικονικών εξυπηρετητών. Η εικονικοποίηση αποθήκευσης είναι η συγχώνευση πολλαπλών συσκευών αποθήκευσης δικτύου ώστε να φαίνονται σαν μια ενιαία μονάδα αποθήκευσης. Η εικονικοποίηση αποθήκευσης συνήθως υλοποιείται μέσω εφαρμογών λογισμικού και χρησιμοποιείται συχνά σε δίκτυα αποθήκευσης (SAN), ένα δευτερεύον δίκτυο υψηλής ταχύτητας συσκευών κοινής αποθήκευσης και καθιστά ευκολότερες τις εργασίες αρχειοθέτησης, δημιουργίας αντιγράφων ασφαλείας και ανάκτησης.

1.4 Τεχνολογία Web

Λόγω της θεμελιώδους εξάρτησης του υπολογιστικού νέφους από το διαδίκτυο, η τεχνολογία Web χρησιμοποιείται τόσο ως μέσο υλοποίησης όσο και ως διεπαφή διαχείρισης για υπηρεσίες νέφους.

1.5 Τεχνολογία Πολλαπλής Μίσθωσης

Η σχεδίαση της εφαρμογής πολλαπλής μίσθωσης σχεδιάστηκε για να επιτρέπει σε πολλαπλούς χρήστες - μισθωτές να προσπελούν την ίδια εφαρμογή ταυτόχρονα. Κάθε μισθωτής έχει τη δική του άποψη της εφαρμογής που διαχειρίζεται, χρησιμοποιεί και προσαρμόζει ως ένα αποκλειστικό στιγμιότυπο του λογισμικού ενώ δεν γνωρίζει για άλλους μισθωτές που χρησιμοποιούν την ίδια εφαρμογή.

1.6 Τεχνολογία Υπηρεσίας

Η τεχνολογία της Υπηρεσίας είναι ένα βασικό θεμέλιο του υπολογιστικού νέφους που αποτέλεσε τη βάση των μοντέλων παράδοσης νέφους " ως υπηρεσία".

1.7 Συστάδα Πόρων (Resource Cluster)

Ο μηχανισμός συστάδας πόρων χρησιμοποιείται για να ομαδοποιεί πολλαπλά στιγμιότυπα πόρων ΤΠ, ώστε να μπορούν να λειτουργήσουν σαν ένα μόνο πόρος ΤΠ. Αυτό αυξάνει τη δυναμικότητα υπολογιστικής, την εξισορρόπηση φορτίου και τη διαθεσιμότητα πόρων ΤΠ.

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι clusters αναφέρονται στα εξής :

Συστάδα εξυπηρετητών : Φυσικοί ή εικονικοί εξυπηρετητές συσταδοποιούνται για να αυξηθεί η απόδοση και η διαθεσιμότητα. Hypervisors που εκτελούνται σε διαφορετικούς φυσικούς εξυπηρετητές μπορούν να συγκροτηθούν και να δημιουργήσουν συστάδα εικονικών εξυπηρετητών. Σε αυτή την περίπτωση που απαιτείται οι φυσικοί εξυπηρετητές να έχουν πρόσβαση σε διαμοιρασμένη αποθήκευση, οι εικονικοί servers μπορούν να μεταναστεύουν εν λειτουργία από ένα φυσικό server σε ένα άλλο, κυρίως σε υπερφόρτωση ή σε περίπτωση αστοχίας του server.

Συστάδα βάσεων δεδομένων : Αυτή η συστάδα που έχει σχεδιαστεί για να βελτιώνει τη διαθεσιμότητα δεδομένων , διαθέτει ένα χαρακτηριστικό συγχρονισμού για να διατηρεί τη συνέπεια των δεδομένων, που βρίσκονται αποθηκευμένα σε διαφορετικές συσκευές αποθήκευσης, οι οποίες χρησιμοποιούνται μέσα στη συστάδα.

Υπάρχουν επίσης δύο βασικοί τύποι cluster resources :

Συστάδα εξισορροπημένου φορτίου : Αυτό αναφέρεται στη διανομή φόρτων εργασίας ανάμεσα στους κόμβους της συστάδας, ώστε να αυξηθεί η δυναμικότητα του πόρου ΤΠ και υλοποιείται μέσω ενός μηχανισμού εξισορρόπησης φορτίου που είτε ενσωματώνεται μέσα στην πλατφόρμα διαχείρισης του cluster, είτε διαμορφώνεται ως ξεχωριστός πόρος ΤΠ.

Συστάδα Υψηλής διαθεσιμότητας : Αυτό αναφέρεται στη διαθεσιμότητα του συστήματος στην περίπτωση αστοχιών των κόμβων, όπου υλοποιείται ένα σύστημα μεταγωγής που εποπτεύει τις συνθήκες αστοχίας και ανακατευθύνει αυτόματα το φόρτο εργασίας από τους κόμβους που έχουν αστοχήσει.

1.8 Αρχιτεκτονικά μοντέλα νέφους

Παρακάτω θα περιγράψουμε μερικά από τα πιο θεμελιώδη αρχιτεκτονικά μοντέλα νέφους, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη δημιουργία ενός cloud based environment.

❖ *Αρχιτεκτονική Διανομής Φόρτου (workload distribution architecture)*

Οι πόροι ΤΠ κλιμακώνονται οριζόντια μέσω της προσθήκης ενός ή περισσότερων ίδιων πόρων ΤΠ μέσω ενός εξισορροπητή φορτίου (workload balancer), ο οποίος κατανέμει ομοιόμορφα το φόρτο εργασίας μεταξύ των διαθέσιμων πόρων ΤΠ. Ανάλογα των αλγορίθμων εξισορρόπησης φορτίου που χρησιμοποιείται, μειώνεται η υποχρησιμοποίηση καθώς και η υπερχρησιμοποίηση πόρων ΤΠ. Η κατανομή φόρτου εργασίας γίνεται για να υποστηρίξει κατανεμημένους εικονικούς εξυπηρετητές, συσκευές αποθήκευσης νέφους και υπηρεσίες νέφους.

❖ *Αρχιτεκτονική Δυναμικής Κλιμάκωσης (dynamic scalability architecture)*

Το συγκεκριμένο μοντέλο αφορά ένα σύστημα προκαθορισμένων συνθηκών κλιμάκωσης που ενεργοποιούν τη δυναμική κατανομή πόρων από δεξαμενές πόρων. Μέσω ενός αυτοματοποιημένου ακροατή κλιμάκωσης προστίθενται νέοι πόροι ΤΠ για την επεξεργασία του φόρτου εργασίας. Υπάρχουν κυρίως οι εξής τύποι δυναμικής κλιμάκωσης :

Δυναμική Οριζόντια Κλιμάκωση : Στιγμιότυπα πόρων ΤΠ αυξάνονται οριζόντια (scale out) ή μειώνονται οριζόντια (scale in), για να γίνει ο χειρισμός του κυμαινόμενου φόρτου εργασίας.

Δυναμική Κατακόρυφη Κλιμάκωση : Στιγμιότυπα πόρων ΤΠ μεγεθύνονται (scale up) ή σμικρύνονται (scale down), για να προσαρμοστεί η δυναμικότητα επεξεργασίας ενός πόρου ΤΠ, π.χ. σε ένα εικονικό εξυπηρετητή που υπερφορτώνεται μπορεί να προστεθεί δυναμικά μνήμη ή πυρήνας επεξεργασίας.

Δυναμική Μετεγκατάσταση : Ο πόρος τΠ μετεγκαθίσταται σε ένα σύστημα φιλοξενίας με περισσότερη δυναμικότητα.

❖ *Αρχιτεκτονική Εξισορρόπησης Φόρτου Υπηρεσίας (service load balancing architecture)*

Αφορά ειδικότερα τις υπηρεσίες νέφους, όπου μέσω ενός συστήματος εξισορρόπησης φορτίου κατανέμεται δυναμικά ο φόρτος εργασίας. Ο εξισορροπητής φορτίου τοποθετείται είτε ανεξάρτητα από τις υπηρεσίες νέφους και τους εικονικούς εξυπηρετητές, είτε ενσωματωμένος ως τμήμα του περιβάλλοντος της εφαρμογής ή του εξυπηρετητή.

❖ *Αρχιτεκτονική Συσταδοποίησης Hypervisor (Hypervisor clustering architecture)*

Οι Hypervisors είναι υπεύθυνοι για τη δημιουργία και τη φιλοξενία πολλαπλών virtual machines. Έτσι λοιπόν τυχόν αστοχίες που αφορούν ένα Hypervisor μπορεί να επηρεάσει και γειτονικά virtual machines. Στα πλαίσια αυτού του μοντέλου δημιουργείται μία υψηλής διαθεσιμότητας συστάδα Hypervisors (High availability clustering) επάνω σε πολλαπλούς φυσικούς servers. Αν ένας hypervisor ή ο φυσικός server δεν είναι διαθέσιμος, οι φιλοξενούμενοι εικονικοί εξυπηρετητές μπορούν να μεταφερθούν σε άλλο φυσικό εξυπηρετητή ή Hypervisor, ώστε να διατηρηθούν οι λειτουργίες χρόνου εκτέλεσης. Το Hypervisors clustering ελέγχεται από ένα κεντρικό VIM που στέλνει σε τακτά χρονικά διαστήματα μηνύματα καρδιακού παλμού (heartbeats) στους Hypervisors για να επιβεβαιώσει ότι είναι ενεργοί και βρίσκονται σε λειτουργία. Heartbeats που δεν επιβεβαιώνονται κάνουν τον VIM να εκκινήσει το πρόγραμμα μετανάστευσης ώστε να μεταφέρει τους επηρεασμένους virtual servers σε άλλον φυσικό εξυπηρετητή. Το Hypervisors Clustering χρησιμοποιεί μία διαμοιρασμένη συσκευή αποθήκευσης νέφους για να μεταφέρει εν λειτουργία εικονικούς εξυπηρετητές.

❖ *Αρχιτεκτονική Στιγμιότυπων Εικονικού Εξυπηρετητή με εξισορροπημένο Φορτίο (load balanced virtual server instances architecture)*

Ένας φυσικός εξυπηρετητής μπορεί να φιλοξενεί περισσότερους εικονικούς εξυπηρετητές ή να δέχεται μεγαλύτερο φόρτο εργασίας από τους γειτονικούς του φυσικούς εξυπηρετητές. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα απόδοσης ή σε συνεχή σπατάλη πόρων. Η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική εγκαθιδρύει ένα σύστημα επιτήρησης δυναμικότητας που υπολογίζει δυναμικά τα στιγμιότυπα των virtual machines και τους σχετικούς φόρτους εργασίας, πριν να καταλείψει την επεξεργασία

στους διαθέσιμους φυσικούς servers. Το σύστημα επιτήρησης δυναμικότητας αποτελείται από ένα επόπτη επιτήρησης χρησιμοποίησης νέφους, το πρόγραμμα μετανάστευσης VM και ένα συντονιστή δυναμικότητας. Ο επόπτης δυναμικότητας παρακολουθεί τη χρησιμοποίηση φυσικών και εικονικών εξυπηρετητών και αναφέρει τυχόν αυξομειώσεις στο συντονιστή δυναμικότητας που είναι υπεύθυνος για τον υπολογισμό της υπολογιστικής δυναμικότητας του φυσικού server σε σύγκριση με τις απαιτήσεις του εικονικού server. Αν ο συντονιστής δυναμικότητας αποφασίσει να μεταφέρει ένα virtual machine σε άλλο φυσικό server, προκειμένου να καταναίμει το φόρτο εργασίας, το πρόγραμμα μετανάστευσης VM ειδοποιείται να μεταφέρει το virtual machine.

2. Αρχιτεκτονική Υψηλής διαθεσιμότητας (High Availability Architecture)

Με την αυξημένη πλέον ζήτηση αξιόπιστων και αποδοτικών υποδομών , που έχουν σχεδιαστεί για την εξυπηρέτηση κρίσιμων συστημάτων ,οι όροι επεκτασιμότητα και υψηλή διαθεσιμότητα δεν θα μπορούσαν να είναι πιο δημοφιλή. Ενώ ο χειρισμός αυξημένου φορτίου του συστήματος είναι ένα κοινό μέλημα, η μείωση του χρόνου διακοπής και η εξάλειψη των απλών σημείων αποτυχίας είναι εξίσου σημαντικές.

Η απάντηση στο πρόβλημα είναι η χρήση της αρχιτεκτονικής Υψηλής Διαθεσιμότητας (HA). Ο όρος διαθεσιμότητα χρησιμοποιείται για να περιγράψει την χρονική περίοδο κατά την οποία μία υπηρεσία είναι διαθέσιμη, καθώς και ο χρόνος που απαιτείται από ένα σύστημα για να ανταποκριθεί σε ένα αίτημα του χρήστη. Η υψηλή διαθεσιμότητα αναφέρεται στην ποιότητα ενός συστήματος ή ενός στοιχείου που εξασφαλίζει ένα υψηλό επίπεδο απόδοσης λειτουργίας για μια δεδομένη χρονική περίοδο – *«High availability is a characteristic of a system, which aims to ensure an agreed level of operational performance, usually uptime, for a higher than normal period»*.

Υπάρχουν πολλά στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη προσεκτικά για την εφαρμογή της υψηλής διαθεσιμότητας στην πράξη. Πολύ περισσότερο από μια εφαρμογή λογισμικού, η υψηλή διαθεσιμότητα εξαρτάται από παράγοντες όπως:

Περιβάλλον: Εάν όλοι οι servers βρίσκονται στο ίδιο γεωγραφικό σημείο, μια περιβαλλοντική κατάσταση, όπως ένας σεισμός ή μια πλημμύρα, θα μπορούσε να καταστρέψει ολόκληρο το σύστημά σας. Η ύπαρξη πλεοναζόντων διακομιστών σε διαφορετικά κέντρα δεδομένων και γεωγραφικές περιοχές θα αυξήσει την αξιοπιστία τους.

Υλικό: Οι υψηλής διαθεσιμότητας servers πρέπει να είναι ανθεκτικοί σε διακοπές λειτουργίας και σε αποτυχίες υλικού, συμπεριλαμβανομένων των σκληρών δίσκων και των διεπαφών δικτύου.

Λογισμικό: Ολόκληρο το λογισμικό, συμπεριλαμβανομένου του λειτουργικού συστήματος αλλά και της ίδιας της εφαρμογής, πρέπει να είναι προετοιμασμένο για τον χειρισμό απροσδόκητης αποτυχίας, η οποία θα μπορούσε για παράδειγμα να απαιτήσει επανεκκίνηση του συστήματος.

Δεδομένα: η απώλεια δεδομένων και η ασυνέπεια μπορούν να προκληθούν από διάφορους παράγοντες που δεν περιορίζονται σε αποτυχίες του σκληρού δίσκου. Υψηλά διαθέσιμα συστήματα πρέπει να λογοδοτούν για την ασφάλεια των δεδομένων σε περίπτωση βλάβης.

Δίκτυο: Οι μη προγραμματισμένες διακοπές του δικτύου αντιπροσωπεύουν ένα άλλο πιθανό σημείο αποτυχίας για τα υψηλής διαθεσιμότητας συστήματα. Είναι σημαντικό να υπάρχει μία πλεονάζουσα στρατηγική δικτύου για πιθανές αποτυχίες.

2.1 High-Availability Clusters

Τα Clusters υψηλής διαθεσιμότητας είναι ομάδες υπολογιστών που υποστηρίζουν εφαρμογές διακομιστών και που μπορούν να αξιοποιηθούν αξιόπιστα με ελάχιστο χρόνο διακοπής. Λειτουργούν χρησιμοποιώντας λογισμικό υψηλής διαθεσιμότητας. Χωρίς clustering, εάν διακοπεί ένας διακομιστής που εκτελεί μια συγκεκριμένη εφαρμογή, η εφαρμογή δεν θα είναι διαθέσιμη μέχρι να επιδιορθωθεί ο διακομιστής που έχει κολλήσει. Το HA Clustering διορθώνει αυτή την κατάσταση ανιχνεύοντας σφάλματα υλικού / λογισμικού και επανεκκινώντας αμέσως την εφαρμογή σε ένα άλλο σύστημα χωρίς να απαιτείται παρέμβαση από τον διαχειριστή,

μια διαδικασία γνωστή ως ανακατεύθυνση. Ως μέρος αυτής της διαδικασίας, το λογισμικό ομαδοποίησης μπορεί να ρυθμίσει τον κόμβο πριν ξεκινήσει η εφαρμογή πάνω του. Για παράδειγμα, ίσως χρειαστεί να εισαχθούν και να τοποθετηθούν κατάλληλα συστήματα αρχείων, ενδέχεται να χρειαστεί να ρυθμιστεί το υλικό δικτύου και ορισμένες εφαρμογές υποστήριξης ίσως χρειαστεί να λειτουργούν επίσης.

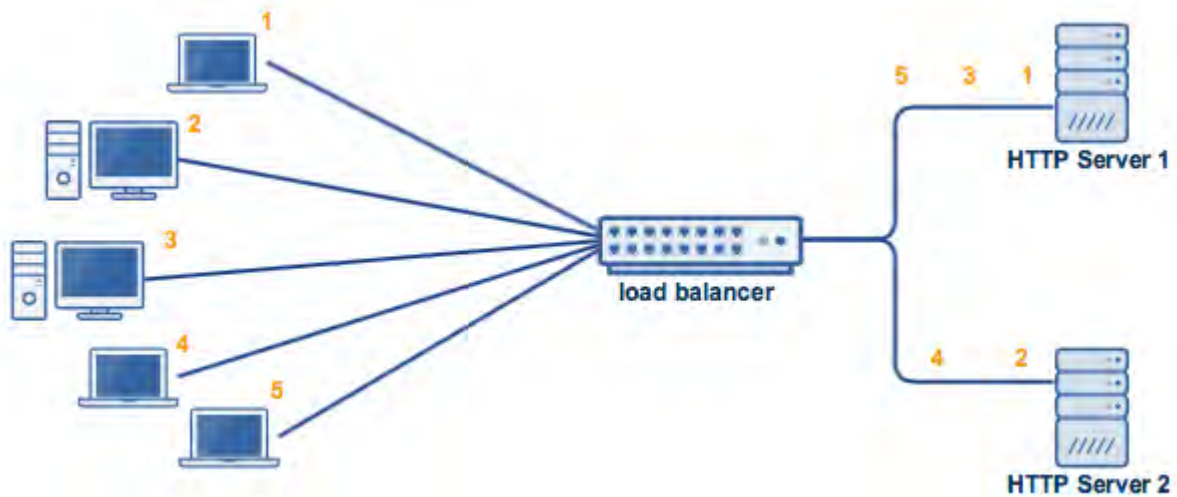
Τα HA Clustering χρησιμοποιούν συνήθως σύνδεση δικτύου **Heartbeat**, η οποία χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της κατάστασης του κάθε κόμβου στο Cluster. Μια λεπτή αλλά σοβαρή κατάσταση που πρέπει να είναι σε θέση να χειρίζεται το λογισμικό συσσωμάτωσης είναι ο διαχωρισμός του εγκεφάλου, ο οποίος συμβαίνει όταν όλοι οι ιδιωτικοί σύνδεσμοι κατεβαίνουν ταυτόχρονα, αλλά οι κόμβοι συμπλέγματος εξακολουθούν να εκτελούνται. Εάν συμβεί αυτό, κάθε κόμβος στο σύμπλεγμα μπορεί εσφαλμένα να αποφασίσει ότι κάθε άλλο κόμβος έχει πέσει κάτω και να προσπαθήσει να ξεκινήσει τις υπηρεσίες που εξακολουθούν να εκτελούνται από άλλους κόμβους. Η εμφάνιση διπλών παρουσιών υπηρεσιών ενδέχεται να προκαλέσει καταστροφή δεδομένων στην κοινόχρηστη αποθήκευση. [25][26][27]

Οι δύο πιο συνηθισμένοι τύποι HA Clustering είναι οι εξής : Active-Active και Active-Passive.

Active-Active high availability cluster

Ένα active-active cluster αποτελείται τουλάχιστον από 2 κόμβους , οι οποίοι εκτελούν ταυτόχρονα την ίδια υπηρεσία. Ο κύριος σκοπός του συγκεκριμένου Clustering αποτελεί η εξισορρόπηση φορτίου. Με την εξισορρόπηση φορτίου κατανέμονται τα φορτία εργασίας σε όλους τους κόμβους προκειμένου να αποφευχθεί ο υπερβολικός φόρτος κάθε κόμβου. Επειδή υπάρχουν περισσότεροι κόμβοι που είναι διαθέσιμοι για να εξυπηρετηθούν, αυτό έχει ως αποτέλεσμα σημαντική βελτίωση στους χρόνους απόδοσης και ανταπόκρισης.

Στο παρακάτω σχήμα υπάρχει ένας Load balancer και δύο Http Servers. Τα αιτήματα των χρηστών προς την Web εφαρμογή τα διαχειρίζεται ο Load Balancer που, μέσω ενός συγκεκριμένου αλγορίθμου, κατευθύνει αυτά σε οποιοδήποτε από τους δύο servers.

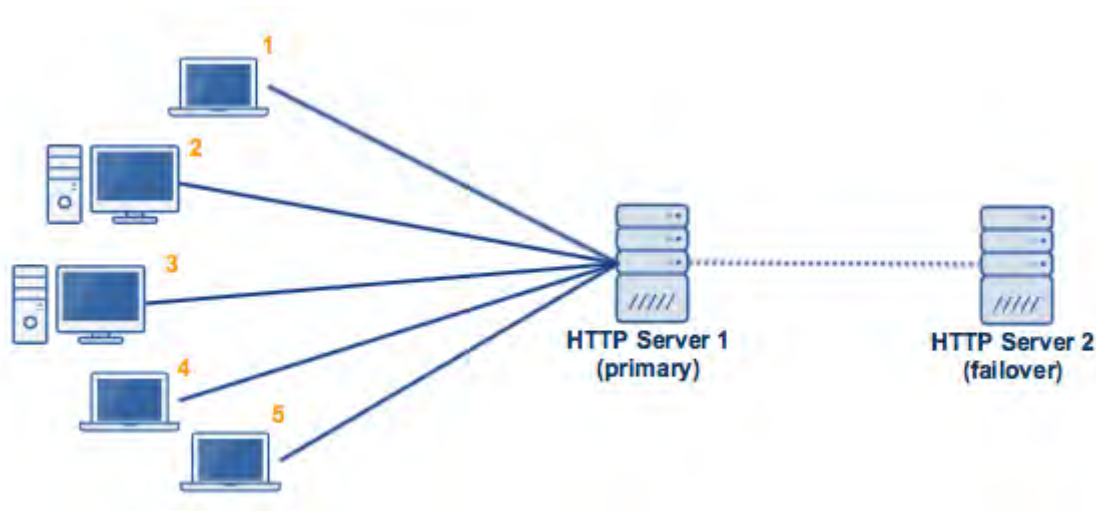


Σχήμα 12

Active-Active high availability cluster

Active-Passive high availability cluster

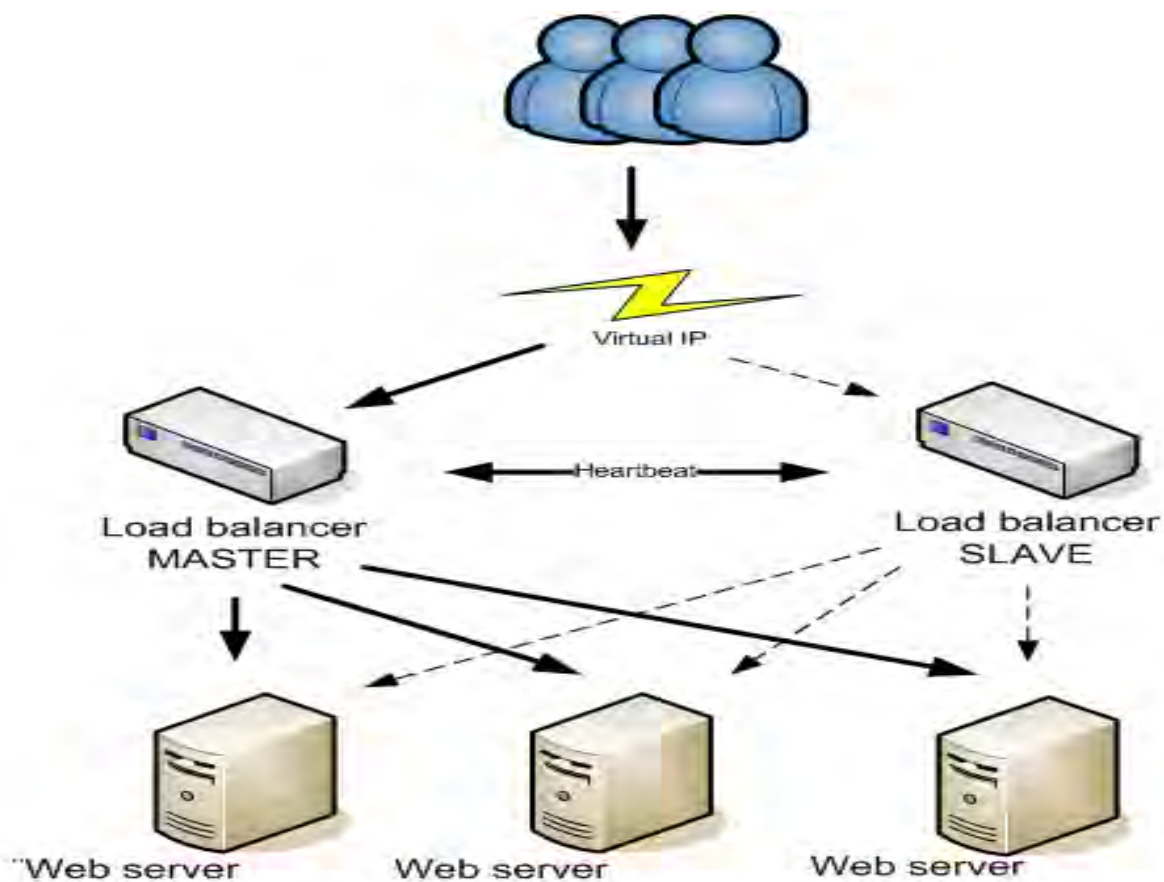
Όπως και στο παραπάνω σχήμα υπάρχουν τουλάχιστον δύο servers, αλλά όπως δηλώνει και το όνομα, ένας από τους κόμβους είναι ενεργός(active) ενώ ο άλλος είναι παθητικός (passive) ή βρίσκεται σε αναμονή (standby). Στην περίπτωση αυτή τα αιτήματα των χρηστών κατευθύνονται στον server που είναι ενεργός. Σε περίπτωση αποτυχίας του active server, ο παθητικός server αναλαμβάνει δράση.



Σχήμα 13

Active-Passive high availability cluster

Στην περίπτωση όμως του Load Balancer υπάρχει μία επιπλέον ιδιαιτερότητα. Η ανάκτηση από μια βλάβη εξισορρόπησης φορτίου σημαίνει συνήθως αποτυχία σε πλεονάζον εξισορροπητή φορτίου, πράγμα που συνεπάγεται ότι πρέπει να γίνει μια αλλαγή DNS προκειμένου να τεθεί ένα όνομα τομέα στη διεύθυνση IP του εξισορροπητή φορτιστή φορτίου. Μια τέτοια αλλαγή μπορεί να διαρκέσει αρκετό χρόνο για τη διάδοσή του στο Διαδίκτυο, γεγονός που θα μπορούσε να προκαλέσει σοβαρό χρόνο διακοπής στο σύστημα. Μία πιο αξιόπιστη λύση αποτελεί η χρησιμοποίηση **floating IPs**.



Σχήμα 14

Οι χρήστες εισέρχονται μέσω μιας εικονικής διεύθυνσης IP (virtual IP address), η οποία αντιστοιχεί σε έναν από τους δύο load balancers. Μόνο ένας από αυτούς είναι ενεργός και ο άλλος υπάρχει σε περίπτωση που ο LB master αποτύχει. Οι Load Balancers έχουν ακριβώς την ίδια παραμετροποίηση. Οι Load Balancers ανακατευθύνουν όλη την κυκλοφορία στους Servers. Στην πιο ιδανική περίπτωση η διαμόρφωση του Load Balancer λαμβάνει υπόψη τις προδιαγραφές του υλικού και εξισορροπεί ανάλογα το φορτίο[Σχήμα 14].

Το HAProxy (High Availability Proxy) αποτελεί μία συνήθης επιλογή για τη ρύθμιση του Load Balancer, καθώς μπορεί να χειριστεί την εξισορρόπηση φορτίου σε πολλαπλά επίπεδα και για διαφορετικά είδη εξυπηρετητών, συμπεριλαμβανομένων των διακομιστών βάσεων δεδομένων [27].

ΜΕΡΟΣ III

1. Χρήση ιδιωτικού υπολογιστικού νέφους από Οργανισμούς

Εάν ένας Οργανισμός προτίθεται να μεταφέρει εταιρικές διεργασίες, εφαρμογές και δεδομένα στο « υπολογιστικό νέφος », θα πρέπει πρώτα να αποφασίσει ποια υποδομή θα χρησιμοποιήσει και πώς θα φιλοξενηθούν και θα διανεμηθούν οι εφαρμογές και τα δεδομένα. Οι επιχειρήσεις που επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν το Cloud Computing έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν ένα ιδιωτικό ή δημόσιο νέφος ή ένα μείγμα των δύο με τη μορφή ενός "υβριδικού" υπολογιστικού νέφους.

Σε αντίθεση με ένα δημόσιο νέφος (Public Cloud), το οποίο εξυπηρετεί πολλούς πελάτες ταυτόχρονα και παρέχει σε όλους τους χρήστες του ένα περιορισμένο σύνολο συγκεκριμένων υπηρεσιών, κάθε ιδιωτικό σύννεφο (Private Cloud) εξυπηρετεί μόνο έναν Οργανισμό. Ένα ιδιωτικό νέφος είναι μια πλατφόρμα που ανήκει και εξυπηρετεί μόνο έναν Οργανισμό που το κατέχει, δεν μοιράζεται πόρους με άλλους χρήστες και δεν περιορίζεται από τα πρότυπα που τα δημόσια σύννεφα επιβάλλουν στους πολλούς χρήστες τους.

Πρώτα απ' όλα, ένα ιδιωτικό νέφος σχεδιάζεται αποκλειστικά για τον ιδιοκτήτη του και προσαρμόζεται με ακρίβεια και μεμονωμένα στις ανάγκες του ιδιοκτήτη του. Κανένας οργανισμός δεν μοιάζει με κάποιον άλλον και αφορά τη διάρθρωση του Οργανισμού, την αλληλεπίδραση των εσωτερικών διεργασιών ή της διαμόρφωσης του αποθηκευτικού χώρου δεδομένων - ούτε καν όταν οι οργανισμοί δραστηριοποιούνται στον ίδιο τομέα, στο ίδιο βιομηχανικό περιβάλλον και προφανώς με παρόμοιες παραμέτρους.

Μερικά από τα πιο σημαντικά οφέλη εγκατάστασης και χρήσης ιδιωτικού νέφους (Private Cloud) από τους Οργανισμούς συνοψίζονται στα εξής :

➤ **Αυξημένη Ασφάλεια (increased security)**

Η ασφάλεια ενός private cloud εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Ωστόσο, αν ο Οργανισμός διαθέτει την κατάλληλη φυσική ασφάλεια, λογισμικό προστασίας από ιούς και κανόνες για το τείχος προστασίας, είναι σίγουρο ότι τα δεδομένα του θα είναι ασφαλή. Με ένα ιδιωτικό σύννεφο, είναι γνωστό πού βρίσκονται οι διακομιστές και ότι υπάρχει η σωστή φυσική ασφάλεια και ασφάλεια δικτύου.

➤ **Μεγαλύτερη Ευελιξία (flexibility)**

Η μετάβαση από φυσικούς σε εικονικούς διακομιστές οδηγεί σε μεγαλύτερη ευελιξία. Μέσω της τεχνολογίας της εικονικοποίησης μπορείτε να ανακατανεμηθούν οι πόροι χωρίς να υπάρχει προβληματισμός για την εξεύρεση ενός φυσικού διακομιστή που θα έχει τους πόρους που χρειάζεται ο νέος διακομιστής.

➤ **Καλύτερη Διαχείριση Πόρων (resource management)**

Η εικονικοποίηση αυξάνει σημαντικά την αξία του φυσικού διακομιστή. Αντί να υπάρχουν 5 διακομιστές που χρησιμοποιούν κατά μέσο όρο 10% CPU, μπορεί μέσω virtualization να γίνει χρήση των 5 διακομιστών σε ένα φυσικό διακομιστή, που μοιράζεται τους πόρους. Αυτό μειώνει το χώρο που απαιτείται σε Rack, την κατανάλωση ενέργειας και η διαχείριση είναι ευκολότερη. Δημιουργούνται αντίγραφα των εικονικών διακομιστών, τα οποία μπορούν να εκτελούνται πολύ γρήγορα, τώρα που έχουν εικονικοποιηθεί. Με κατάλληλα εργαλεία διαχείρισης πόρων, εγκατεστημένα στο φυσικό διακομιστή, μπορούν να διατεθούν αυτομάτως οι κατάλληλοι πόροι σε ένα εικονικό διακομιστή όταν αυτό χρειάζεται ή να απενεργοποιηθούν εικονικοί διακομιστές που δεν παρουσιάζουν κανένα φόρτο εργασίας.

➤ **Καλύτερη προστασία από καταστροφές (protection against disasters)**

Οι εικονικοί διακομιστές σε συνδυασμό με SAN (Storage Area Network) επιτρέπουν την καλύτερη προστασία από ενδεχόμενες καταστροφές. Όταν συνδέεται Storage Area Network συσκευή σε ένα private cloud πετυχαίνεται η έννοια του πλεονασμού (redundancy). Όχι μόνο μπορεί να γίνει εξισορρόπηση φορτίου μεταξύ των servers, αλλάζοντας αυτόματα τους πόρους των servers, αλλά σε ένα N+1 περιβάλλον (έχοντας τουλάχιστον ένα επιπλέον Server από αυτό που είναι απαραίτητο) μπορεί να

τερματιστεί ένας Server χωρίς να υπάρξει διακοπή του χρόνου εργασίας. Για παράδειγμα μπορεί να γίνεται συντήρηση ενός διακομιστή όπως η προσθήκη επιπλέον μνήμης, ή αντικατάσταση ενός σκληρού δίσκου, ή αναβάθμιση λογισμικού χωρίς να υπάρχει διακοπή του χρόνου εργασίας. Αναβαθμίζοντας την προστασία από καταστροφές, μπορεί να υπάρχει επιπλέον ένα SAN σε άλλο κέντρο δεδομένων και με την αναπαραγωγή SAN to SAN (replication) να δημιουργείται ένα περιβάλλον Data Recovery όπου θα μπορεί να γίνει πλήρης ανάκτηση σε λιγότερο από 1 ώρα [28][29][30].

Η μετάβαση σε ένα περιβάλλον ιδιωτικού νέφους (private cloud) μπορεί να προσφέρει την κλιμάκωση, προσβασιμότητα και την ελαστικότητα στα πλαίσια της Πληροφορικής. Η τυποποίηση, η ενοποίηση και η εικονικοποίηση των υποδομών Hardware και Software μειώνει τα κόστη και βελτιώνει την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα. Η μετακίνηση εφαρμογών σε κατάλληλες πλατφόρμες Clouding, βελτιώνει τη διαθεσιμότητα και την επεκτασιμότητα [31].

2. Cloud File Sharing

Η κοινή χρήση αρχείων μέσω νέφους αφορά τη χρήση τεχνολογιών που βασίζονται στον υπολογιστικό νέφος με σκοπό την κοινή χρήση αρχείων μεταξύ διαφορετικών χρηστών. Ο διαμοιρασμός αρχείων βασισμένο στην τεχνολογία Cloud λειτουργεί χρησιμοποιώντας την υπηρεσία διαμοιρασμού αρχείων, όπου αρχεία μεταφορτώνονται (upload) και αποθηκεύονται σε διακομιστές του παρόχου Cloud και μπορεί ο χρήστης να έχει πρόσβαση σε αυτά μέσω του διαδικτύου [32].

Η κοινή χρήση αρχείων βασισμένο στο υπολογιστικό νέφος κερδίζει πλέον σε δημοτικότητα. Είτε ο Cloud-based διαμοιρασμός αρχείων χρησιμοποιείται ως μία εναλλακτική λύση backup, είτε σε μικρές και μεσαίου μεγέθους επιχειρήσεις που θέλουν να δώσουν στους εργαζόμενους την ευέλικτη προσβασιμότητα σε αρχεία. Είναι σαφές πλέον ότι αυτή η τεχνολογία αποτελεί πόλο έλξης ως επιχειρηματικό εργαλείο.

Παρακάτω θα περιγράψουμε κάποιες από τις πιο γνωστές εκδόσεις File Sharing που κυκλοφορούν.

2.1 Seafile

Το Seafile είναι ένα σύστημα αποθήκευσης ανοιχτού κώδικα με προηγμένα χαρακτηριστικά όσον αφορά το συγχρονισμό αρχείων, την προστασία του ιδιωτικού απορρήτου και την ομαδική εργασία. Το SeaFile επιτρέπει την οργάνωση των αρχείων σε βιβλιοθήκες. Με τον τρόπο αυτό, οι χρήστες μπορούν να διαμοιραστούν μεταξύ τους (μα και με ομάδες) τα αρχεία αυτών των βιβλιοθηκών. Μπορούν ακόμη να επιλέξουν να συγχρονίσουν την κάθε βιβλιοθήκη ώστε να μπορούν να την έχουν σε οποιαδήποτε συσκευή. Συν των άλλων, δίνεται η δυνατότητα να επεξεργαστούν και να σχολιάσουν τα αρχεία online (όταν δηλαδή είναι συνδεδεμένοι στο διαδίκτυο). Με το SeaFile μπορούν να στέλνουν μηνύματα, να συζητούν ομαδικά, να κοινοποιούν τις δραστηριότητες και τις εκδόσεις των αρχείων τους και φυσικά να έχουν πρόσβαση στα αρχεία από τις φορητές συσκευές τους.

Μια βιβλιοθήκη μπορεί να κρυπτογραφηθεί με έναν κωδικό πρόσβασης που έχει επιλέξει ο χρήστης. Αυτός ο κωδικός πρόσβασης δεν αποθηκεύεται στον διακομιστή, οπότε ακόμη και ο διαχειριστής του διακομιστή δεν μπορεί να δει τα περιεχόμενα ενός αρχείου.

❖ *Χαρακτηριστικά του Seafile*

- **Συγχρονισμός αρχείων (Cross Platform File Syncing)**

Το Seafile οργανώνει τα αρχεία μέσα στις λεγόμενες βιβλιοθήκες. Κάθε βιβλιοθήκη μπορεί να συγχρονιστεί με οποιοδήποτε επιτραπέζιο υπολογιστή, με λειτουργικό σύστημα Windows, Mac και Linux. Επίσης οι χρήστες μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση μέσω μιας λειτουργίας που ονομάζεται "browser cloud file". Το Seafile προσφέρει μια εκπληκτική απόδοση στον συγχρονισμό αρχείων. Δεκάδες χιλιάδες μικρά αρχεία μπορούν να συγχρονιστούν σε ένα λεπτό.

- Πρόσβαση στα αρχεία μέσω κινητού (Mobile File Access)

Υπάρχει πρόσβαση στα αρχεία μέσω εφαρμογών mobile-client σε περιβάλλον Android και iOS.

- Seafile Drive client

Το Seafile Drive client επιτρέπει στους χρήστες να επεκτείνουν τον τοπικό χώρο στο δίσκο με την τεράστια χωρητικότητα αποθήκευσης του εξυπηρετητή Seafile δημιουργώντας μία αντιστοίχιση δίσκου στο διακομιστή Seafile ως εικονική μονάδα δίσκου. Ο χρήστης μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση σε όλα τα αρχεία του διακομιστή Seafile αμέσως, χωρίς να τα συγχρονίσει.

- Κοινή χρήση αρχείων και έλεγχος δικαιωμάτων (File Sharing and Permission Control)

Οι βιβλιοθήκες και οι φάκελοι μπορούν να μοιράζονται σε χρήστες ή ομάδες, με δικαιώματα ανάγνωσης ή ανάγνωσης και εγγραφής. Πιο λεπτομερή δικαιώματα μπορούν να οριστούν σε υποφακέλους μέσα στον κοινόχρηστο φάκελο. Τα αρχεία μπορούν να μοιράζονται σε εξωτερικούς χρήστες μέσω συνδέσμων. Οι σύνδεσμοι κοινής χρήσης μπορούν να προστατευθούν με κωδικούς πρόσβασης και υποστηρίζουν τον καθορισμό ημερομηνία λήξης.

- Έκδοση αρχείων και στιγμιότυπα (File Versioning and Snapshot)

Το Seafile διατηρεί εκδόσεις για τα αρχεία και στιγμιότυπα για φακέλους. Οι χρήστες μπορούν εύκολα να επαναφέρουν ένα αρχείο ή ένα φάκελο σε μία προηγούμενη έκδοση. Τα στιγμιότυπα για τους φακέλους είναι ένας εύχρηστος τρόπος για την προστασία των αρχείων από τα ransomware. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία αποπλήρωσης, οι εκδόσεις αρχείων διατηρούνται με αποτελεσματικό τρόπο με μειωμένη κατοχή αποθήκευσης.

- Κλείδωμα αρχείου (File locking)

Το Seafile υποστηρίζει το κλείδωμα αρχείων για να αποτρέψει ταυτόχρονη επεξεργασία αρχείων και δημιουργία αρχείων διενέξεων.

- Ασφάλεια και κρυπτογράφηση (Security and Encryption)

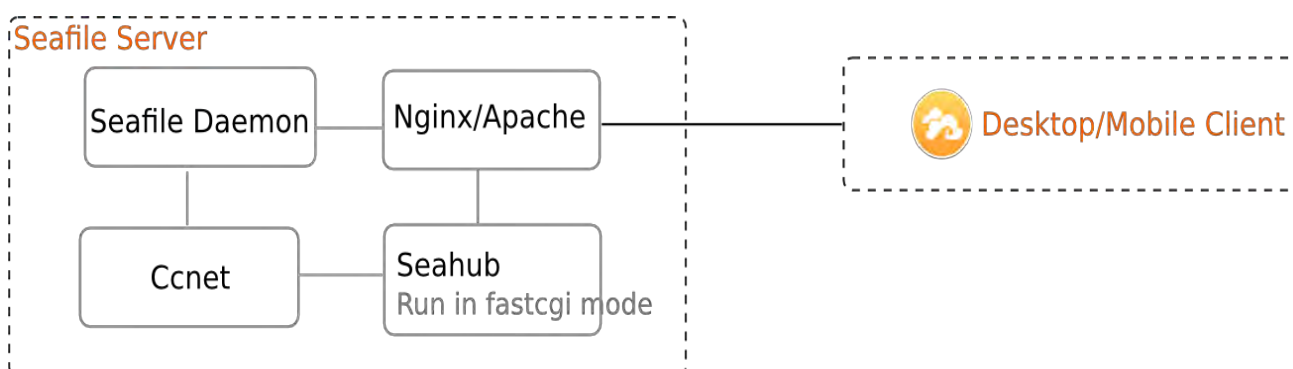
Το Seafile υποστηρίζει κρυπτογράφηση από άκρο σε άκρο από την πλευρά του πελάτη για την προστασία των δεδομένων, κάτι που αποτελεί μοναδικό χαρακτηριστικό που σπανίως υπάρχει σε άλλες λύσεις, καθώς επίσης και επιπλέον :

Έλεγχος ταυτότητας, κρυπτογράφηση δεδομένων από την πλευρά του διακομιστή, οι μεταφορές δεδομένων προστατεύονται από το πρωτόκολλο HTTPS / TLS, ανίχνευση ιών στα αρχεία, αμέσως ανιχνεύεται ιός στα αρχεία που μεταφορτώνονται μέσω συνδέσμων κοινής χρήσης. [33]

Οργανισμοί ή Επιχειρήσεις που διατηρούν μεγάλο όγκο δεδομένων και απαιτούν ιδιωτικότητα και ασφάλεια επιλέγουν να αναπτύξουν το δικό τους **Seafile Server**.

Ο Seafile Server αποτελείται από τα εξής στοιχεία (Σχήμα 15) :

- i) **Seahub** (django) : Αποτελεί το τμήμα εκείνο που προσφέρει την ιστοσελίδα του Seafile Server χρησιμοποιώντας HTTP server gunicorn. Συνιστάται βέβαια να ρυθμίζεται να τρέχει πίσω από Nginx or Apache Web Server.
- ii) **Seafile server** (seaf-server): Αποτελεί την υπηρεσία που διαχειρίζεται το upload, download και το συγχρονισμό των αρχείων.
- iii) **Ccnet server** (ccnet-server) : Αποτελεί την υπηρεσία που διαχειρίζεται την επικοινωνία μεταξύ των άλλων στοιχείων.



Σχήμα 15

Η πρόσβαση στην υπηρεσία Seafile Server μπορεί να παραμετροποιηθεί μέσω Nginx ή Apache Web Server. Έτσι όλη η κυκλοφορία μπορεί να είναι κρυπτογραφημένη μέσω του πρωτοκόλλου HTTPS. [34]

Προκειμένου μία Επιχείρηση ή Οργανισμός να πετύχει υψηλή διαθεσιμότητα, κλιμάκωση και εξισορρόπηση φορτίου, θα πρέπει να προχωρήσει στην εγκατάσταση της έκδοσης Seafiler Pro Server, που υποστηρίζει αυτά τα χαρακτηριστικά και υλοποιείται με τη μορφή Seafiler Cluster.

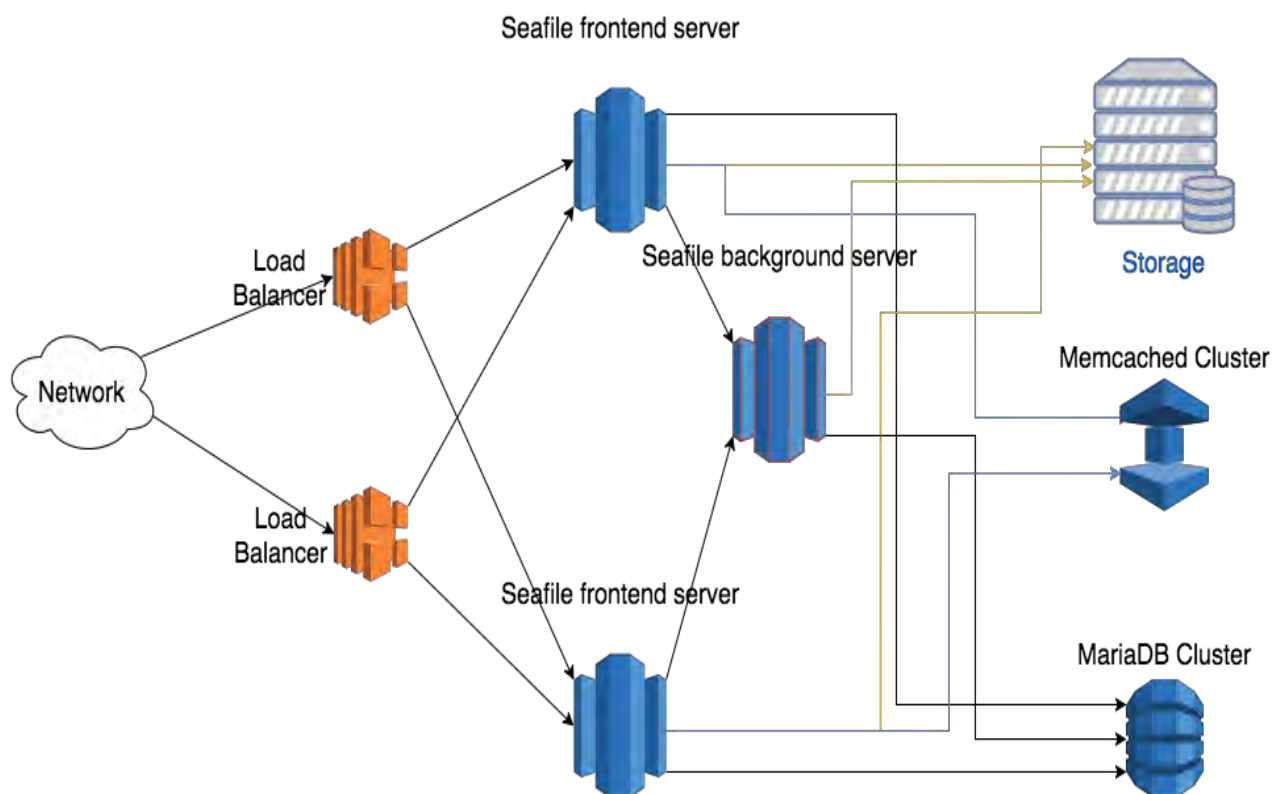
Η λύση Seafiler Cluster αναπτύσσεται σε τρία επίπεδα :

- Εξισορρόπηση Φορτίου (Load Balancer) : Αναπτύσσοντας πολλαπλά στιγμιότυπα Load balancer πετυχαίνεται υψηλή διαθεσιμότητα (HA) και η εισερχόμενη κίνηση κατανέμεται στους διακομιστές Seafiler.

- Seafiler Server Cluster : Αναπτύσσεται ένα cluster από στιγμιότυπα διακομιστών Seafiler. Εάν ένα στιγμιότυπο αποτύχει τότε ο Load Balancer θα σταματήσει την κυκλοφορία σε αυτό και θα την κατανείμει σε άλλο Seafiler Server. Έτσι πετυχαίνεται πάλι υψηλή διαθεσιμότητα.

Backend Storage : Υποστηρίζει Cluster κατανεμημένου αποθηκευτικού χώρου όπως για παράδειγμα S3, Openstack Swift ή Ceph.

Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 16 η αρχιτεκτονική ανάπτυξης υποστηρίζει την οριζόντια κλιμάκωση και προσθέτοντας επιπλέον πόρους ΤΠ μπορεί να διαχειριστεί την αύξηση της κυκλοφορίας. [35]



Σχήμα 16

2.2 OwnCloud

Το OwnCloud είναι ένα ανοικτού κώδικα λογισμικό για κοινή χρήση και συγχρονισμό αρχείων που μπορούν όλοι να το χρησιμοποιήσουν δωρεάν μέσω της έκδοσης OwnCloud Server ή μεγάλες Επιχειρήσεις και Οργανισμοί πληρώνοντας συνδρομή μέσω της έκδοσης OwnCloud Enterprise.

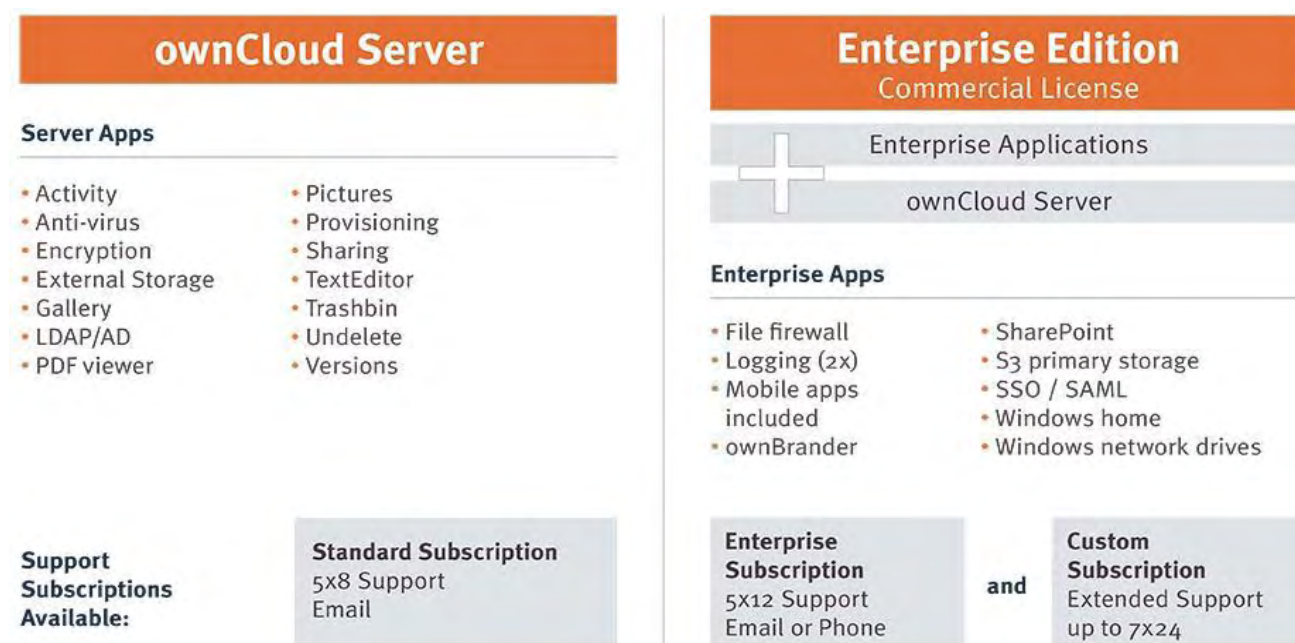
Η συγκεκριμένη πλατφόρμα δημιουργήθηκε από τον Frank Karlitschek το 2010, ο οποίος ήθελε να αναπτύξει μια ελεύθερη εναλλακτική λύση απέναντι στις εμπορικές λύσεις υπηρεσιών αποθήκευσης δεδομένων (storage service providers).

Το λογισμικό ανοικτού κώδικα (open source) που προσφέρεται είναι το OwnCloud Server και προορίζεται για ιδιώτες και μικρές επιχειρήσεις που θέλουν να τρέξουν το δικό τους Server. Μια μεγάλη κοινότητα αναπτύχθηκε γρήγορα γύρω από

το Open Source λογισμικό και έχει αναπτύξει πολλές επεκτάσεις και εφαρμογές ειδικά για αυτή τη βάση χρηστών. Με αυτές τις εφαρμογές μπορούν όχι μόνο να μοιράζονται δεδομένα, αλλά και φωτογραφίες, επαφές, ημερομηνίες και σελιδοδείκτες με άλλους χρήστες.

Η έκδοση ownCloud Standard edition περιλαμβάνει όχι μόνο το OwnCloud Server αλλά και πρόσθετες εφαρμογές ((Activities, Anti-Virus, Encryption, External Storage, LDAP/AD, PDF Viewers, Pictures, Sharing, Provisioning, Text Editor, Trash Bin, and Versioning)

Για Επιχειρήσεις ή Οργανισμούς που έχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις από άποψη λογισμικού και ενσωμάτωση με υπάρχουσα υποδομή έχει αναπτυχθεί η έκδοση OwnCloud Enterprise Edition, που αποτελείται από τον OwnCloud server αλλά και από επιπλέον χαρακτηριστικά όπως Files Drop, File Firewall, SharePoint, Windows Home and Windows Network Drives, S3 Primary Storage, Logging and SSO/SAML, mobile Apps για iOS and Android. [36] [Σχήμα 17]



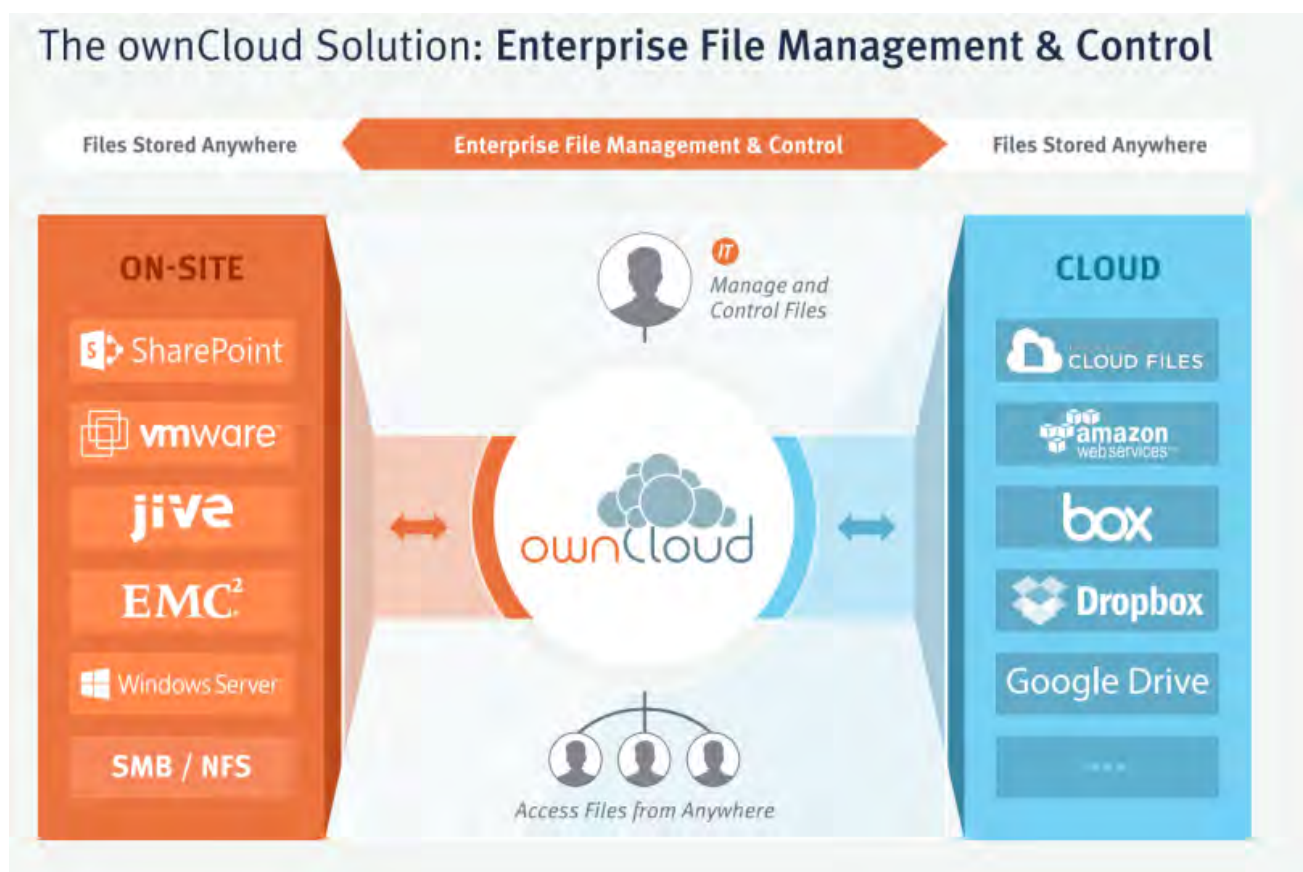
Σχήμα 17

Επισκόπηση των εκδόσεων ownCloud

2.2.1 Θεμελιώδη χαρακτηριστικά του OwnCloud

❖ *ownCloud Universal File Access*

Τα αρχεία μπορούν να αποθηκευτούν στον ίδιο OwnCloud Server, όπως σε άλλους παρόχους Clouding, ενώ επιπλέον υπάρχει πρόσβαση σε εξωτερικό αποθηκευτικό χώρο μέσω του OwnCloud. Υποστηρίζονται αποθηκευτικοί χώροι όπως FTP-Server, Amazon S3, Google Drive, Dropbox, WebDAV Server ή στην Enterprise Έκδοση SharePoint Server οή Windows Network Drives. [Σχήμα 18]



Σχήμα 18

Επισκόπηση των αποθηκευτικών μέσων που υποστηρίζει το ownCloud

❖ ***Synchronization, Offline-Availability and mobile access***

Ο χρήστης έχει πολλαπλές επιλογές για πρόσβαση στο OwnCloud :

- Desktop clients : Τα προγράμματα χρήστη είναι διαθέσιμα για Windows, Mac OSX και Linux και επιτρέπουν στους χρήστες να κάνουν κοινή χρήση και συγχρονισμό αρχείων.
- Web browser : Μέσω browser αρχεία μεταφορτώνονται προς και από τον ownCloud server, παρέχοντας και τη δυνατότητα της έκδοσης αρχείων στις περιπτώσεις που μεταφορτώνονται αρχεία με την ίδια ονομασία.
- Mobile Access : Μέσω εφαρμογών iOS και Android υπάρχει πρόσβαση στα αρχεία από κινητά τηλέφωνα και tablets.

❖ ***Control over Files and Access***

Οι διαχειριστές μπορούν να ορίσουν διαφορετικούς κανόνες σχετικά με την πρόσβαση των χρηστών στα αρχεία.

❖ ***File Firewall***

Αποτελεί ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό του OwnCloud Server με το οποίο οι διαχειριστές μπορούν να ασφαλίσουν τη μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση.

❖ ***Server-side Encryption***

Οι διαχειριστές μπορούν να επιτύχουν μεγαλύτερη ασφάλεια κρυπτογραφώντας τα αρχεία που βρίσκονται στον server μέσω της πρόσθετης εφαρμογής Encryption.

❖ ***Federated Cloud Sharing***

Χρήστες μιας εγκατάστασης Owncloud μπορούν να μοιραστούν και να ανταλλάξουν αρχεία με χρήστες άλλων εγκαταστάσεων ownCloud.

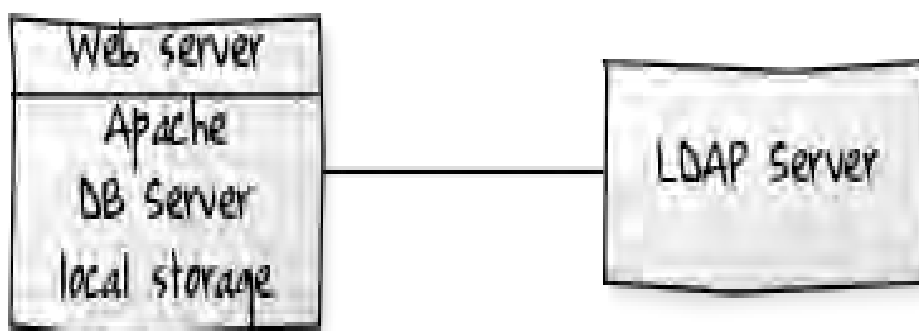
❖ ***SharePoint Integration***

Οι βιβλιοθήκες SharePoint έχουν ενσωματωθεί στο περιβάλλον του OwnCloud ως πρόσθετος αποθηκευτικός χώρος και οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση και να συγχρονίσουν αρχεία sharepoints μέσω του OwnCloud Server [37].

2.2.2 Υλοποίηση OwnCloud περιβάλλοντος

Ο ιδανικός τρόπος για να εγκατασταθεί και να αναπτυχθεί ένα OwnCloud περιβάλλον εξαρτάται από τις ανάγκες που έχει ο κάθε Οργανισμός και την υποδομή πόρων που έχει.

- Για την εξυπηρέτηση μέχρι 100 χρήστες και για απαιτούμενο αποθηκευτικό χώρο από 100 GB έως 10 TB η προτεινόμενη εγκατάσταση φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 19 και αφορά :



Σχήμα 19

Σε ένα φυσικό διακομιστή (με τουλάχιστον 2 CPU cores, 16GB RAM και ικανοποιητικό αποθηκευτικό χώρο) γίνεται εγκατάσταση του Application Server (OwnCloud standard edition), Web Server(Apache), Database Server (MySQL/MariaDB). Πιστοποίηση χρηστών μπορεί να γίνει μέσω LDAP ή Active Directory Servers [38].

- Για την εξυπηρέτηση από 150 έως 1000 χρήστες, με απαίτηση αποθηκευτικού χώρου έως 200 TB, όπου σκοπός αποτελεί η επίτευξη υψηλής διαθεσιμότητας και εξισορρόπησης φορτίου οι συνιστώμενες απαιτήσεις συστήματος για την ανάπτυξη του αντίστοιχου περιβάλλοντος ownCloud περιλαμβάνουν (Σχήμα 20) :

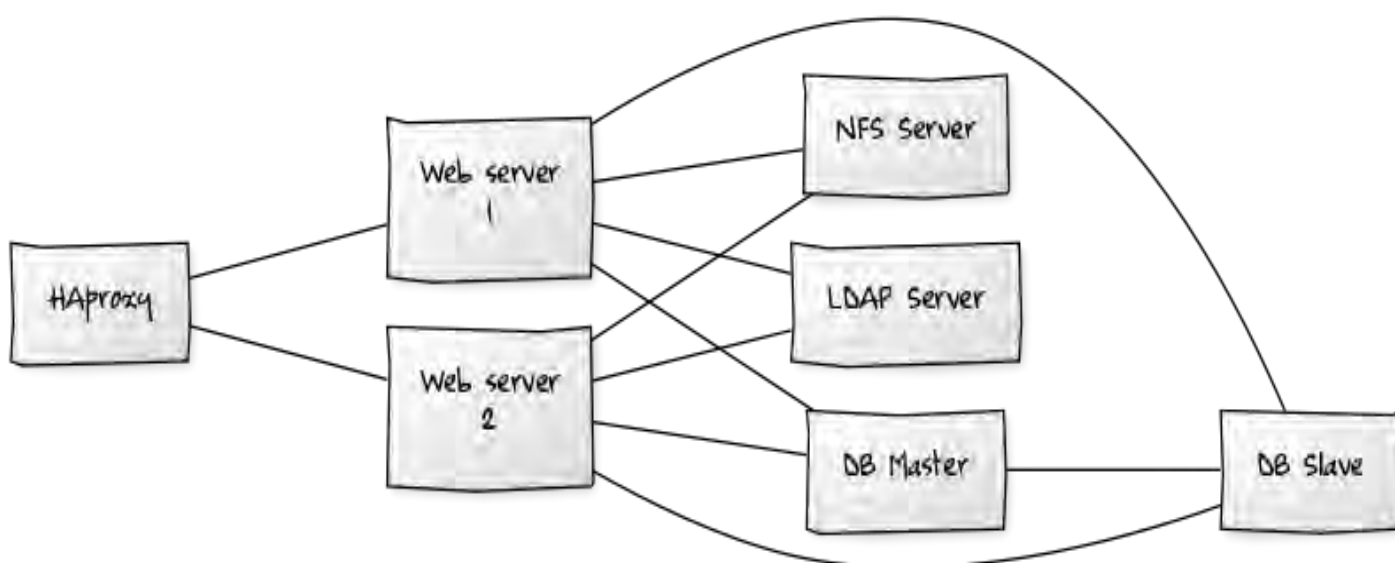
2 - 4 application servers (OwnCloud Enterprise Edition/ web servers, 4 sockets και 32 GB RAM)

2 DB servers (MySQL/MariaDB Galera cluster) με 4 sockets και 64GB RAM

1 HAproxy Load Balancer με 2 sockets a και 16GB RAM.

NFS storage server (π.χ. IBM Elastic Storage or RedHat Ceph).

Πιστοποίηση χρηστών μπορεί να γίνει μέσω LDAP ή Active Directory Servers.



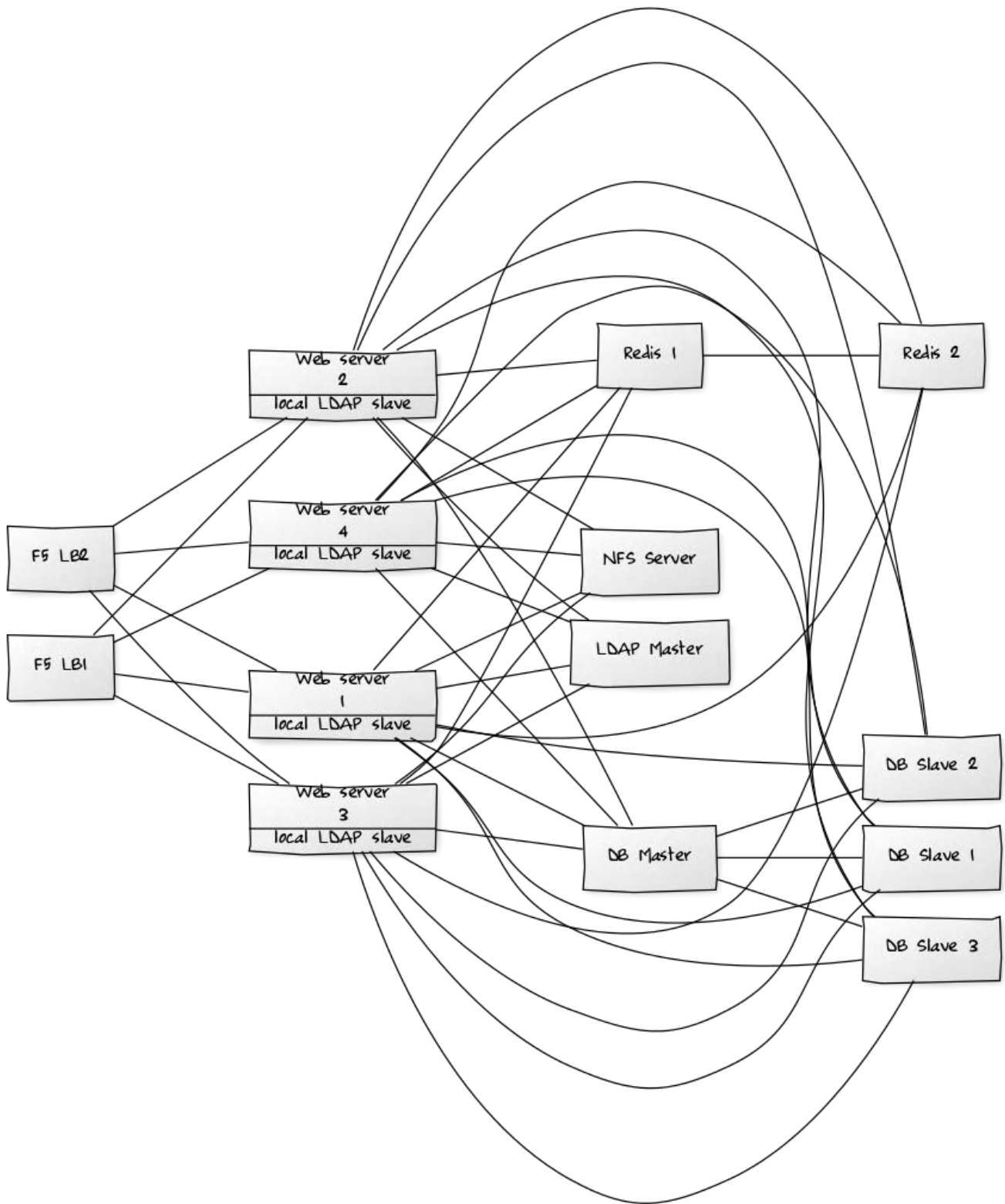
Σχήμα 20

- Για μεγάλες επιχειρήσεις και παρόχους υπηρεσιών που εξυπηρετούν από 5000-100000 χρήστες και απαιτούμενο αποθηκευτικό χώρο έως 1 petabyte το περιβάλλον ανάπτυξης ownCloud server, διαμορφώνεται όπως φαίνεται στο Σχήμα 21 και περιλαμβάνει :

4 - 20 application/Web servers (RHEL 7 / OwnCloud Enterprise Edition) cluster με περισσότερους από database servers (MySQL/MariaDB Galera Cluster)
2 Hardware load balancer (HA Proxy με Heartbeat)

NFS Server ως αποθηκευτικός χώρος ή σύστημα αποθήκευσης αντικειμένων (object storage system) συμβατό με S3 (όπως OpenStack Swift, Ceph) ή GPFS ή GlusterFS.

Πιστοποίηση χρηστών με ένα ή περισσότερους LDAP,, Active Directory Servers [38].



Σχήμα 21

ΜΕΡΟΣ IV

Μετά την παρουσίαση που έγινε στα προηγούμενα κεφάλαια σχετικά με την αρχιτεκτονική Cloud Computing και τις διάφορες αρχιτεκτονικές που χρησιμοποιούνται στην υλοποίηση ενός Cloud περιβάλλοντος, στο παρόν κεφάλαιο θα προχωρήσουμε στην υλοποίηση και εγκατάσταση ενός ιδιωτικού κόμβου υπολογιστικού νέφους (Private Cloud) που θα προσφέρει υπηρεσίες Cloud – Software as a Service- και συγκεκριμένα την υπηρεσία διαμοιρασμού αρχείων στους χρήστες μέσα στα όρια του Οργανισμού.

Μέσω του λογισμικού εικονικοποίησης δημιουργούμε εικονικές μηχανές (virtual machines), στις οποίες εγκαθίστανται οι παραπάνω πλατφόρμες διαμοιρασμού και συγχρονισμού αρχείων που περιγράψαμε.

1. Proxmox Virtual Environment

Για την δημιουργία των εικονικών μηχανών επιλέχθηκε το Proxmox Virtual Environment 4.4 , το οποίο είναι ένα περιβάλλον εικονικοποίησης ανοιχτού κώδικα που χρησιμοποιεί τον πυρήνα του Linux και είναι βασισμένο στην διανομή Debian, υπό την έκδοση GNU AGPL, v3.

Το Proxmox VE χρησιμοποιεί τη θύρα (port) 8006 για την πρόσβαση στο περιβάλλον διαχείρισης, ενώ παράλληλα διαθέτει REST API για την χρήση του από άλλες εφαρμογές. Επίσης, οι μορφές εικονικοποίησης που υποστηρίζει είναι τα containers (LXC από την έκδοση 4 και έπειτα), καθώς και την πλήρη εικονικοποίηση μέσω του KVM. Όσον αφορά την εγκατάστασή του, υπάρχει η δυνατότητα χειροκίνητης παραμετροποίησης του συστήματος, εγκαθιστώντας τα κατάλληλα πακέτα και δημιουργώντας τα κατάλληλα διαμερίσματα στον δίσκο, αλλά και απευθείας εγκατάσταση του μέσω αρχείου εικόνας .iso στο δίσκο.

Ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα χρήσης του είναι το εύχρηστο περιβάλλον του. Η απλή και κατανοητή του σχεδίαση προσφέρει στον χρήστη την ευκολία να δημιουργήσει εικονικές μηχανές και containers σε μικρό χρόνο, ενώ

παράλληλα μέσω της διαχειριστικής πλατφόρμας έχει την δυνατότητα να συνδεθεί στο τερματικό του κάθε εικονικού μηχανήματος, να διαχειριστεί τις εικονικές μηχανές ή τα containers, το storage ή το cluster που έχει δημιουργήσει.

Το Proxmox VE αποτελεί μία ανοικτού κώδικα ολοκληρωμένη λύση για εικονικοποίηση και βασίζεται στην εικονικοποίηση KVM και στην container-based εικονικοποίηση, και διαχειρίζεται KVM virtual machines, Linux containers (LXC), αποθηκευτικούς χώρους, εικονικοποιημένα δίκτυα και HA Clusters.

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά συνοψίζονται στα εξής :

- *Open Source Server Virtualization with KVM and LXC*

Ο ανοικτού κώδικα Hypervisor KVM αποτελεί μία ολοκληρωμένη λύση Linux σε συστήματα X86, δίνοντας τη δυνατότητα να τρέχουν πολλαπλές εικονικές μηχανές με linux ή Windows images.

- *Container-based virtualization*

Τα Containers αποτελούν μία εναλλακτική λύση εικονικοποίησης προσφέροντας χαμηλότερη επιβάρυνση.

- *Linux Containers (LXC)*

Το linux containers είναι ένα περιβάλλον επιπέδου εικονικοποίησης λειτουργικών συστημάτων που επιτρέπει να τρέχουν πολλαπλά linux συστήματα σε ένα μοναδικό linux host. Οι χρήστες του συστήματος linux μπορούν να δημιουργήσουν και να διαχειριστούν containers συστημάτων ή εφαρμογών μέσω εργαλείων και API.

- *Live Migration*

Δυνατότητα μετακίνησης εικονικών μηχανών από ένα φυσικό μηχάνημα σε ένα άλλο χωρίς να υπάρχει διακοπή λειτουργίας.

- *Central Management*

Μέσω του ενσωματωμένου web-based interface υπάρχει η δυνατότητα διαχείρισης των virtual machines, των containers, ακόμη και ολόκληρου του cluster που έχει δημιουργηθεί.

Επίσης το Proxmox VE χρησιμοποιεί το Proxmox Cluster File System (pmxcfs), ένα database file system για την αποθήκευση των αρχείων παραμετροποίησης,

αποθηκεύοντας έτσι για εκατοντάδες εικονικές μηχανές τα configuration files. Χρησιμοποιώντας το corosync αυτά τα αρχεία μπορούν να αναπαραχθούν σε πραγματικό χρόνο σε όλους τους κόμβους του Cluster.

Το ενσωματωμένο εργαλείο backup (vzdump) δημιουργεί συνεχή snapshots των KVM virtual machines και των containers. Είναι επίσης συμβατό με συστήματα αποθήκευσης όπως το NFS, iSCSI LUN, Ceph RBD ή το Sheepdog.

- Proxmox VE High Availability Cluster

Με το Proxmox VE HA Cluster ενεργοποιείται η έννοια της υψηλής διαθεσιμότητας. Έτσι μέσω της πλατφόρμας διαχείρισης Proxmox VE HA Manager παρακολουθούνται όλα τα virtual machines και τα containers του cluster και ενεργοποιείται αυτόματα σε περίπτωση αποτυχίας ενός τμήματος του cluster.

Το μοντέλο αποθήκευσης της πλατφόρμας Proxmox VE είναι αρκετά ευέλικτο υποστηρίζοντας δικτυακής αποθήκευσης επιπέδου (π.χ. LVM Group (network backing with iSCSI targets), iSCSI target, NFS Share, Ceph RBD, Direct to iSCSI LUN, GlusterFS), καθώς και τοπικής αποθήκευσης (π.χ. LVM Group (local backing devices like block devices, FC devices, DRBD, etc.), Directory (storage on existing filesystem), ZFS. [39][40]

2. Υλοποίηση εικονικού περιβάλλοντος και εγκατάσταση εικονικών μηχανών

- Στην υλοποίηση της εργασίας θα χρησιμοποιήσουμε ένα Blade Server με τα εξής χαρακτηριστικά :

CPU's 4 x Dual-Core AMD Opteron(tm) Processor 2220 (2 Sockets) (total 8 hardware threads)

Kernel Version Linux 4.4.35-1-pve #1

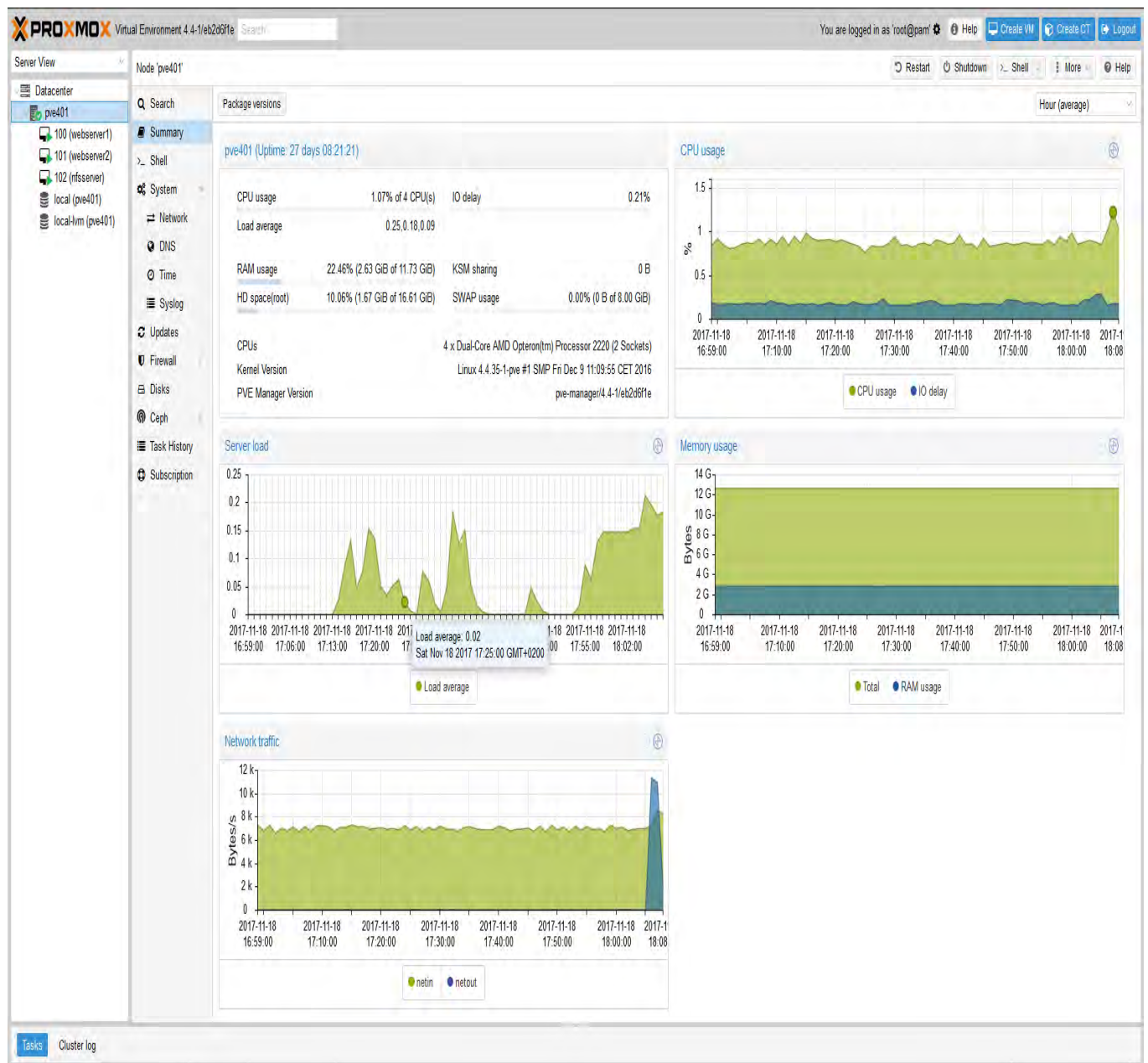
PVE Manager Version pve-manager/4.4-1

RAM 12 GB

HDD : 72 GB

Μελέτη και αποτίμηση συστημάτων διαμοίρασμού αρχείων μέσω ιδιωτικών υπολογιστικών νεφών για Δημόσιους Οργανισμούς

- Δημιουργήσαμε δύο εικονικές μηχανές (Virtual machines - webserver1 - webserver2) με τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά και παραμετροποίηση, στα οποία εγκαταστάθηκε σαν λειτουργικό σύστημα Debian 8.8.0 και Apache2 σαν Web Server.



PROXMOX Virtual Environment

2.1.1 Εγκατάσταση Seafile Server στην εικονική μηχανή με όνομα webserver1

Υποθέτουμε ότι το όνομα του Οργανισμού είναι " apdthest", κατεβάζουμε το seafile-server_6.2.2-x64.tar.gz στο root directory.

```
mkdir seafile-server
mv seafile-server_6.2.2-x86-64.tar.gz seafile-server      # move seafile-server* to directory
cd seafile-server
tar -xzf seafile-server_6.2.2-x86-64.tar.gz
```

2.1.2 Εγκατάσταση MySQL Database

Τρία στοιχεία του Seafile Server χρειάζονται τις δικές του βάσεις δεδομένων :

- ccnet server
- seafile server
- seahub

Δημιουργούμε τις βάσεις ccnet-db / seafile-db / seahub-db για τα στοιχεία ccnet/seafile/seahub και ένα χρήστη mysql "seafile" για πρόσβαση σε αυτές τρέχοντας τα παρακάτω SQL ερωτήματα :

```
create database `ccnet-db` character set = 'utf8';          # create three data bases
create database `seafile-db` character set = 'utf8';
create database `seahub-db` character set = 'utf8';

create user 'seafile'@'localhost' identified by 'seafile'; # create mysql user to access
                                                           the databases

GRANT ALL PRIVILEGES ON `ccnet-db`.* to `seafile`@localhost;
GRANT ALL PRIVILEGES ON `seafile-db`.* to `seafile`@localhost;
GRANT ALL PRIVILEGES ON `seahub-db`.* to `seafile`@localhost;
```

2.1.3 Εγκατάσταση Seafile-Server

Το πακέτο seafile-Server απαιτεί την εγκατάσταση των παρακάτω πακέτων στο σύστημα

```
python 2.7
python-setuptools
python-imaging
python-ldap
python-mysqldb
python-urllib3
python-memcache (or python-memcached)
```

```
apt-get update
apt-get install python2.7 libpython2.7 python-setuptools python-imaging\
python-ldap python-mysqldb python-memcache python-urllib3
```

```
cd seafile-server-6.2.2
```

```
./setup-seafile-mysql.sh          # run the setup script and answer the following
```

```
( server name: apdthest, server ip or domain : 10.0.16.181, seafile dir: seafile-data,
fileserver port: 8082)
```

```
-----
Please choose a way to initialize Seafile databases:
-----
```

```
[1] Create new ccnet/seafile/seahub databases
```

```
[2] Use existing ccnet/seafile/seahub databases
```

```
[2]  mysql server host: localhost
```

```
mysql server port : 3306
```

```
mysql user for Seafile : seafile
```

```
ccnet database name: ccnet
```

```
seafile database name: seafile-db
```

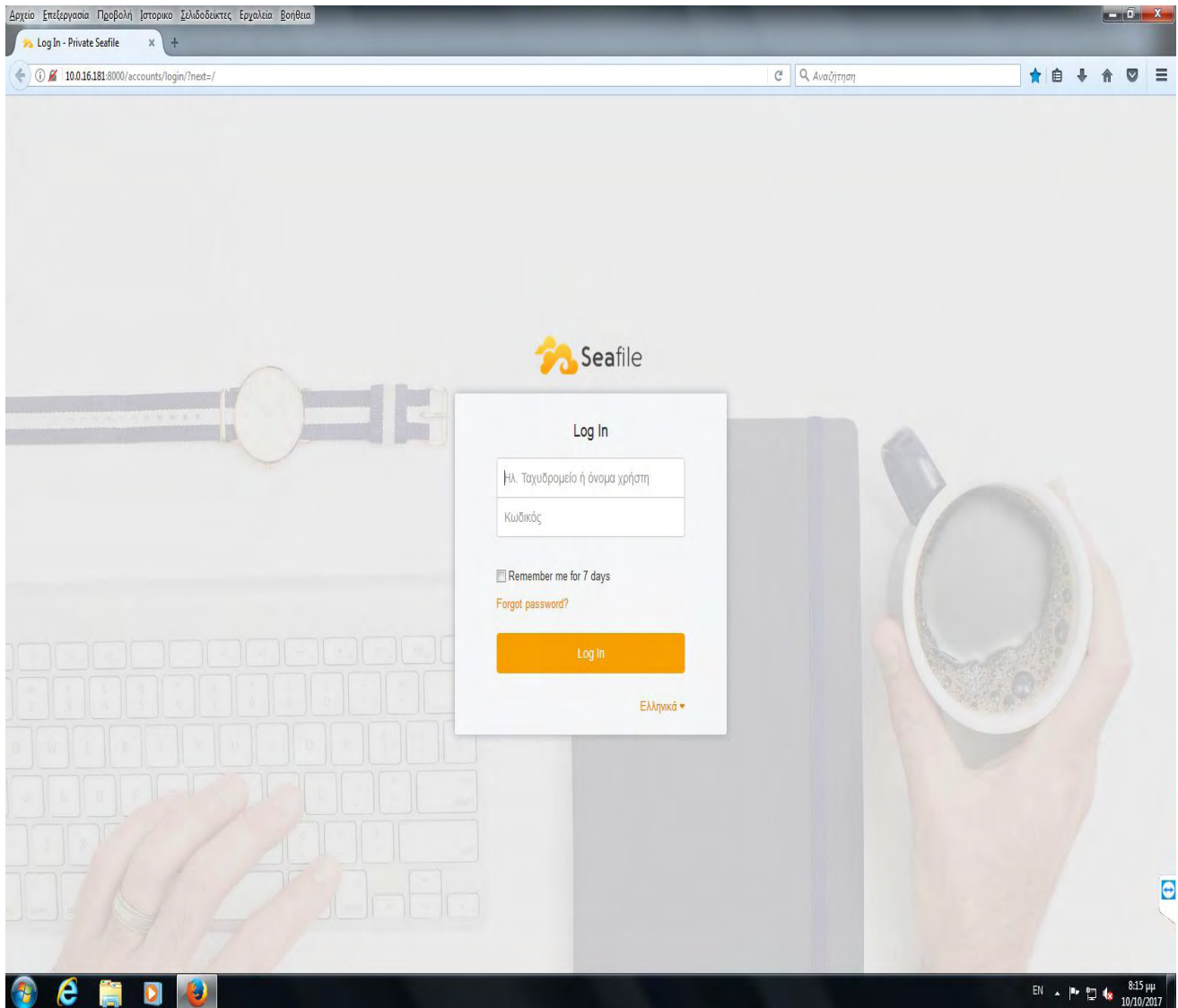
seahub database name: seahub-db

Έναρξη Seafiler Server και Seahub Website

```
./seafiler.sh start
```

```
./seahub.sh start 8000
```

Στη συνέχεια μέσω browser μπορείς να έχεις πρόσβαση στο interface του Seafiler-Server : **http://10.0.16.181:8000/**



2.1.4 Enabling Https with Apache

Θα ενεργοποιήσουμε την πρόσβαση μέσω του ασφαλούς πρωτοκόλλου https :

I) Θα χρησιμοποιήσουμε SSL ψηφιακά πιστοποιητικά που θα τα δημιουργήσουμε με τις παρακάτω εντολή:

- sudo a2enmod ssl
- sudo a2ensite default-ssl
- sudo service apache2 reload

```
- sudo mkdir /etc/apache2/ssl
- sudo chmod 600 /etc/apache2/ssl/*

- openssl req -x509 -nodes -days 1095           # create certificates
newkey rsa:2048 -keyout /etc/apache2/ssl/apache.key
out /etc/apache2/ssl/apache.crt
```

II) Τροποποίηση του αρχείου Apache *default-ssl.conf*, προσθέτοντας τον παρακάτω κώδικα:

```
sudo nano /etc/apache2/sites-enabled/default-ssl.conf

<VirtualHost *:443>
  ServerName 10.0.16.181
  DocumentRoot /var/www

  SSLEngine On
  SSLCertificateFile /etc/apache2/ssl/apache.crt
  SSLCertificateKeyFile /etc/apache2/ssl/apache.key

  Alias /media /root/seafdrive-server/seafdrive-server-latest/seahub/media

  <Location /media>
    Require all granted
  </Location>

  RewriteEngine On
  #
  # seafdrive fileserver
  #
  ProxyPass /seafdrive http://127.0.0.1:8082
  ProxyPassReverse /seafdrive http://127.0.0.1:8082
  RewriteRule ^/seafdrive - [QSA,L]
  #
  # seahub
  #
  SetEnvIf Authorization "(.*)" HTTP_AUTHORIZATION=$1
  ProxyPass / http://127.0.0.1:8000/
  ProxyPassReverse / http://127.0.0.1:8000/
</VirtualHost>
```

III) Τροποποίηση του αρχείου **ccnet.conf**

```
SERVICE_URL = https://10.0.16.181
```

και **seahub_settings.py**

```
FILE_SERVER_ROOT = 'https://www.10.0.16.181/seafhttp'
```

```
./seafhttp.sh start  
./seahub.sh start
```

2.2.1. Εγκατάσταση Owncloud Server στην εικονική μηχανή με όνομα webserv2

Έχουμε εγκαταστήσει Debian 8 και συνεχίζουμε με την εγκατάσταση Apache webserv2

```
apt update && apt upgrade
```

```
apt install apache2 apache2-doc
```

```
Install Php5-gd php-curl
```

```
Systemctl restart apache2
```

2.2.2 Εγκατάσταση MySQL

```
apt install mysql-server php5 mysql
```

```
mysql_secure_installation
```

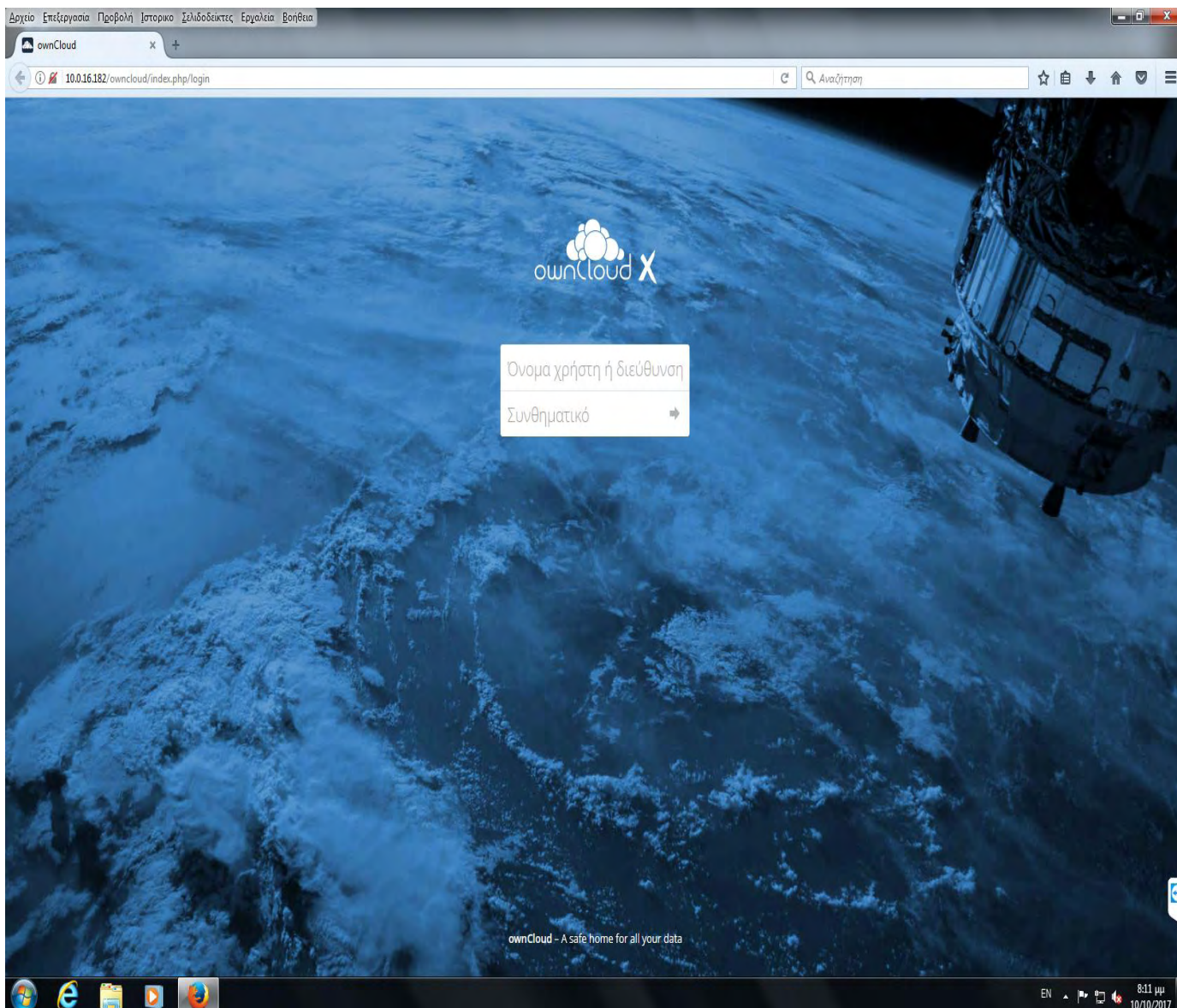
2.2.3 Εγκατάσταση PHP

```
apt install php5-common libapache2-mod-php5 php cli  
systemctl restart apache2
```

2.2.4 Εγκατάσταση Owncloud Server

```
apt install unzip  
cd tmp  
wget https://download.owncloud.org/community/owncloud-10.0.3.zip  
  
unzip owncloud-10.0.3.zip  
  
move owncloud directory to /var/www/html  
mv owncloud /var/www/html  
  
chown -R www-data : www-data /var/www/html/owncloud  
  
# create new database and new user for owncloud  
#login to MySQL server and create database and user  
  
mysql -u root -p  
  
create database owncloud;  
grant all on owncloud.* to 'owncloud'@'localhost' identified by 'password';  
flush privileges;  
quit
```

Μέσω της διαδρομής **<http://10.0.16.182/owncloud>**, πετυχαίνουμε πρόσβαση στον owncloud server



2.2.5 Εγκατάσταση Https για Owncloud Server

Είναι προτιμότερο να κρυπτογραφείται η κίνηση από και προς τον owncloud server, ενεργοποιώντας το πρωτόκολλο https. Θα δημιουργήσουμε ένα self-signed πιστοποιητικό για την ασφάλεια της μεταφοράς αρχείων.

```
a2enmod ssl
```

```
# Enable SSL
```

```
service apache2 restart
```

```
mkdir /etc/apache2/ssl # create a directory for ssl certificate

openssl req -x509 -nodes -days 1095 -newkey
rsa:2048 -keyout /etc/apache2/ssl/owncloud.key -out
/etc/apache2/ssl/owncloud.crt # create the certificate and the
server key and placing them to
the ssl directory

nano /etc/apache2/sites-available/default-ssl.conf # setup the apache configuration
file with the following lines

ServerName 10.0.16.182:443

SSLEngine on
SSLCertificateFile /etc/apache2/ssl/owncloud.crt
SSLCertificateKeyFile /etc/apache2/ssl/owncloud.key

a2ensite default-ssl # activate the new virtual host
service apache2 restart
```

2.3 Εγκατάσταση NFS Server

Για αποθηκευτικό χώρο των Seafile Server και Owncloud Server θα δημιουργήσουμε ένα τρίτο VM (Virtual Machine) όπου θα εγκαταστήσουμε NFS Server.

Το NFS (Network File System) είναι ένα πρωτόκολλο του κατανεμημένου συστήματος αρχείων, που αρχικά αναπτύχθηκε από τη Sun Microsystems το 1984. Επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε αρχεία μέσω ενός δικτύου και να εκτελούν διάφορες εργασίες σαν να δούλευαν κατευθείαν στον τοπικό αποθηκευτικό τους χώρο. Το Πρωτόκολλο NFS όπως και άλλα πρωτόκολλα είναι χτισμένο πάνω στο σύστημα Open Network Computing Remote Procedure Call (ONC RPC). Η πρόσβαση σε αρχεία μέσω του δικτύου επιτυγχάνεται μέσω της διαδικασίας exporting (η διαδικασία με την οποία ένας NFS Server δίνει πρόσβαση σε απομακρυσμένους υπολογιστές για να αποκτήσουν πρόσβαση στα αρχεία του) και μέσω της διαδικασίας mounting (

διαδικασία μέσω της οποίας τα συστήματα αρχείων είναι διαθέσιμα στα λειτουργικά συστήματα και στο χρήστη).

Το πρωτόκολλο NFS έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι ανεξάρτητο από τον υπολογιστή, το λειτουργικό σύστημα, την αρχιτεκτονική δικτύου και το πρωτόκολλο μεταφοράς. Αυτό σημαίνει ότι τα συστήματα που χρησιμοποιούν την υπηρεσία NFS ενδέχεται να κατασκευάζονται από διαφορετικούς προμηθευτές, να χρησιμοποιούν διαφορετικά λειτουργικά συστήματα και να συνδέονται σε δίκτυα με διαφορετικές αρχιτεκτονικές. [41][42]

2.3.1. Εγκατάσταση και παραμετροποίηση εικονικής μηχανής ως NFS Server

Δημιουργούμε ένα επιπλέον Virtual Machine με λειτουργικό σύστημα Debian 8.0, το οποίο θα φιλοξενήσει τον NFS Server , εκτελώντας τα παρακάτω βήματα :

NFS Server : 10.0.16.183

NFS Client1 : 10.0 16.181(Seafile Server)

NFS Client2 : 10.0.16.182 (Owncloud Server)

```
apt-get install nfs-kernel-server nfs-common # εγκατάσταση NFS Server
```

```
mkdir -p /data/nfs-owncloud
```

```
mkdir -p /data/nfs-seafile # create shares folders
```

```
nano /etc/exports
```

```
# Ανοίγουμε το αρχείο exports και προσθέτουμε τις παρακάτω γραμμές :
```

```
/data/nfs-seafile 10.0.16.181 (rw, sync, no_subtree_check, no_all_squash,  
no_root_squash)
```

```
/data/nfs-owncloud0.0.16.182 ((rw, sync, no_subtree_check, no_all_squash,  
no_root_squash)
```

```
Service nfs-kernel-server restart #restart NFS service
```

```
exportfs -r                    #Export all directories
showmount -e -no-headers      #show the NFS Server's export list
```

2.3.2 Εγκατάσταση και παραμετροποίηση NFS Client

I) Παραμετροποίηση του Owncloud Server σαν NFS Client

Ο κατάλογος δεδομένων του Owncloud είναι το /var/www/html/owncloud/data

```
apt-get install nfs-common rpcbind          # Install NFS Client
mount.nfs 10.0.16.183:/data/nfs-cloud /var/www/html/owncloud/data #mount
                                                    NFS Share
nfsstat -m                                  # print information about the
                                                    mounted NFS System
nano /etc/fstab                             #open the fstab file and add the
                                                    following line for auto mounting
                                                    after NFS server reboot
10.0.16.183:/data/nfs-owncloud /var/www/html/owncloud/data nfs defaults
service apache2 restart                    # restart apache2 service
```

II) Παραμετροποίηση του Seafiler-Server σαν NFS Client

Ο κατάλογος δεδομένων του Seafiler Server είναι ο /root/seafiler-server/seafiler-data

```
apt-get install nfs-common rpcbind          # Install NFS Client
mount.nfs 10.0.16.183:/data/nfs-seafiler /root/seafiler-server/seafiler-data #mount
                                                    NFS Share
```

```
nfsstat -m # print information about the mounted NFS System

nano /etc/fstab #open the fstab file and add the following line for auto mounting after NFS server reboot

10.0.16.183:/data/nfs-seafile /root/seafile-server/seafile-data nfs defaults

service apache2 restart # restart apache2 service

./seafile.sh restart # restart services seafile - seahub

./seahub.sh restart
```

2.3.3 Μετρήσεις

Μέσω του Web interface για πρόσβαση στο Seafile Server και στο Owncloud Server, θα εκτελέσουμε διάφορα σενάρια μεταφόρτωσης αρχείων και θα συγκρίνουμε την απόδοσή τους. Αρχικά πραγματοποιούμε τη μεταφόρτωση ενός αρχείου μεγέθους 650MB και ακολουθεί η μεταφόρτωση πολλών μικρών αρχείων. Επίσης εξετάζουμε πως συμπεριφέρονται τα δύο συστήματα κατά τη μεταφόρτωση πολλών μεγάλων αρχείων ταυτόχρονα.

1ο Σενάριο Μέτρησης : 1 x 650 MB file Upload

Seafile Server		
Elapsed time	1 min 9,3 sec	
	Incoming	Outgoing
Maximum transfer rate	1,1 Mbps	96,3 Mbps
Average transfer rate	809,8 kbps	78,6 Mbps

Owncloud Server		
Elapsed time	2 min 26,0 sec	
	Incoming	Outgoing
Maximum transfer rate	779,7 kbps	77,7 Mbps
Average transfer rate	235,2 kbps	37,5 Mbps

2ο Σενάριο Μέτρησης : 5 x 25 MB file Upload

Seafile Server		
Elapsed time	18,0 sec	
	Incoming	Outgoing
Maximum transfer rate	1,1 Mbps	94,4 Mbps
Average transfer rate	511,3 kbps	45,6 Mbps

Owncloud Server		
Elapsed time	23,4 sec	
	Incoming	Outgoing
Maximum transfer rate	373,8 kbps	77,3 Mbps
Average transfer rate	174,5 kbps	35,2 Mbps

3ο Σενάριο Μέτρησης : 5 x 650 MB file Upload (total 3.2 GB)

Seafile Server		
Elapsed time	5 min 39,4 sec	
	Incoming	Outgoing
Total of data transferred	31,2 MB	3,2 GB
Maximum transfer rate	1,2 Mbps	98,1 Mbps
Average transfer rate	771,3 kbps	80,2 Mbps

Owncloud Server		
Elapsed time	9 min 12,2 sec	
	Incoming	Outgoing
Total of data transferred	16,0 MB	3,2 GB
Maximum transfer rate	950,4 kbps	77,7 Mbps
Average transfer rate	242,3 kbps	49,5 Mbps

4ο Σενάριο Μέτρησης : 1 x 650 MB file Download

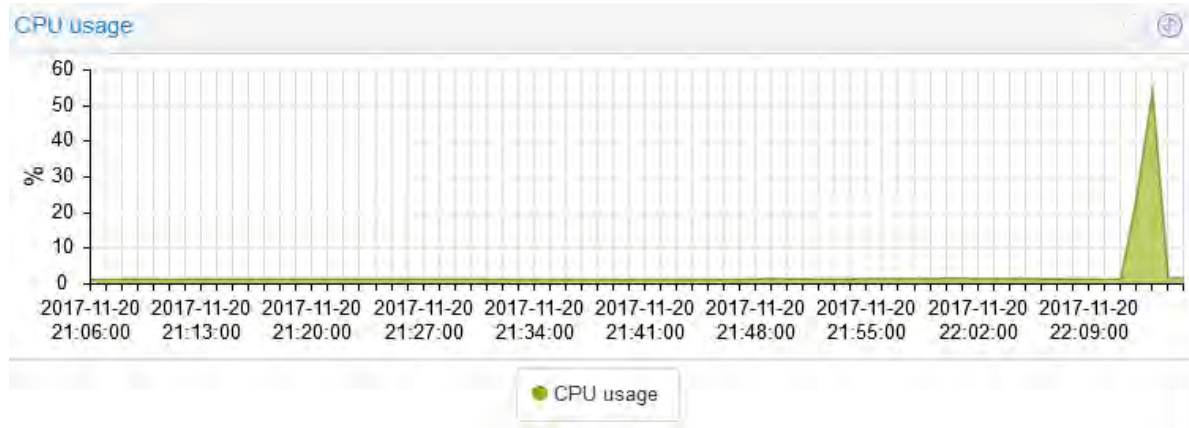
Seafile Server		
Elapsed time	1 min 5,7 sec	
	Incoming	Outgoing
Total of data transferred	667,8 MB	6,7 MB
Maximum transfer rate	98,3 Mbps	980,0 kbps
Average transfer rate	85,2 Mbps	852,0 kbps

Owncloud Server		
Elapsed time	1 min 5,1 sec	
	Incoming	Outgoing
Total of data transferred	670,3 MB	6,8 MB
Maximum transfer rate	95,5 Mbps	977,3 kbps
Average transfer rate	86,3 Mbps	875,3 kbps

2.3.4. Χρήση Πόρων

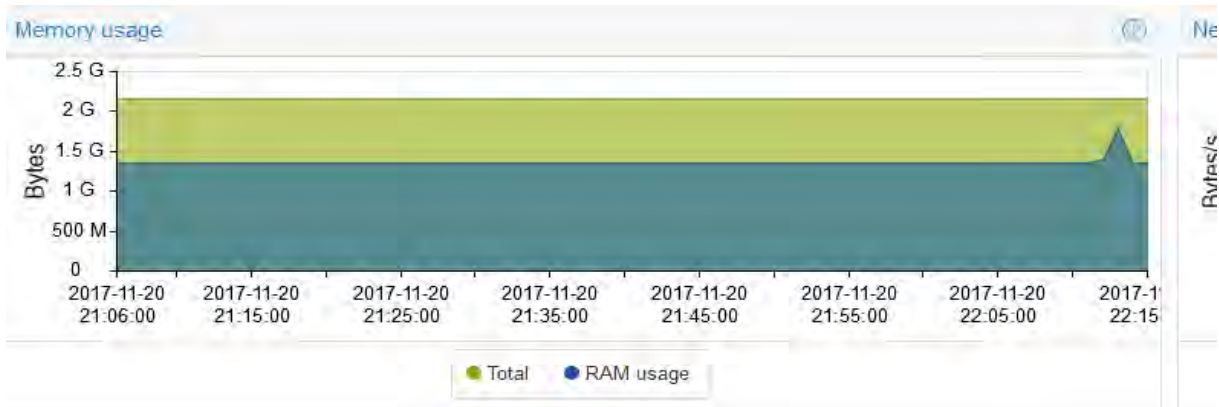
1ο Σενάριο Μέτρησης : 1 x 650 MB file Upload

Seafile Server

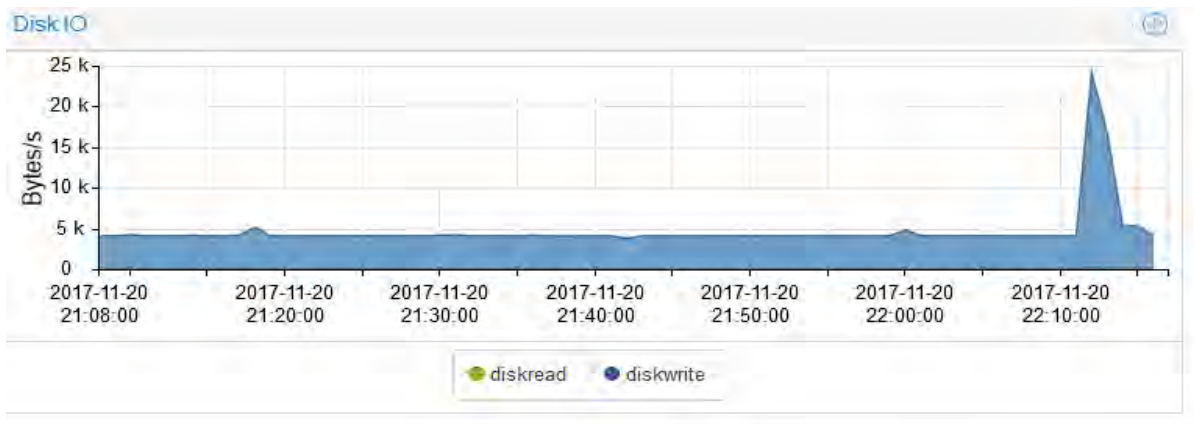


Cpu Usage 53.82%

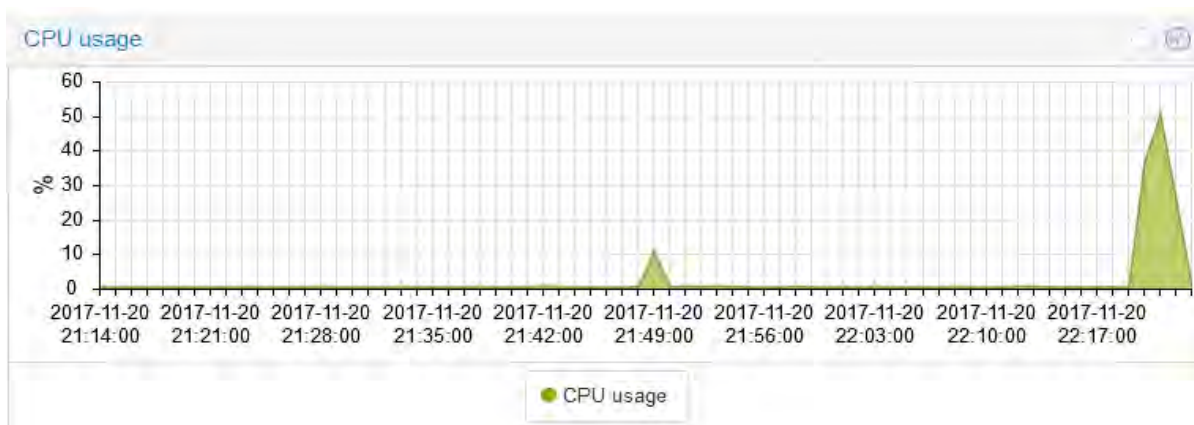
Μελέτη και αποτίμηση συστημάτων διαμοιρασμού αρχείων μέσω ιδιωτικών υπολογιστικών νεφών για Δημόσιους Οργανισμούς



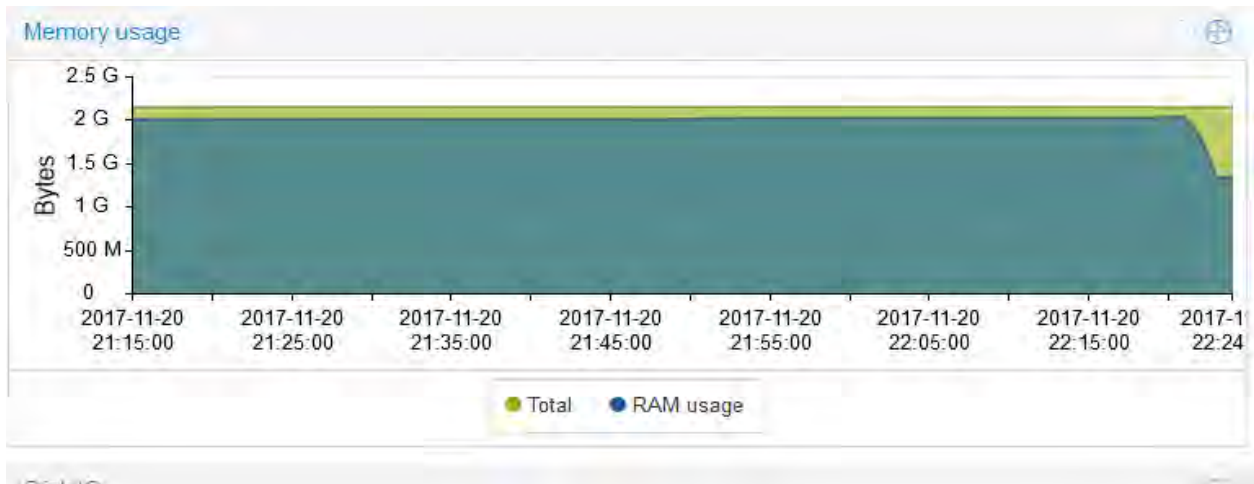
Memory Usage 1.77 GB



OwnCloud Server



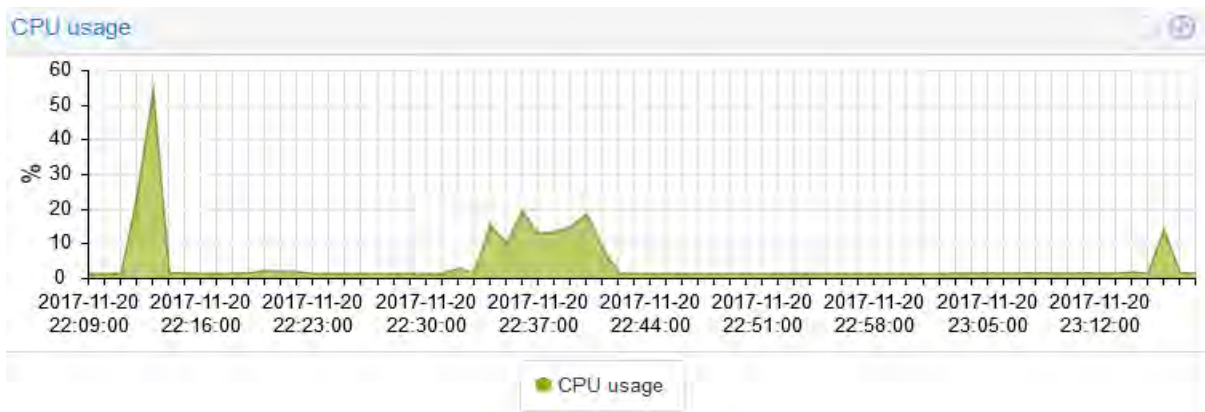
Cpu Usage 52.49%



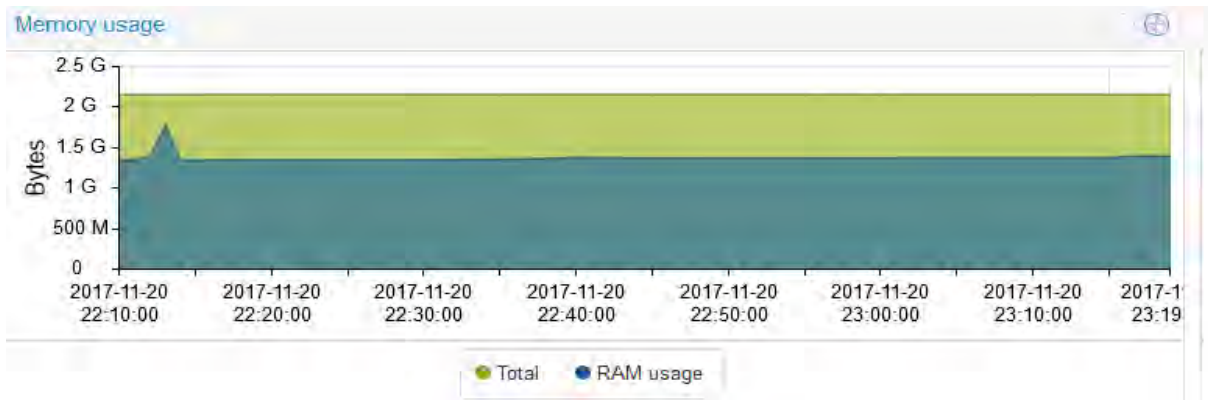
Memory usage 1.79 GB

2ο Σενάριο Μέτρησης : 5 x 25 MB file Upload

Seafile Server

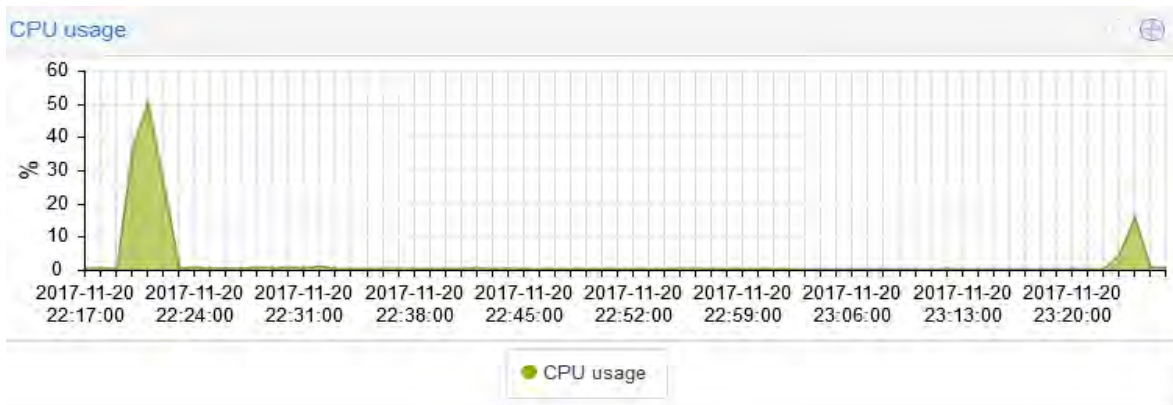


Cpu Usage 13.69%

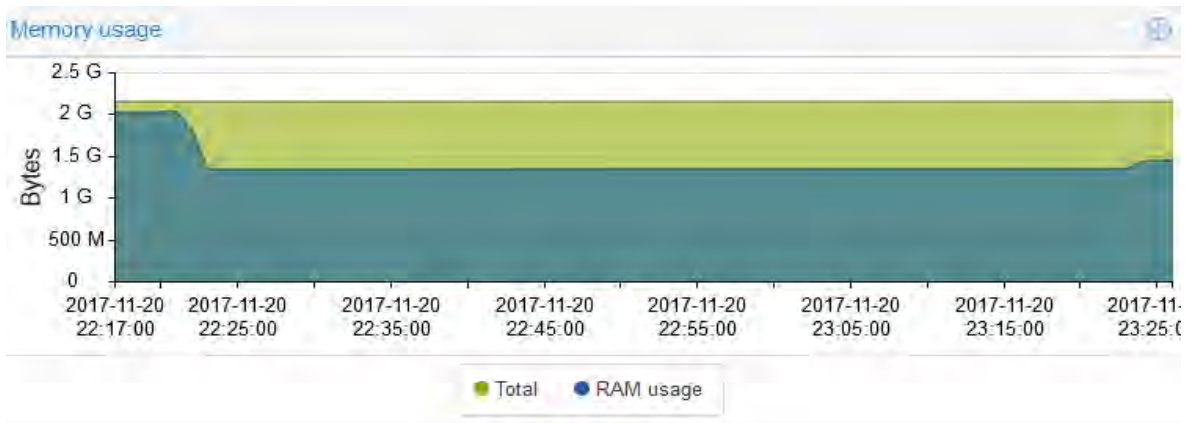


Memory Usage 1.38 GB

Owncloud Server



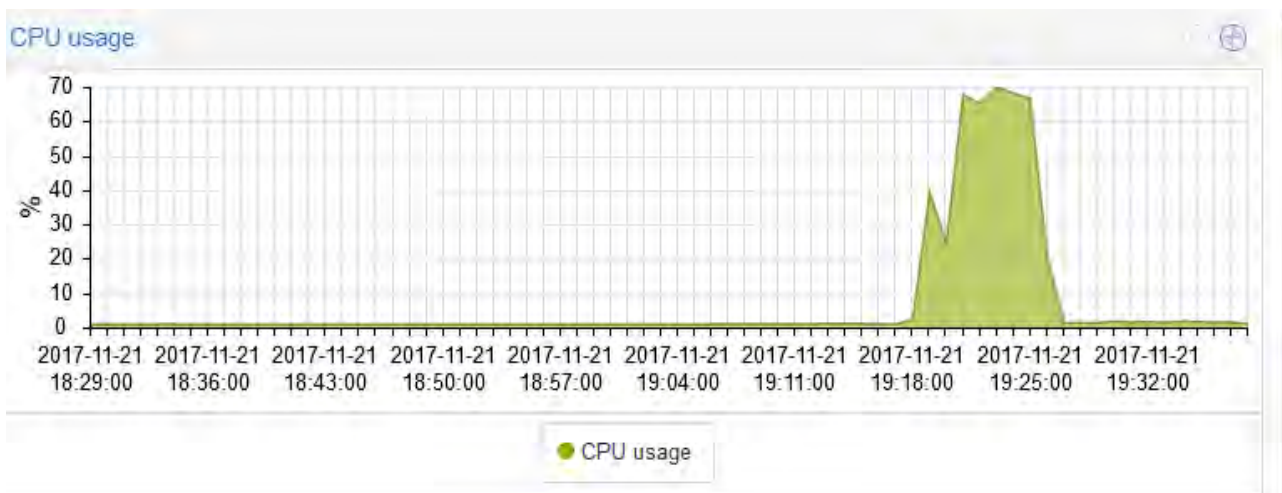
Cpu Usage 15.72%



Memory Usage 1.44 GB

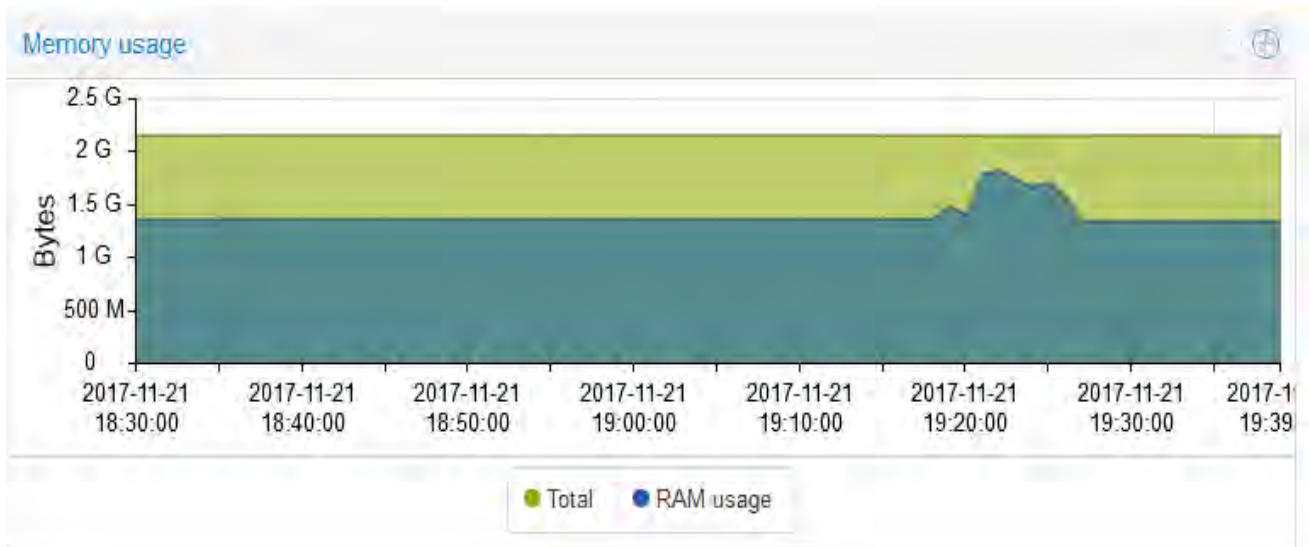
3ο Σενάριο Μέτρησης : 5x650 MB file Upload

Seafile Server

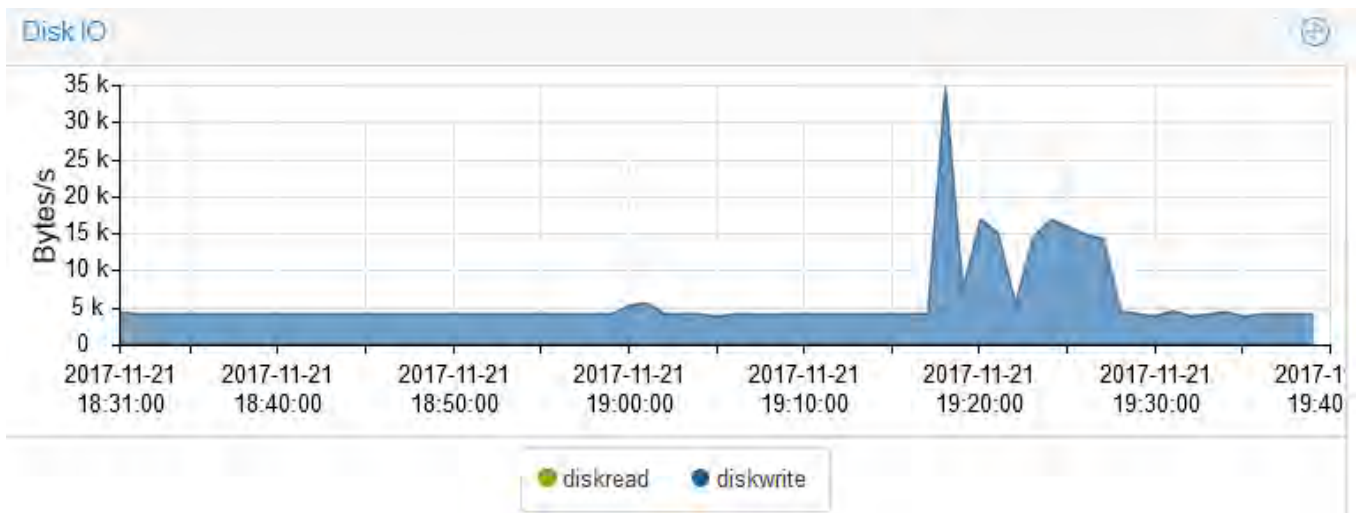


Cpu Usage 69%

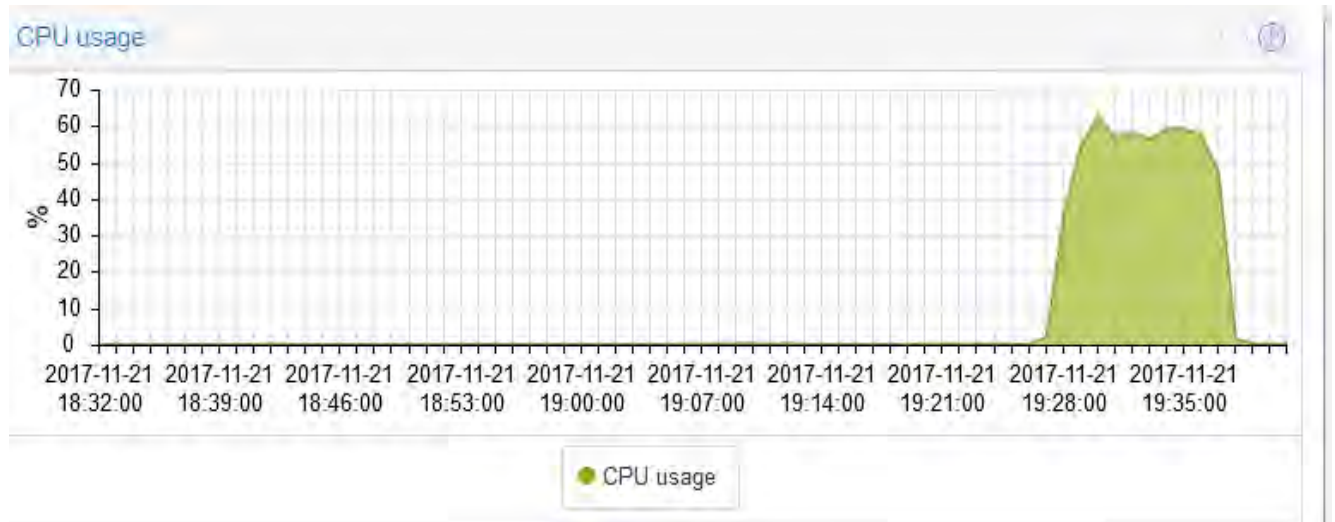
Μελέτη και αποτίμηση συστημάτων διαμοιρασμού αρχείων μέσω ιδιωτικών υπολογιστικών νεφών για Δημόσιους Οργανισμούς



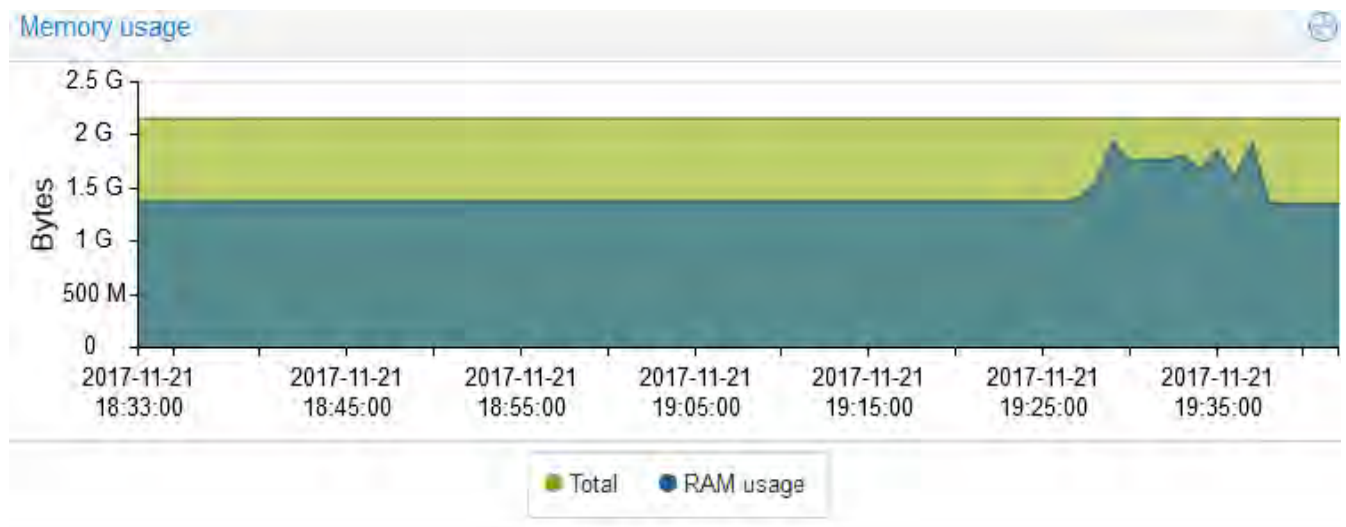
Memory Usage 1.82 GB



Owncloud Server

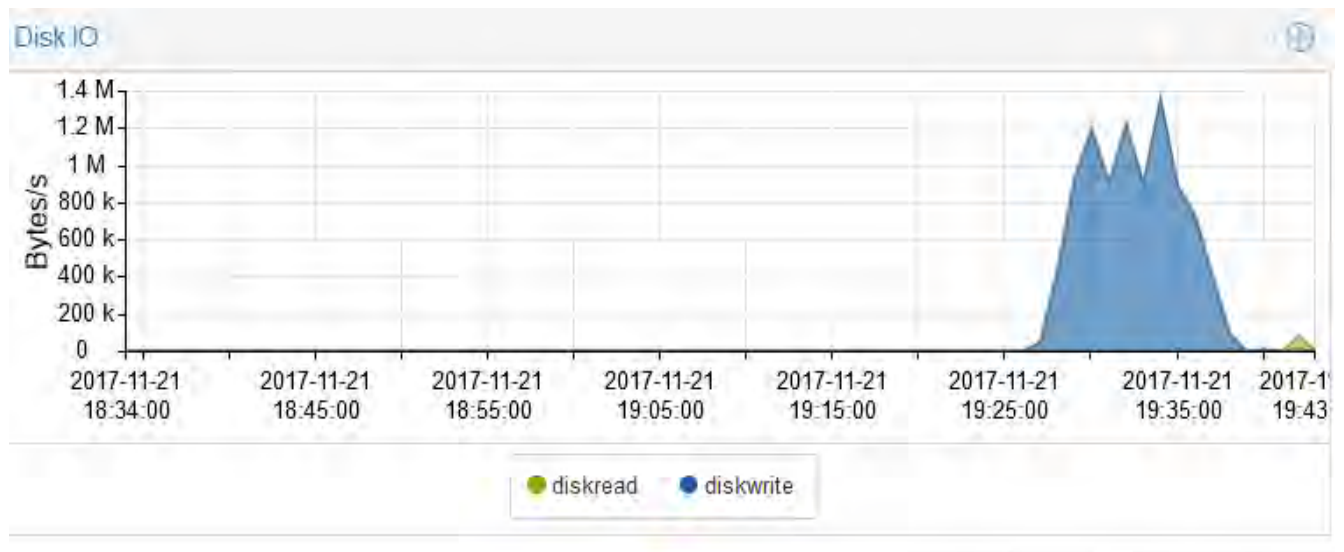


Cpu Usage 62.42%



Memory Usage 1.93 GB

Μελέτη και αποτίμηση συστημάτων διαμοιρασμού αρχείων μέσω ιδιωτικών υπολογιστικών νεφών για Δημόσιους Οργανισμούς



ΜΕΡΟΣ V

1. Συμπεράσματα

Όπως παρατηρούμε από τις μετρήσεις που έγιναν ο Seafile Server παρουσιάζει καλύτερη απόδοση στη μεταφόρτωση και στη λήψη των αρχείων σε σύγκριση με τον Owncloud Server. Στα παραπάνω παραδείγματα παρατηρείται 2X φορές καλύτερη απόδοση του Seafile Server στη μεταφόρτωση τόσο μεγάλων όσο και μικρότερων αρχείων. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο διαφορετικό σύστημα αποθήκευσης που έχουν τα δύο συστήματα.

Δεν παρατηρείται αισθητή διαφορά στη χρήση των πόρων των διακομιστών, καθώς κατά τη διάρκεια των δοκιμών υπήρξε περιορισμένος όγκος φόρτου εργασίας που προήλθε από την πρόσβαση μικρού αριθμού χρηστών.

Βέβαια κατά το σχεδιασμό ενός Οργανισμού για την ανάπτυξη και την υλοποίηση ενός από τα παραπάνω συστήματα διαμοίρασης και κοινής χρήσης αρχείων, όπου θα εξυπηρετούνται από δεκάδες έως εκατοντάδες χρήστες και θα διακινείται μεγάλος όγκος δεδομένων, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη παράγοντες, όπως η απόδοση (**Performance**), η κλιμάκωση (**Scalability**), η υψηλή διαθεσιμότητα (**High Availability**) και η εξισορρόπηση φορτίου (**Load Balancing**), εφαρμόζοντας αντίστοιχα και τις απαραίτητες τεχνολογίες για την επίτευξη αυτών.

2. Επίλογος

Οι εργαζόμενοι στις σημερινές Επιχειρήσεις - Οργανισμούς εξαρτώνται απόλυτα από εργαλεία που τους παρέχουν τη δυνατότητα συνεργασίας και συγχρονισμού αρχείων, ώστε να μπορούν να πετύχουν αποτελεσματικά τις εργασίες τους από οποιαδήποτε γεωγραφική ή οργανωτική θέση και αν βρίσκονται. Η κοινή χρήση αρχείων και η συνεργασία - συγχρονισμός μεταξύ αυτών είναι μακράν οι πλέον απαιτούμενες από τους τελικούς χρήστες cloud based εφαρμογές, όπως αναφέρεται από το 80% των αντίστοιχων μονάδων πληροφορικής τους. Η δυνατότητα ταυτόχρονης ανταλλαγής και επεξεργασίας των ίδιων εγγράφων με άλλα μέλη μιας Επιχείρησης ή ενός Οργανισμού αυξάνει σημαντικά την ευελιξία της συνολικής Επιχείρησης-Οργανισμού. Οι χρήστες πρέπει επίσης να έχουν απρόσκοπτη, κοινή πρόσβαση σε όλα τα αρχεία δεδομένων τους ανεξάρτητα από τη συσκευή που χρησιμοποιούν - smartphone, tablet, φορητό ή σταθερό υπολογιστή.

Η αποθήκευση σε ένα ιδιωτικό υπολογιστικό νέφος (private cloud) παρέχει μια εξαιρετική επιλογή για τις επιχειρήσεις σήμερα, προκειμένου να βελτιστοποιείται η συνεργασία μεταξύ των εργαζομένων και να πετυχαίνεται πρόσβαση και κοινή χρήση στα δεδομένα της επιχείρησης. Με τα εργαλεία και τα προϊόντα που είναι πλέον διαθέσιμα, οι επιχειρήσεις μπορούν να δημιουργήσουν λύσεις αποθήκευσης νέφους και να προσφέρουν στους εργαζόμενους ένα ασφαλές μέρος για να διατηρούν ευαίσθητα δεδομένα της εταιρείας, στα οποία μπορούν ακόμα να έχουν πρόσβαση από οπουδήποτε και από οποιαδήποτε συσκευή χρειάζεται. Οι private cloud based λύσεις αποθήκευσης αυξάνονται και συρρικνώνονται αυτόματα με βάση τις ανάγκες του χρήστη, διασφαλίζοντας ότι οι χρήστες αποκτούν την απαιτούμενη χωρητικότητα αποθήκευσης, ενώ η επιχείρηση είναι σε θέση να βελτιστοποιήσει τη χρήση των φυσικών πόρων ΤΠ, με σκοπό το βέλτιστο συνολικό κόστος ανά byte. Επιπλέον επιτρέπει στις επιχειρήσεις να προσαρμόζουν τις υπηρεσίες τους ώστε να ικανοποιούν ειδικές απαιτήσεις συγχρονισμού αρχείων που είναι μοναδικές για την επιχειρηματική μονάδα.

Πηγές - Βιβλιογραφία

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing#cite_note-29
- [2] <http://www.tafrehmella.com/threads/what-is-cloud-computing.198570/>
- [3] <http://www.itmanagerdaily.com/cloud-computing-vendors/>
- [4] https://en.wikipedia.org/wiki/Amazon_Web_Services
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Amazon_Elastic_Compute_Cloud
- [6] <https://aws.amazon.com/ec2/>
- [7] <https://aws.amazon.com/s3/>
- [8] <https://aws.amazon.com/rds/>
- [9] https://en.wikipedia.org/wiki/Google_App_Engine
- [10] <http://searchaws.techtarget.com/definition/Google-App-Engine>
- [11] <https://www.techopedia.com/definition/31267/google-app-engine-gae>
- [12] https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Storage
- [13] How Amazon Pricing works.pdf
- [14] Mitch Tulloch with the Windows Azure Team " Introducing Windows Azure"
- [15] <https://en.wikipedia.org/wiki/Salesforce.com>
- [16] [https://en.wikipedia.org/wiki/Eucalyptus_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Eucalyptus_(software))
- [17] https://www.researchgate.net/publication/303838237_Cloud_Computing_Comparative_Study_-_OpenStack_vs_OpenNebula#pf14
- [18] <https://en.wikipedia.org/wiki/OpenNebula>
- [19] <https://help.ubuntu.com/community/OpenNebula>
- [20] <https://opennebula.org/about/technology/>
- [21] <https://opensource.com/resources/what-is-openstack>
- [22] <https://en.wikipedia.org/wiki/OpenStack>
- [23] Dynamic Resource Allocation and Management Using OpenStack.pdf
- [24] <https://grnet.gr/services/cloud-services/oceanos/>
- [25] https://en.wikipedia.org/wiki/High_availability
- [26] <http://www.jscape.com/blog/active-active-vs-active-passive-high-availability-cluster>

- [27] <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/what-is-high-availability#what-is-high-availability>
- [28] <http://www.onlinetech.com/resources/references/top-5-reasons-why-your-company-should-transition-to-private-cloud-computing>
- [29] <http://www.medone.co.il/en/private-cloud/>
- [30] <http://www.itproportal.com/2014/05/12/the-benefits-of-private-cloud-computing/>
- [31] **Dell EMC** "THE ROI OF PRIVATE CLOUD Quantifying the cost savings and benefits of moving to a private cloud".pdf
- [32] <https://www.techopedia.com/definition/29937/cloud-file-sharing>
- [33] <https://www.seafile.com/en/features/>
- [34] <https://manual.seafile.com/overview/components.html>
- [35] https://manual.seafile.com/deploy_pro/deploy_in_a_cluster.html
- [36] <https://en.wikipedia.org/wiki/OwnCloud>
- [37] <https://owncloud.org/features/>
- [38] https://doc.owncloud.org/server/9.0/admin_manual/installation/deployment_recommendations.html
- [39] <https://www.linkedin.com/pulse/proxmox-virtual-environment-server-virtualization-kvm-tss-ravi-kumar>
- [40] <https://www.proxmox.com/en/>
- [41] https://en.wikipedia.org/wiki/Network_File_System
- [42] <https://kb.iu.edu/d/adux>

- nistspecialpublication800-145.pdf
- How Amazon Pricing works.pdf
- Thomas Erl " Cloud Computing - Αρχές, Τεχνολογία και Αρχιτεκτονική"
- Anthony T. Velte, Toby J. Velte, Robert Elsenpeter " Cloud Computing - Μια πρακτική προσέγγιση "