



**Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής**  
**Σχολή Μηχανικών**  
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών

## **Διπλωματική Εργασία**

**Μελέτη και Ανάπτυξη Υποδομής ως Υπηρεσία**

**Γεώργιος Νικηταράκος**  
**A.M. 711161115**

**Εισηγητές:**

**Καθηγητής Ιωάννης Βογιατζής**  
**Λέκτορας Εφ. Δημήτριος Καλλέργης**





**University of West Attica**  
Faculty of Engineering  
Department of Informatics and Computer Engineering

## **Diploma Thesis**

**Research and Development of Infrastructure as  
a Service**

**Georgios Nikitarakos**  
**A.M. 711161115**

### **Supervisors**

**Professor Ioannis Voyiatzis**

**Lecturer Dimitrios Kallergis**



# **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Μελέτη και Ανάπτυξη Υποδομής ως Υπηρεσία**

**Γεώργιος Νικηταράκος  
(711161115)**

**Εξεταστική Επιτροπή:**

- 1. Ιωάννης Βογιατζής, Καθηγητής**
- 2. Δημήτριος Καλλέργης, Λέκτορας Εφ.**
- 3. Δρ Ζαχαρένια Γαροφαλάκη, μέλος Ε.ΔΙ.Π**

**Ημερομηνία εξέτασης: 13-10-2023**



## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Γεώργιος Νικηταράκος του Παναγιώτη, με αριθμό μητρώου 711161115 φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών,

Γεώργιος Νικηταράκος







## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώθηκε μετά από επίμονες προσπάθειες, σε ένα ενδιαφέρον γνωστικό αντικείμενο. Την προσπάθειά μου αυτή υποστήριξε τους επιβλέποντες καθηγητές μου, τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω. Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη συμπαράσταση κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.



## Περίληψη

Στον σύγχρονο κόσμο της πληροφορικής και της τεχνολογίας, η εξέλιξη των υπηρεσιών και των υποδομών ως υπηρεσίες νέφους αποτελεί κεντρικό κομμάτι της τεχνολογικής προόδου. Οι υπηρεσίες νέφους παρέχουν ασύγκριτη ευελιξία, κλιμακωσιμότητα και αποτελεσματικότητα, επιτρέποντας σε επιχειρήσεις και οργανισμούς να παρέχουν υψηλής απόδοσης υπηρεσίες χωρίς την ανάγκη για σημαντικές επενδύσεις σε υλικό και υποδομές. Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με τη ανάπτυξη μιας νεφοϋπολογιστικής υποδομής μέσω της χρήσης σμήνους διακομιστών, μέσων δικτύωσης και αποθήκευσης δεδομένων. Αρχικά, παρέχεται θεωρητικό υπόβαθρο για τα βασικά στοιχεία, όπως η εικονικοποίηση, περιλαμβάνοντας διάφορους τύπους και τη σημασία τους. Εξετάζονται επίσης τα χαρακτηριστικά των υπολογιστικών νεφών και τα μοντέλα που τα απαρτίζουν, με έμφαση στα οφέλη της ευελιξίας και κλιμακωσιμότητας που προσφέρουν. Η μελέτη συνεχίζεται με την ανάλυση διάφορων συστημάτων υποδομής ως υπηρεσία και υπερεποπτών, εστιάζοντας στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Η εργασία αξιολογεί την απόδοση, την ασφάλεια και τη διαθεσιμότητα των συστημάτων, καθώς και την ευκολία διαχείρισης και παρακολούθησής τους. Με βάση αυτήν την αξιολόγηση, πραγματοποιείται σύγκριση και επιλογή της βέλτιστης λύσης για την κατασκευή της υποδομής νέφους. Το βασικό μέρος της εργασίας επικεντρώνεται στην πρακτική υλοποίηση της επιλεγμένης λύσης. Αναλύονται λεπτομερώς τα βήματα για τη δημιουργία της υποδομής, από την αρχική εγκατάσταση μέχρι την παραμετροποίηση και τη διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας.

## Λέξεις Κλειδιά

Υποδομή ως υπηρεσία, Νέφος, Εικονικοποίηση, Υπερεπόπτης, Εικονική μηχανή.

## **Abstract**

In today's world of IT and technology, the evolution of services and infrastructure as cloud services is a central part of technological progress. Cloud services provide unparalleled flexibility, scalability and efficiency, enabling businesses and organisations to deliver high performance services without the need for significant hardware and infrastructure investments. This thesis addresses the deployment of a cloud infrastructure through the use of a cluster of servers, networking media and data storage. Initially, a theoretical background is provided on the basics such as virtualization, including various types and their importance. The characteristics of cloud computing and its constituent models are also examined, with a focus on the benefits of the flexibility and scalability they offer. The study continues with an analysis of various infrastructure as a service and hypervisors, focusing on their advantages and disadvantages. The paper evaluates the performance, security and availability of the systems, as well as their ease of management and monitoring. Based on this evaluation, a comparison and selection of the optimal solution for the construction of the cloud infrastructure is carried out. The main part of the paper focuses on the practical implementation of the selected solution. The steps to set up the infrastructure, from initial installation to configuration and ensuring smooth operation, are analysed in detail.

## **Keywords**

Infrastructure as a service, cloud, Virtualization, Hypervisor, Virtual Machine.

## Πίνακας Περιεχομένων

<b>ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....</b>	<b>vii</b>
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....</b>	<b>ix</b>
<b>Περίληψη.....</b>	<b>xi</b>
<b>Λέξεις Κλειδιά .....</b>	<b>xi</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>xii</b>
<b>Keywords.....</b>	<b>xii</b>
<b>Κατάλογος Εικόνων.....</b>	<b>xvi</b>
<b>Κατάλογος Πινάκων .....</b>	<b>xviii</b>
<b>Κατάλογος Συντομογραφιών.....</b>	<b>xix</b>
<b>Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....</b>	<b>1</b>
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Σκοπός και αντικείμενο μελέτης.....	1
1.3 Διάρθρωση κεφαλαίων.....	1
<b>Κεφάλαιο 2. Θεωρητικό Μέρος .....</b>	<b>3</b>
2.1 Εισαγωγή.....	3
2.2 Τι είναι Νέφος.....	3
2.3 Χαρακτηριστικά του Νέφους.....	3
2.4 Μοντέλα Ανάπτυξης Νεφών.....	6
2.5 Τεχνολογία Κέντρου Δεδομένων.....	12
2.6 Μοντέλα Παράδοσης Νέφους.....	16
2.6.1 Υποδομή ως Υπηρεσία (IaaS).....	17
2.6.2 Πλατφόρμα ως Υπηρεσία (PaaS).....	18
2.6.3 Λογισμικό ως Υπηρεσία (SaaS).....	19
2.6.4 Άλλα μοντέλα.....	20
2.7 Τι είναι Εικονικοποίηση.....	21
2.8 Τύποι Εικονικοποίησης.....	21
2.8.1 Εικονικοποίηση κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (CPU Virtualisation).....	22
2.8.2 Πλήρης εικονικοποίηση (Full virtualization).....	23
2.8.3 Παρα-εικονικοποίηση (Paravirtualisation).....	24
2.8.4 Εικονικοποίηση υποβοηθούμενη από το υλικό (Hardware-Assisted Virtualisation).....	26
2.8.5 Εικονικοποίηση Λειτουργικού Συστήματος (OS Level Virtualisation).....	27
2.8.6 Εικονικοποίηση μνήμης (Memory Virtualisation).....	28
2.8.7 Εμφωλευμένη εικονικοποίηση (Nested Virtualisation).....	29
2.9 Τύποι Υπερεποπτών (Hypervisors).....	30
2.9.1 Γυμνού μετάλλου (Bare metal).....	30

2.9.2	Φιλοξενούμενοι (Hosted).....	31
2.10	Μηχανισμοί Υποδομής Νέφους.....	32
2.10.1	Εικονικός Εξυπηρετητής.....	32
2.10.2	Συσκευή Αποθήκευσης Νέφους.....	33
2.10.3	Εποπτεία Νέφους.....	34
2.10.4	Αντιγραφή πόρων.....	36
2.10.5	Επόπτης Εικονικών Εξυπηρετητών.....	37
2.10.6	Συστάδα πόρων.....	38
<b>Κεφάλαιο 3.</b>	<b>Πειραματικό Μέρος.....</b>	<b>41</b>
3.1	Εισαγωγή.....	41
3.2	Σύγκριση των διαφόρων συστημάτων IaaS.....	41
3.2.1	OpenStack.....	41
3.2.2	Eucalyptus.....	43
3.2.3	CloudStack.....	44
3.2.4	OpenNebula.....	46
3.2.5	VMware vCloud.....	48
3.2.6	oVirt.....	49
3.2.7	Nimbus.....	51
3.3	Σύγκριση των διαφόρων Υπερεποπτών.....	52
3.3.1	KVM.....	53
3.3.2	Xen Cloud Platform.....	54
3.3.3	Citrix XenServer.....	55
3.3.4	LXD/LXC.....	57
3.3.5	AWS Firecracker.....	58
3.3.6	Vmware ESXI 7.....	59
3.3.7	Hyper-V.....	61
3.4	Κριτήρια επιλογής IaaS και υπερεπόπτη.....	62
3.5	Επισκόπηση του OpenStack.....	65
3.5.1	Αρχιτεκτονική του OpenStack.....	65
3.5.2	Υπηρεσίες που αποτελούν το OpenStack.....	67
3.6	Δικτυακή υποδομή του OpenStack.....	67
3.6.1	Αρχιτεκτονική του δικτύου του OpenStack.....	68
3.6.2	Υπηρεσίες δικτύου στο OpenStack.....	70
3.6.3	Τεχνολογίες μεταγωγέα δικτύου OpenStack.....	72
3.6.4	Ροή κυκλοφορίας δικτύου εικονικών μηχανών.....	76
3.7	Επιλεγμένα δομοστοιχεία OpenStack.....	88
3.7.1	Keystone.....	88

3.7.2	Skyline.....	88
3.7.3	Nova.....	89
3.7.4	Glance.....	89
3.7.5	Neutron.....	89
3.7.6	Zun.....	89
3.7.7	Kuryr.....	89
3.7.8	Heat.....	89
3.8	Εγκατάσταση και παραμετροποίηση του δικτύου.....	90
3.8.1	Εγκατάσταση και παραμετροποίηση του δρομολογητή.....	90
3.8.2	Εγκατάσταση και παραμετροποίηση του μεταγωγέα.....	92
3.9	Εγκατάσταση και παραμετροποίηση των εξυπηρετητών.....	92
3.10	Εγκατάσταση και παραμετροποίηση του OpenStack.....	93
3.10.1	Διαμόρφωση των ρόλων και των δικαιωμάτων πρόσβασης.....	94
3.11	Δημιουργία και διαχείριση εικονικών μηχανών.....	96
3.12	Αποδοτική χρήση των πόρων.....	97
3.13	Παρακολούθηση και βελτιστοποίηση των πόρων.....	97
<b>Κεφάλαιο 4. Βελτιστοποίηση.....</b>		<b>98</b>
4.1	Εισαγωγή.....	98
4.2	Προβλήματα και προκλήσεις.....	98
4.2.1	Αναγνώριση και ανάλυση των προβλημάτων.....	98
4.2.2	Προκλήσεις στη βελτιστοποίηση της υποδομής.....	99
4.3	Βελτιστοποίηση των δικτυακών παραμέτρων.....	99
4.3.1	Εικονικά τοπικά δίκτυα.....	100
4.3.2	Επέκταση διευθύνσεων IPv6.....	102
4.4	Φυσική Εγκατάσταση.....	104
4.4.1	Στέγαση του εξοπλισμού στο ερμάριο.....	104
4.4.2	Ρεύματα.....	105
4.4.3	Ροή αέρα.....	106
4.4.4	Κλιματισμός.....	107
<b>Κεφάλαιο 5. Επίλογος και Μελλοντική Εργασία.....</b>		<b>108</b>
5.1	Συμπεράσματα και αξιολόγηση της υλοποίησης.....	108
5.2	Προοπτικές για μελλοντική επέκταση και βελτίωση του συστήματος.....	109
5.3	Τελικές σκέψεις και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	109
<b>Βιβλιογραφία.....</b>		<b>111</b>
<b>Παράρτημα I.....</b>		<b>114</b>
<b>Παράρτημα II.....</b>		<b>153</b>

## Κατάλογος Εικόνων

<b>Εικόνα 1:</b> Δημόσιο νέφος.....	7
<b>Εικόνα 2:</b> Τύποι ιδιωτικού νέφους.....	9
<b>Εικόνα 3:</b> Υβριδικό νέφος.....	10
<b>Εικόνα 4:</b> Νέφος κοινότητας εσωτερικής εγκατάστασης.....	11
<b>Εικόνα 5:</b> Νέφος κοινότητας εξωτερικής φιλοξενίας.....	12
<b>Εικόνα 6:</b> Εικονικοποίηση σε ένα κέντρο δεδομένων.....	13
<b>Εικόνα 7:</b> Μοντέλα παράδοσης νέφους .....	17
<b>Εικόνα 8:</b> Προσέγγιση δυαδικής μετάφρασης σε εικονικοποίηση x86 [7].....	24
<b>Εικόνα 9:</b> προσέγγιση παρά εικονικοποίησης σε εικονικοποίηση x86 [7] .....	25
<b>Εικόνα 10:</b> Προσέγγιση εικονικοποίησης υποβοηθούμενη από το υλικό σε εικονικοποίηση x86 [7] .....	26
<b>Εικόνα 11:</b> Διαδικασία αντιστοίχισης μνήμης δύο επιπέδων [7] .....	29
<b>Εικόνα 12:</b> Πολλαπλά επίπεδα εικονικοποίησης (στα αριστερά) πολυπλέκονται στο επίπεδο εικονικοποίησης υλικού (στα δεξιά) [4].....	30
<b>Εικόνα 13:</b> Αρχιτεκτονικές Εικονικοποίησης [9].....	31
<b>Εικόνα 14:</b> Παράδειγμα δύο εικονικών εξυπηρετητών που βασίζονται στον ίδιο φυσικό εξυπηρετητή και παρέχουν υπηρεσίες σε διαφορετικούς χρήστες .....	33
<b>Εικόνα 15:</b> Παράδειγμα πράκτορα εποπτείας.....	35
<b>Εικόνα 16:</b> Παράδειγμα πράκτορα πόρων.....	35
<b>Εικόνα 17:</b> Παράδειγμα πράκτορα σταθμοσκόπησης .....	36
<b>Εικόνα 18:</b> Παράδειγμα αντιγραφής πόρων.....	37
<b>Εικόνα 19:</b> Η οθόνη εικονικής μηχανής ελέγχει και διαχειρίζεται εικονικούς εξυπηρετητές που εκτελούνται σε φυσικούς εξυπηρετητές.....	37
<b>Εικόνα 20:</b> Παράδειγμα επιπέδου επικοινωνίας μεταξύ κόμβων .....	40
<b>Εικόνα 21:</b> Συσχέτιση υπηρεσιών OpenStack .....	66
<b>Εικόνα 22:</b> Αρχιτεκτονική και ροή δικτύωσης των στοιχείων δικτύωσης του OpenStack.....	68
<b>Εικόνα 23:</b> Απεικόνιση δικτυακής συνδεσιμότητας των τύπων του OpenStack .....	69
<b>Εικόνα 24:</b> Δίκτυα παρόχων νετρονίων και δίκτυα ενοικιαστών.....	70
<b>Εικόνα 25:</b> αρχιτεκτονική Αρθρωτού επιπέδου 2 (ML2) .....	72
<b>Εικόνα 26:</b> Διεπαφή δύο γεφυρών OVS μέσω μιας θύρας patch σε κάθε μεταγωγέα [39]... ..	74
<b>Εικόνα 27:</b> Αρχιτεκτονική Open virtual network.....	76
<b>Εικόνα 28:</b> Σενάριο Βορρά-Νότου 1: Εικονική μηχανή με σταθερή διεύθυνση IPv4 .....	78
<b>Εικόνα 29:</b> Σενάριο Βορρά-Νότου 2: Εικονική μηχανή με κινητή διεύθυνση IPv4.....	81
<b>Εικόνα 30:</b> Σενάριο ανατολής-δύσης 1: Εικονικές μηχανές στο ίδιο δίκτυο .....	84
<b>Εικόνα 31:</b> Σενάριο ανατολής-δύσης 2: Εικονικές μηχανές σε διαφορετικά δίκτυα.....	86
<b>Εικόνα 32:</b> Συνδεσμολογία φυσικής υποδομής νέφους.....	91
<b>Εικόνα 33:</b> Σελίδα εισόδου χρήστη OpenStack.....	94
<b>Εικόνα 34:</b> Γραφική διεπαφή OpenStack για διαχειριστές.....	95
<b>Εικόνα 35:</b> Γραφική διεπαφή OpenStack για απλούς χρήστες.....	95
<b>Εικόνα 36:</b> Συνδεσμολογία φυσικής υποδομής νέφους με προσθήκη εικονικών τοπικών δικτύων .....	101
<b>Εικόνα 37:</b> Συνδεσμολογία φυσικής υποδομής νέφους με προσθήκη εικονικών τοπικών δικτύων και διεύθυνσης IPv6 .....	103
<b>Εικόνα Παρ.ΙΙ.1:</b> Σχήμα Εργασιών WBS .....	155
<b>Εικόνα Παρ.ΙΙ.2:</b> Gantt Chart - 1.....	156



**Εικόνα Παρ.ΙΙ.3:** Gantt Chart - 2..... 157

## Κατάλογος Πινάκων

<b>Πίνακας 1:</b> Χαρακτηριστικά OpenStack [12], [13] .....	41
<b>Πίνακας 2:</b> Χαρακτηριστικά Eucalyptus [14], [15] .....	43
<b>Πίνακας 3:</b> Χαρακτηριστικά CloudStack [18], [19] .....	45
<b>Πίνακας 4:</b> Χαρακτηριστικά OpenNebula [21].....	47
<b>Πίνακας 5:</b> Χαρακτηριστικά VMware Vcloud [22].....	48
<b>Πίνακας 6:</b> Χαρακτηριστικά Onvirt [24] .....	50
<b>Πίνακας 7:</b> Χαρακτηριστικά Nimbus [26].....	51
<b>Πίνακας 8:</b> Χαρακτηριστικά υπερεπόπτη KVM [27] .....	53
<b>Πίνακας 9:</b> Χαρακτηριστικά υπερεπόπτη Xen Cloud Platform .....	55
<b>Πίνακας 10:</b> Χαρακτηριστικά υπερεπόπτη Citrix XenServer [29] .....	56
<b>Πίνακας 11:</b> Χαρακτηριστικά υπερεπόπτη LXD/LXC [32], [33] .....	57
<b>Πίνακας 12:</b> Χαρακτηριστικά υπερεπόπτη AWS Firecracker [35] .....	58
<b>Πίνακας 13:</b> Χαρακτηριστικά υπερεπόπτη VMware ESXI 7 [36].....	60
<b>Πίνακας 14:</b> Χαρακτηριστικά υπερεπόπτη Hyper-V [37] .....	61
<b>Πίνακας Παρ.Ι.1:</b> Χαρακτηριστικά εξυπηρετητών νέφους [40].....	114
<b>Πίνακας Παρ.Ι.2:</b> Πλατφόρμες διαχείρισης νέφους .....	116
<b>Πίνακας Παρ.Ι.3:</b> Χαρακτηριστικά υπερεποπτών .....	140
<b>Πίνακας Παρ.Ι.4:</b> Έκδοση προγράμματος δομοστοιχείας .....	144
<b>Πίνακας Παρ.Ι.5:</b> Κώδικας δρομολογητή .....	146
<b>Πίνακας Παρ.Ι.6:</b> Κώδικας μεταγωγέα.....	149
<b>Πίνακας Παρ.ΙΙ.1:</b> Αναλυτική δομή εργασιών (WBS) .....	153

## Κατάλογος Συντομογραφιών

<b>RISC</b>	Reduced Instruction Set Computer
<b>SGDT</b>	Store Global Descriptor Table
<b>SMSW</b>	Store Machine Status Word
<b>VIM</b>	Virtual Infrastructure Manager
<b>API</b>	Application Programming Interface
<b>AMQP</b>	Advanced Message Queuing Protocol
<b>DHCP</b>	Dynamic Host Configuration Protocol
<b>DNS</b>	Domain Name server
<b>VPN</b>	Virtual Private Network
<b>GRE</b>	Generic Routing Encapsulation
<b>VLAN</b>	Virtual Local Area Network
<b>VxLAN</b>	Virtual Extensible Local Area Network
<b>SNAT</b>	Source Network Address Translation
<b>DNAT</b>	Destination Network Address Translation
<b>UUID</b>	Universal Unique Identifier
<b>MAC</b>	Media Access Control
<b>RAM</b>	Random Access Memory
<b>NIC</b>	Network Interface Card
<b>SAML</b>	Security Assertion Markup Language
<b>LDAP</b>	Lightweight Directory Access Protocol
<b>GNU</b>	GNU's Not Unix
<b>BIOS</b>	Basic input/output System
<b>REST</b>	Representational State Transfer
<b>RAID</b>	Redundant Array Of Independent Disks
<b>RBAC</b>	Role Based Access Control

## **Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή**

### **1.1 Εισαγωγή**

Η σύγχρονη εποχή διαμορφώνεται από την υπολογιστική νέφους, η οποία φέρνει επανάσταση στον τρόπο λειτουργίας των επιχειρήσεων και των οργανισμών. Αυτή η τεχνολογική καινοτομία προσφέρει στις επιχειρήσεις λύσεις σε πολλά προβλήματα, συμπεριλαμβανομένης της ικανότητας να κλιμακώνουν την υποδομή τους, να διαχειρίζονται με ασφάλεια δεδομένα και να εξοικονομούν πόρους. Επιπλέον, ανταποκρίνεται στην αυξανόμενη ζήτηση για αποθήκευση και επεξεργασία δεδομένων, ενώ παράλληλα διατηρεί την ευελιξία και την προσαρμοστικότητα στις μεταβαλλόμενες επιχειρηματικές ανάγκες. Συνολικά, η υπολογιστική νέφους δεν είναι απλώς μια τεχνολογική εξέλιξη, αλλά ένα ζωτικό συστατικό για τη βελτίωση της επιχειρησιακής αποτελεσματικότητας.

### **1.2 Σκοπός και αντικείμενο μελέτης**

Ο πρωταρχικός στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση και η υλοποίηση μιας νεφοϋπολογιστικής υποδομής. Η εμφάνιση της υπολογιστικής νέφους έχει επιφέρει μια σημαντική αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο οι οργανισμοί προσεγγίζουν τη διαχείριση των υποδομών και των υπηρεσιών τους. Παρέχοντας την ευκολία της ευέλικτης και αποτελεσματικής λειτουργίας ως υπηρεσία, δίνει τη δυνατότητα στις εταιρείες να προσαρμόζονται γρήγορα στις εξελίξεις, διασφαλίζοντας παράλληλα τη βέλτιστη απόδοση των υπηρεσιών αυτών.

Λαμβάνοντας υπόψη τις αρχιτεκτονικές, τις τεχνολογίες και τις προτεραιότητες που σχετίζονται με την υπολογιστική νέφους, ο σχεδιασμός και η υλοποίηση μιας υποδομής ως υπηρεσία απαιτεί λεπτομερή γνώση και εξειδίκευση σε πολλούς τομείς της πληροφορικής και της δικτύωσης. Η ομαλή λειτουργία του νέφους απαιτεί βέλτιστες πρακτικές, διαχείριση πόρων και ασφάλεια. Αυτά τα στοιχεία θα συζητηθούν όλα διεξοδικά.

### **1.3 Διάρθρωση κεφαλαίων**

Αρχικά, στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας αναλύονται οι θεωρητικές έννοιες που σχετίζονται με την υπολογιστική νέφους καθώς επίσης και η αρχιτεκτονική της, και οι διάφοροι τύποι εικονικοποίησης. Στη συνέχεια, στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφονται τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στην υπηρεσία που μελετάται. Επίσης, αναλύονται τα διάφορα συστήματα υποδομής ως υπηρεσία και οι υπερεπόπτες όπου και συγκρίνονται για την επιλογή των καταλληλότερων από αυτά. Έπειτα, αναλύεται το επιλεγμένο σύστημα υποδομής, όπως επίσης και τα διάφορα συστήματα και εργαλεία που το αποτελούν. Επιπλέον, στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναφέρονται τα προβλήματα και οι δυσκολίες που προέκυψαν κατά την υλοποίηση της υποδομής, οι τρόποι όπου θα μπορούσαν να ξεπεραστούν καθώς

και οι μέθοδοι για τη βελτιστοποίηση της υποδομής. Τέλος, το 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο αφορά τα τελικά συμπεράσματα και τις τελικές σκέψεις για την εργασία. Ακόμα, αναλύονται πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις και βελτιστοποιήσεις της υπηρεσίας που υλοποιήθηκε.

## Κεφάλαιο 2. Θεωρητικό Μέρος

### 2.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα εξεταστεί το θεωρητικό υπόβαθρο των βασικών εννοιών της υπολογιστικής νέφους, καθώς και τα διάφορα μοντέλα και μηχανισμούς που την απαρτίζουν. Επιπλέον, θα αναλυθούν εκτενώς οι διάφοροι τύποι εικονικοποίησης και οι αντίστοιχες αρχιτεκτονικές τους, καθώς και οι τύποι των υπερεποπτών (hypervisors).

### 2.2 Τι είναι Νέφος

Η υπολογιστική νέφος (cloud computing) είναι ένα μοντέλο που επιτρέπει την εύκολη, κατ' απαίτηση πρόσβαση στο δίκτυο σε μια κοινόχρηστη ομάδα διαμορφώσιμων υπολογιστικών πόρων, όπως δίκτυα, εξυπηρετητές, χώρο αποθήκευσης, εφαρμογές και υπηρεσίες, που μπορεί να παραδοθεί και να κυκλοφορήσει γρήγορα με ελάχιστη προσπάθεια διαχείρισης ή αλληλεπίδρασης από τον πάροχο των υπηρεσιών [1].

Ένα νέφος είναι μια συλλογή υπολογιστικών και δικτυακών πόρων, συμπεριλαμβανομένων πόρων υλικού και λογισμικού στους οποίους έχει πρόσβαση ένας χρήστης μέσω ενός δικτύου. Η υπολογιστική νέφος είναι ένα μοντέλο που επιτρέπει στους καταναλωτές να χρησιμοποιούν εύχρηστα στοιχεία πληροφορικής ως υπηρεσία από την υποδομή νέφους ενός παρόχου. Μια υπηρεσία νέφος είναι οποιοσδήποτε συνδυασμός πόρων, όπως η αποθήκευση και η επεξεργασία δεδομένων προσβάσιμη σε δίκτυο, πλήρως εξοπλισμένες εφαρμογές και εργαλεία ανάπτυξης και ανάπτυξης λογισμικού που προσφέρονται για κατανάλωση από έναν πάροχο νέφους. Ο πάροχος διατηρεί κοινόχρηστους πόρους και αυτοί διατίθενται στους καταναλωτές ως υπηρεσίες μέσω ενός δικτύου, όπως το διαδίκτυο ή ένα ιδιωτικό δίκτυο. Οι ίδιοι οι καταναλωτές παρέχουν τους πόρους από τις ομάδες, όπως και όταν απαιτείται, χωρίς να χρειάζεται να αλληλεπιδράσουν με τον πάροχο κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.

### 2.3 Χαρακτηριστικά του Νέφους

Με βάση το NIST(National Institute of Standards and Technology) καθορίζεται ότι μια υποδομή νέφους πρέπει να έχει τα πέντε βασικά χαρακτηριστικά που αναφέρονται παρακάτω [1]:

- Αυτοεξυπηρέτηση κατά παραγγελία
- Ευρεία πρόσβαση στο δίκτυο
- Συγκέντρωση πόρων
- Ταχεία ελαστικότητα
- Μετρήσιμη εξυπηρέτηση

**Αυτοεξυπηρέτηση κατά παραγγελία:** Ένας καταναλωτής μπορεί να παρέχει μονομερώς υπολογιστικές δυνατότητες, όπως χρόνο εξυπηρετητή ή δικτυακή αποθήκευση, όπως απαιτείται αυτόματα χωρίς να απαιτείται ανθρώπινη αλληλεπίδραση με κάθε πάροχο υπηρεσιών [1].

Στην υπολογιστική νέφος, οι καταναλωτές έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν οποιονδήποτε πόρο πληροφορικής απαιτούν από ένα νέφος, όποτε θέλουν. Η αυτοεξυπηρέτηση σημαίνει ότι οι ίδιοι οι καταναλωτές πραγματοποιούν όλες τις δραστηριότητες που απαιτούνται για την παροχή των πόρων του νέφους.

Για να ενεργοποιηθεί η αυτοεξυπηρέτηση κατά παραγγελία, ένας πάροχος νέφους καθιστά διαθέσιμη μια απλή και φιλική προς το χρήστη πύλη αυτοεξυπηρέτησης, η οποία είναι ένας ιστότοπος που επιτρέπει στους καταναλωτές να βλέπουν και να παραγγέλνουν υπηρεσίες νέφους. Ο πάροχος νέφους δημοσιεύει έναν κατάλογο υπηρεσιών στην πύλη αυτοεξυπηρέτησης. Ένας πιθανός καταναλωτής μπορεί να χρησιμοποιήσει την πύλη αυτοεξυπηρέτησης μέσω ενός προγράμματος περιήγησης για να προβάλει τις υπηρεσίες νέφους που αναφέρονται στον κατάλογο υπηρεσιών. Ο καταναλωτής μπορεί στη συνέχεια να υποβάλει αίτημα για τις απαιτούμενες υπηρεσίες μέσω της πύλης αυτοεξυπηρέτησης. Η επεξεργασία του αιτήματος γίνεται αυτόματα χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση από την πλευρά του παρόχου.

**Ευρεία πρόσβαση στο δίκτυο:** Οι δυνατότητες είναι διαθέσιμες μέσω του δικτύου και προσπελάζονται μέσω τυπικών μηχανισμών που προωθούν τη χρήση από ετερογενείς λεπτές ή παχιές πλατφόρμες πελατών (όπως κινητά τηλέφωνα, φορητούς υπολογιστές και σταθμούς εργασίας) [1].

Οι καταναλωτές έχουν πρόσβαση σε υπηρεσίες νέφους σε οποιαδήποτε συσκευή πελάτη/τελικού σημείου από οπουδήποτε μέσω δικτύου, όπως το διαδίκτυο ή το ιδιωτικό δίκτυο ενός οργανισμού. Για παράδειγμα, μια εφαρμογή νέφους, όπως ένας δημιουργός εγγράφων και πρόγραμμα επεξεργασίας που βασίζεται στον ιστό, η οποία είναι προσβάσιμη και χρησιμοποιείται ανά πάσα στιγμή μέσω του Διαδικτύου. Οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση και να επεξεργάζονται έγγραφα από οποιαδήποτε συσκευή συνδεδεμένη στο διαδίκτυο, εξαλείφοντας την ανάγκη εγκατάστασης της εφαρμογής ή οποιουδήποτε εξειδικευμένου λογισμικού πελάτη στη συσκευή. Στην υπολογιστική νέφος, οι δυνατότητες πρόσβασης στο δίκτυο ξεπερνούν αυτές των εφαρμογών.

**Συγκέντρωση πόρων:** Οι υπολογιστικοί πόροι του παρόχου συγκεντρώνονται για να εξυπηρετούν πολλούς καταναλωτές χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο πολλαπλών ενοικιαστών, με διαφορετικούς φυσικούς και εικονικούς πόρους που εκχωρούνται δυναμικά και εκχωρούνται εκ νέου ανάλογα με τη ζήτηση των καταναλωτών. Υπάρχει μια αίσθηση ανεξαρτησίας τοποθεσίας, καθώς ο πελάτης γενικά δεν έχει έλεγχο ή γνώση σχετικά με την ακριβή τοποθεσία των παρεχόμενων πόρων, αλλά μπορεί να είναι σε θέση να προσδιορίσει την τοποθεσία σε υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης (όπως χώρα, πολιτεία ή κέντρο δεδομένων). Παραδείγματα πόρων περιλαμβάνουν την αποθήκευση, την επεξεργασία, τη μνήμη και το εύρος ζώνης δικτύου [1].

Η πολυενοικίαση αναφέρεται σε μια αρχιτεκτονική στην οποία εξυπηρετούνται πολλαπλοί ανεξάρτητοι καταναλωτές χρησιμοποιώντας ένα ενιαίο σύνολο πόρων. Ένας μισθωτής μπορεί να είναι ένας μεμονωμένος χρήστης, μία ομάδα χρηστών ή ένας οργανισμός. Το μοντέλο πολλαπλών μισθωτών δίνει τη δυνατότητα σε έναν πάροχο να προσφέρει υπηρεσίες με χαμηλότερο κόστος μέσω της κλίμακας οικονομίας. Αυτό είναι παρόμοιο με τους ενοικιαστές που μοιράζονται ένα φυσικό κτίριο, όπως ένα ξενοδοχείο. Ακριβώς όπως το κτίριο μπορεί να κατοικείται από πολλούς κατοίκους ή ενοικιαστές, ο καθένας με τον δικό του ιδιωτικό χώρο, μια υποδομή νέφους πολλαπλών ενοικιαστών περιέχει πισίνες διαφορετικών τύπων πόρων που εξυπηρετούν πολλούς ανεξάρτητους καταναλωτές.

**Ταχεία ελαστικότητα:** Οι δυνατότητες μπορούν να παρέχονται και να απελευθερώνονται ελαστικά, σε ορισμένες περιπτώσεις αυτόματα, ώστε να κλιμακώνονται γρήγορα προς τα έξω και προς τα μέσα, ανάλογα με τη ζήτηση. Για τον καταναλωτή, οι δυνατότητες που είναι διαθέσιμες για παροχή συχνά φαίνονται απεριόριστες και μπορούν να ιδιοποιηθούν σε οποιαδήποτε ποσότητα ανά πάσα στιγμή [1].

Η ταχεία ελαστικότητα αναφέρεται στην ικανότητα των καταναλωτών να ζητούν γρήγορα, να λαμβάνουν και αργότερα να απελευθερώνουν όσους πόρους χρειάζονται. Το χαρακτηριστικό της ταχείας ελαστικότητας δίνει στους καταναλωτές την αίσθηση της διαθεσιμότητας απεριόριστων πόρων πληροφορικής που μπορούν να παρασχεθούν ανά πάσα στιγμή. Ακόμα, επιτρέπει στους καταναλωτές να προσαρμόζονται στις διακυμάνσεις του φόρτου εργασίας επεκτείνοντας γρήγορα και δυναμικά ή μειώνοντας τους πόρους και να διατηρήσουν αναλογικά το απαιτούμενο επίπεδο απόδοσης. Οι διακυμάνσεις του φόρτου εργασίας μπορεί να είναι εποχιακές, εκθετικές ή παροδικές. Οι καταναλωτές μπορούν να αξιοποιήσουν το χαρακτηριστικό ταχείας ελαστικότητας μιας υποδομής νέφους όταν έχουν τέτοιες διακυμάνσεις στο φόρτο εργασίας και στις απαιτήσεις πόρων πληροφορικής. Αυτό μπορεί να τους επιτρέψει να αποφύγουν το υπερβολικό κόστος από την υπερβολική παροχή πόρων.

Η δυναμική παροχή πόρων μπορεί να είναι χειροκίνητη ή αυτοματοποιημένη. Απαιτεί παρακολούθηση της χρήσης πόρων και παροχή πρόσθετων πόρων, όπως και όταν απαιτείται, για την κάλυψη της ζήτησης. Στα συστήματα νέφους, η ελαστική παροχή γίνεται συνήθως μέσω κάποιου αυτοματισμού, καθώς η χειροκίνητη εκτέλεση των εργασιών μπορεί να είναι χρονοβόρα, κουραστική και επιρρεπής σε σφάλματα.

**Μετρήσιμη εξυπηρέτηση:** Τα συστήματα νέφους ελέγχουν και βελτιστοποιούν αυτόματα τη χρήση των πόρων αξιοποιώντας μια ικανότητα μέτρησης σε κάποιο επίπεδο αφαίρεσης κατάλληλο για τον τύπο της υπηρεσίας (όπως αποθήκευση, επεξεργασία, εύρος ζώνης και ενεργοί λογαριασμοί χρηστών). Η χρήση πόρων μπορεί να παρακολουθείται, να ελέγχεται και να αναφέρεται, παρέχοντας διαφάνεια τόσο για τον πάροχο όσο και για τον καταναλωτή της χρησιμοποιούμενης υπηρεσίας.

Μία υποδομή νέφους διαθέτει ένα σύστημα μέτρησης που παράγει λογαριασμούς για τους καταναλωτές με βάση τις υπηρεσίες που χρησιμοποιούν. Το σύστημα μέτρησης παρακολουθεί συνεχώς τη χρήση πόρων ανά καταναλωτή και παρέχει αναφορές σχετικά με τη χρήση των πόρων. Για



παράδειγμα, το σύστημα μέτρησης παρακολουθεί τη χρήση του χρόνου του επεξεργαστή, του εύρους ζώνης δικτύου και της χωρητικότητας αποθήκευσης. Παρέχει επίσης, πληροφορίες σχετικά με την τρέχουσα ζήτηση στο νέφος και βοηθά τους παρόχους με τον προγραμματισμό χωρητικότητας και υπηρεσιών. Η παρακολούθηση της χρήσης πόρων βοηθά στον εντοπισμό του πότε χρειάζεται να παρασχεθούν (ή να απελευθερωθούν) δυναμικά πρόσθετοι πόροι για την κάλυψη του φόρτου εργασίας. Αυτό υποστηρίζει το χαρακτηριστικό νέφος της ταχείας ελαστικότητας. Η μέτρηση παρέχει στους καταναλωτές καλύτερη αίσθηση της κατανάλωσης πόρων και παρέχει διαφάνεια στη τιμολόγηση και στην επαλήθευση της τήρησης των επιπέδων εξυπηρέτησης.

## 2.4 Μοντέλα Ανάπτυξης Νεφών

Ένα μοντέλο ανάπτυξης νέφους παρέχει μια βάση για τον τρόπο κατασκευής, διαχείρισης και πρόσβασης της υποδομής του νέφους. Βάσει του NIST καθορίζονται τέσσερα κύρια μοντέλα ανάπτυξης νέφους όπως φαίνεται παρακάτω [1]:

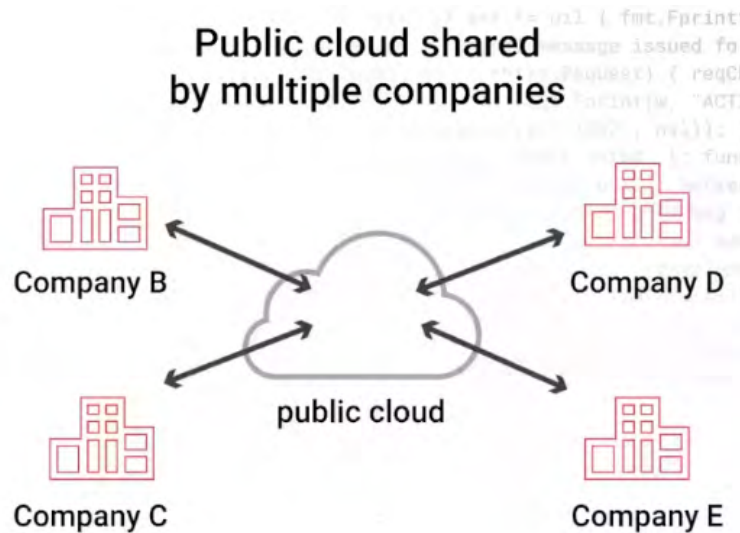
- Δημόσιο νέφος
- Ιδιωτικό νέφος
- Υβριδικό νέφος
- Κοινοτικό Νέφος

Κάθε μοντέλο ανάπτυξης νέφους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιοδήποτε από τα μοντέλα υπηρεσιών νέφους: υποδομή ως υπηρεσία, πλατφόρμα ως υπηρεσία και λογισμικό ως υπηρεσία που θα αναφερθούν σε παρακάτω υπό κεφάλαια. Τα διαφορετικά μοντέλα ανάπτυξης παρουσιάζουν μια σειρά από συμβιβασμούς όσον αφορά τον έλεγχο, την κλίμακα, το κόστος και τη διαθεσιμότητα των πόρων.

**Δημόσιο νέφος:** Η υποδομή νέφους παρέχεται για ανοιχτή χρήση από το ευρύ κοινό. Μπορεί να ανήκει, να διαχειρίζεται και να λειτουργείται από επιχείρηση, ακαδημαϊκό ή κυβερνητικό οργανισμό ή από κάποιον συνδυασμό αυτών. Υπάρχει στις εγκαταστάσεις του παρόχου νέφους [1].

Ένα δημόσιο νέφος είναι μια υποδομή νέφους που αναπτύσσεται από έναν πάροχο για να προσφέρει υπηρεσίες νέφους στο ευρύ κοινό ή/και οργανισμούς μέσω του διαδικτύου. Στο μοντέλο του δημόσιου νέφους, μπορεί να υπάρχουν πολλοί μισθωτές που μοιράζονται κοινούς πόρους. Ένας πάροχος έχει συνήθως προεπιλεγμένα επίπεδα υπηρεσιών για όλους τους καταναλωτές του δημόσιου νέφους. Ο πάροχος μπορεί να μεταφέρει το φόρτο εργασίας ενός καταναλωτή ανά πάσα στιγμή και σε οποιαδήποτε τοποθεσία. Ορισμένοι πάροχοι ενδέχεται να παρέχουν προαιρετικά λειτουργίες που επιτρέπουν σε έναν καταναλωτή να διαμορφώσει το λογαριασμό του με συγκεκριμένους περιορισμούς τοποθεσίας. Οι δημόσιες υπηρεσίες νέφους μπορεί να είναι δωρεάν, να βασίζονται σε συνδρομή ή να παρέχονται σε μοντέλο πληρωμής ανά χρήση.

Το δημόσιο νέφος παρέχει τα οφέλη της χαμηλής αρχικής δαπάνης σε πόρους πληροφορικής και της τεράστιας επεκτασιμότητας. Ωστόσο, ορισμένες ανησυχίες για τους καταναλωτές περιλαμβάνουν τη διαθεσιμότητα του δικτύου, τους κινδύνους που σχετίζονται με την πολλαπλή μίσθωση, την περιορισμένη ή καθόλου ορατότητα και έλεγχο των πόρων και των δεδομένων του νέφους, καθώς και περιοριστικά προεπιλεγμένα επίπεδα υπηρεσιών.



Εικόνα 1: Δημόσιο νέφος<sup>1</sup>

**Ιδιωτικό νέφος:** Η υποδομή νέφους παρέχεται για αποκλειστική χρήση από ένα μόνο οργανισμό που περιλαμβάνει πολλούς καταναλωτές (για παράδειγμα, επιχειρηματικές μονάδες). Μπορεί να ανήκει, να διαχειρίζεται και να λειτουργεί ο οργανισμός, τρίτο μέρος ή κάποιος συνδυασμός τους και μπορεί να υπάρχει εντός ή εκτός των εγκαταστάσεων [1].

Οι υπηρεσίες που υλοποιούνται στο ιδιωτικό νέφος είναι αφιερωμένες στους καταναλωτές, όπως τα τμήματα και οι επιχειρηματικές μονάδες εντός του οργανισμού. Πολλοί οργανισμοί μπορεί να μην επιθυμούν να υιοθετήσουν δημόσια νέφη, καθώς είναι προσβάσιμα μέσω του ανοιχτού διαδικτύου και χρησιμοποιούνται από το ευρύ κοινό. Με ένα δημόσιο νέφος, ένας οργανισμός μπορεί να έχει ανησυχίες που σχετίζονται με το απόρρητο, τις εξωτερικές απειλές και την έλλειψη ελέγχου των πόρων και των δεδομένων πληροφορικής. Σε σύγκριση με ένα δημόσιο νέφος, ένα ιδιωτικό νέφος προσφέρει στους οργανισμούς μεγαλύτερο βαθμό απορρήτου και έλεγχο της υποδομής, των εφαρμογών και των δεδομένων του νέφους. Το μοντέλο ιδιωτικού νέφους συνήθως υιοθετείται από οργανισμούς

<sup>1</sup> <https://www.akamai.com/glossary/what-is-public-cloud>

μεγαλύτερου μεγέθους που διαθέτουν τους πόρους για την ανάπτυξη και τη λειτουργία ιδιωτικών νεφών.

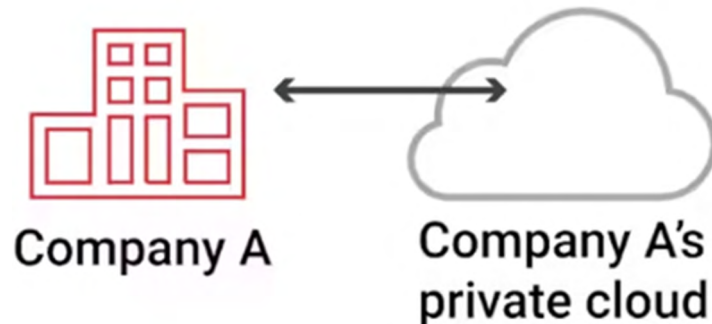
Υπάρχουν δύο παραλλαγές ενός ιδιωτικού νέφους:

- εσωτερικής εγκατάστασης
- εξωτερικής φιλοξενίας

Το ιδιωτικό νέφος εσωτερικής εγκατάστασης, γνωστό και ως εσωτερικό νέφος, φιλοξενείται από έναν οργανισμό στα κέντρα δεδομένων του εντός των δικών του εγκαταστάσεων. Το μοντέλο ιδιωτικού νέφους εσωτερικής εγκατάστασης επιτρέπει σε έναν οργανισμό να έχει τον πλήρη έλεγχο της υποδομής και των δεδομένων. Σε αυτό το μοντέλο, το τμήμα πληροφορικής του οργανισμού είναι συνήθως ο πάροχος υπηρεσιών νέφους. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ένα ιδιωτικό νέφος μπορεί επίσης να εκτείνεται σε πολλούς ιστότοπους ενός οργανισμού, με τους ιστότοπους να διασυνδέονται μέσω μιας ασφαλούς σύνδεσης δικτύου.

Στο μοντέλο ιδιωτικού νέφους εξωτερικής φιλοξενίας, ένας οργανισμός αναθέτει σε τρίτους την υλοποίηση του ιδιωτικού νέφους σε έναν εξωτερικό πάροχο υπηρεσιών νέφους. Η υποδομή φιλοξενείται στις εγκαταστάσεις του εξωτερικού παρόχου και όχι στις εγκαταστάσεις της οργάνωσης καταναλωτών. Ο πάροχος διαχειρίζεται την υποδομή και διευκολύνει ένα αποκλειστικό ιδιωτικό περιβάλλον νέφους για τον οργανισμό. Η υποδομή πληροφορικής του οργανισμού συνδέεται με το εξωτερικό ιδιωτικό νέφος που φιλοξενείται μέσω ενός ασφαλούς δικτύου. Ο πάροχος επιβάλλει μηχανισμούς ασφαλείας στο ιδιωτικό νέφος σύμφωνα με τις απαιτήσεις ασφαλείας της οργάνωσης καταναλωτών. Σε αυτό το μοντέλο, η υποδομή νέφους μπορεί να είναι κοινή από πολλούς ενοικιαστές. Ωστόσο, ο πάροχος έχει μια περίμετρο ασφαλείας γύρω από τους ιδιωτικούς πόρους νέφους της οργάνωσης καταναλωτών. Οι διωτικοί πόροι νέφους του οργανισμού διαχωρίζονται από άλλους ενοικιαστές με πολιτικές πρόσβασης που εφαρμόζονται από το λογισμικό του παρόχου.

## Private cloud



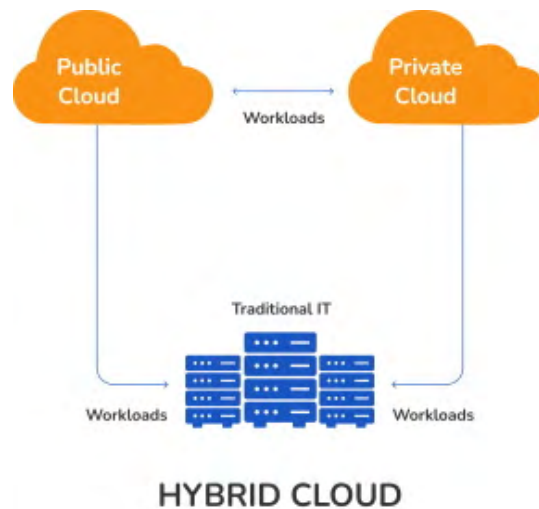
Εικόνα 2: Τύποι ιδιωτικού νέφους<sup>2</sup>

**Υβριδικό νέφος:** Η υποδομή νέφους είναι μια σύνθεση δύο ή περισσότερων διακριτών υποδομών νέφους (ιδιωτικές, κοινοτικές ή δημόσιες) που παραμένουν μοναδικές οντότητες, αλλά δεσμεύονται από τυποποιημένη ή αποκλειστική τεχνολογία που επιτρέπει τη φορητότητα δεδομένων και εφαρμογών (για παράδειγμα, νέφος ριπής για εξισορρόπηση φορτίου μεταξύ νεφών) [1].

Ένα υβριδικό νέφος μπορεί να αλλάξει με την πάροδο του χρόνου καθώς τα νέφη συνιστωσών ενώνονται και φεύγουν. Σε ένα υβριδικό περιβάλλον νέφους, τα νέφη συνδυάζονται μέσω της χρήσης ανοικτής ή αποκλειστικής τεχνολογίας, όπως διαλειτουργικά πρότυπα, αρχιτεκτονικές, πρωτόκολλα, μορφές δεδομένων, διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών και ούτω καθεξής. Η χρήση αυτής της τεχνολογίας επιτρέπει τη φορητότητα δεδομένων και εφαρμογών.

---

<sup>2</sup> <https://www.akamai.com/glossary/what-is-public-cloud>



Εικόνα 3: Υβριδικό νέφος<sup>3</sup>

**Κοινοτικό Νέφος:** Η υποδομή παρέχεται για αποκλειστική χρήση από μία συγκεκριμένη κοινότητα καταναλωτών από οργανισμούς που έχουν κοινές ανησυχίες (για παράδειγμα, θέματα αποστολής, ασφάλειας, πολιτικής και συμμόρφωσης). Μπορεί να ανήκει, να διαχειρίζεται και να λειτουργεί από έναν ή περισσότερους οργανισμούς στην κοινότητα, από τρίτο μέρος ή από κάποιον συνδυασμό τους και μπορεί να υπάρχει εντός ή εκτός των εγκαταστάσεων [1].

Ένα κοινοτικό νέφος είναι μια υποδομή που έχει δημιουργηθεί για αποκλειστική χρήση από μία ομάδα οργανισμών με κοινούς στόχους ή απαιτήσεις. Οι οργανισμοί που συμμετέχουν στην κοινότητα μοιράζονται συνήθως το κόστος της κοινοτικής υπηρεσίας νέφους. Εάν διάφοροι οργανισμοί λειτουργούν σύμφωνα με κοινές οδηγίες και έχουν παρόμοιες απαιτήσεις, θα μπορούσαν όλοι να μοιράζονται την ίδια υποδομή νέφους και να μειώσουν τις μεμονωμένες επενδύσεις τους. Δεδομένου ότι το κόστος μοιράζεται από λιγότερους καταναλωτές από ότι σε ένα δημόσιο νέφος, αυτή η επιλογή μπορεί να είναι πιο ακριβή. Ωστόσο, ένα κοινό νέφος μπορεί να προσφέρει υψηλότερο επίπεδο ελέγχου και προστασίας έναντι εξωτερικών απειλών από ένα δημόσιο νέφος.

Υπάρχουν δύο παραλλαγές ενός νέφους κοινότητας:

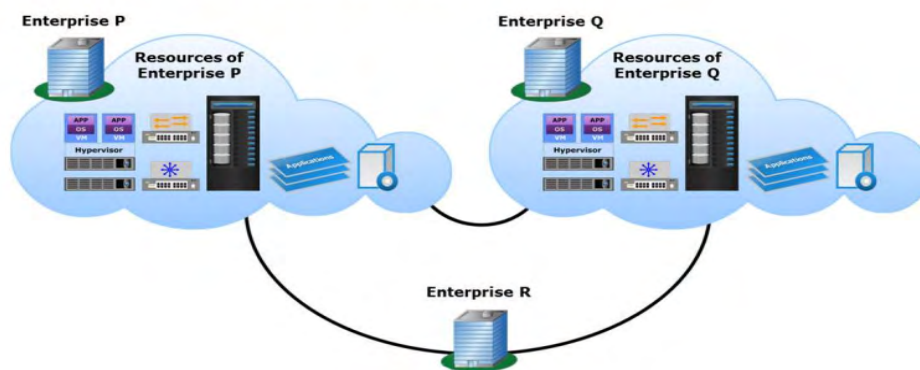
- Εσωτερικής εγκατάστασης
- Εξωτερικής φιλοξενίας.

Σε ένα νέφος κοινότητας εσωτερικής εγκατάστασης, ένας ή περισσότεροι συμμετέχοντες οργανισμοί παρέχουν υπηρεσίες νέφους που καταναλώνονται από την κοινότητα. Κάθε οργανισμός που συμμετέχει μπορεί να παρέχει υπηρεσίες νέφους, υπηρεσίες κατανάλωσης ή και τα δύο. Τουλάχιστον ένα μέλος της κοινότητας πρέπει να παρέχει υπηρεσίες για να είναι λειτουργικό το νέφος της

<sup>3</sup> <https://www.orientsoftware.com/blog/multi-cloud-vs-hybrid-cloud/>

κοινότητας. Η υποδομή αναπτύσσεται στις εγκαταστάσεις του συμμετέχοντος οργανισμού ή των συμμετεχόντων που παρέχουν τις υπηρεσίες. Οι οργανισμοί που καταναλώνουν τις υπηρεσίες συνδέονται με τα νέφη των οργανισμών παρόχων μέσω ενός ασφαλούς δικτύου. Οι οργανισμοί που παρέχουν υπηρεσίες νέφους απαιτούν προσωπικό πληροφορικής για τη διαχείριση της κοινοτικής υποδομής νέφους. Οι συμμετέχοντες οργανισμοί που παρέχουν υπηρεσίες μπορούν να εφαρμόσουν μια περίμετρο ασφαλείας γύρω από τους πόρους τους στο νέφος για να τους διαχωρίσουν από τους άλλους πόρους πληροφορικής που δεν ανήκουν στο νέφος. Επιπλέον, οι οργανισμοί που καταναλώνουν κοινοτικές υπηρεσίες μπορούν επίσης να εφαρμόσουν μια περίμετρο ασφαλείας γύρω από τους πόρους πληροφορικής που έχουν πρόσβαση στο κοινοτικό νέφος.

### On-premise Community Cloud



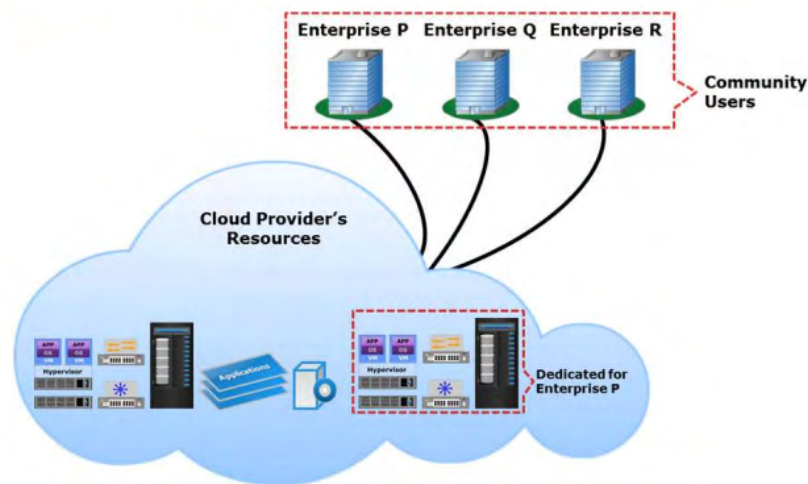
Εικόνα 4: Νέφος κοινότητας εσωτερικής εγκατάστασης<sup>4</sup>

Στο μοντέλο νέφους κοινότητας εξωτερικής φιλοξενίας, οι συμμετέχοντες οργανισμοί της κοινότητας αναθέτουν την υλοποίηση του κοινοτικού νέφους σε εξωτερικό πάροχο υπηρεσιών νέφους. Η υποδομή φιλοξενείται στις εγκαταστάσεις του εξωτερικού παρόχου υπηρεσιών νέφους και όχι στις εγκαταστάσεις οποιουδήποτε από τους συμμετέχοντες οργανισμούς. Ο πάροχος διαχειρίζεται την υποδομή και διευκολύνει ένα αποκλειστικό περιβάλλον κοινότητας νέφους για τους συμμετέχοντες οργανισμούς.

Η υποδομή πληροφορικής καθενός από τους συμμετέχοντες οργανισμούς συνδέεται με το νέφος κοινότητας που φιλοξενείται εξωτερικά μέσω ενός ασφαλούς δικτύου. Ο πάροχος επιβάλλει μηχανισμούς ασφαλείας στο νέφος της κοινότητας σύμφωνα με τις απαιτήσεις των συμμετεχόντων οργανισμών. Σε αυτό το μοντέλο, η υποδομή νέφους μπορεί να είναι κοινή από πολλούς ενοικιαστές. Ωστόσο, ο πάροχος έχει μια περίμετρο ασφαλείας γύρω από τους πόρους νέφους της κοινότητας και διαχωρίζονται από άλλους μισθωτές με πολιτικές πρόσβασης που εφαρμόζονται από το λογισμικό του παρόχου.

<sup>4</sup> Πηγή: [edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5539472/course/section/6024418/emc-lect01-fn.pdf](http://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5539472/course/section/6024418/emc-lect01-fn.pdf)

## Externally-hosted Community Cloud



Εικόνα 5: Νέφος κοινότητας εξωτερικής φιλοξενίας<sup>5</sup>

### 2.5 Τεχνολογία Κέντρου Δεδομένων

Το κέντρο δεδομένων είναι μία εγκατάσταση που έχει κατασκευαστεί με σκοπό τη στέγαση πόρων υποδομής πληροφορικής, όπως εξυπηρετητές και αποθηκευτικοί χώροι, για την παροχή υπηρεσιών σε χρήστες είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά σε μία επιχείρηση. Η ποιότητα των υπηρεσιών που μπορεί να παρέχει ένα κέντρο δεδομένων εξαρτάται από το επίπεδο βαθμίδας στο οποίο έχει κατασκευαστεί. Ένα από τα πολύ σημαντικά στοιχεία είναι επίσης το δίκτυο του κέντρου δεδομένων.

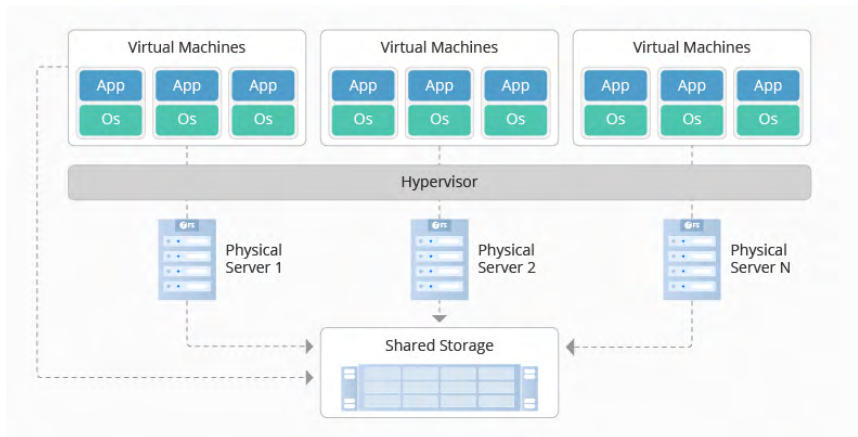
Οι πόροι πληροφορικής που συνθέτουν μια υποδομή νέφους αναπτύσσονται σε κέντρα δεδομένων. Ένα κέντρο δεδομένων διαθέτει υποδομή υποστήριξης, όπως ασφαλή πρόσβαση, πηγή αδιάλειπτης ισχύος (UPS), γεννήτριες, ανίχνευση καπνού/καταστολή πυρκαγιάς, υπερυψωμένα δάπεδα για καλωδίωση και πρόληψη ζημιών από το νερό και συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC). Το επιχειρησιακό προσωπικό ενός κέντρου δεδομένων παρακολουθεί τις λειτουργίες και συντηρεί τον εξοπλισμό υποδομής όλο το εικοσιτετράωρο. Ένα κέντρο δεδομένων νέφους μπορεί να βρίσκεται σε μία ενιαία φυσική τοποθεσία ή μπορεί να αποτελείται από πολλά κέντρα δεδομένων που είναι καταναμημένα σε γεωγραφικές τοποθεσίες και συνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός δικτύου.

Τα κέντρα δεδομένων αποτελούνται από τις παρακάτω τεχνολογίες:

**Εικονικοποίηση:** Ένα κέντρο δεδομένων αποτελείται από φυσικούς και εικονικούς πόρους πληροφορικής. Το επίπεδο φυσικών πόρων πληροφορικής αναφέρεται στην υποδομή μιας εγκατάστασης, η οποία στεγάζει συστήματα και εξοπλισμό υπολογιστών και δικτύων, μαζί με τα συστήματα υλικού και τα λειτουργικά τους συστήματα. Η αφηρημένη προβολή πόρων και ο έλεγχος

<sup>5</sup> Πηγή: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5539472/course/section/6024418/emc-lect01-fn.pdf>

του επιπέδου εικονικοποίησης αποτελείται από εργαλεία λειτουργίας και διαχείρισης, που βασίζονται συνήθως στην πλατφόρμα εικονικοποίησης, η οποία θεωρεί αφαιρετικά τους φυσικούς πόρους πληροφορικής που χρησιμοποιούνται για τη δικτύωση και την υπολογιστική, ως κατανεμημένοι, λειτουργικοί, απελευθερωμένοι και ευκολότεροι στην παρακολούθηση και τον έλεγχο εικονικών συστατικών [2].



Εικόνα 6: Εικονικοποίηση σε ένα κέντρο δεδομένων<sup>6</sup>

**Αυτοματοποίηση:** Η αυτοματοποίηση του κέντρου δεδομένων είναι η διαδικασία με την οποία οι συνήθεις ροές εργασίας και οι διαδικασίες ενός κέντρου δεδομένων, όπως ο προγραμματισμός, η παρακολούθηση, η συντήρηση, η διόρθωση και η παράδοση εφαρμογών, διαχειρίζονται και εκτελούνται χωρίς ανθρώπινη διαχείριση. Η αυτοματοποίηση του κέντρου δεδομένων αυξάνει την ευελιξία και τη λειτουργική αποτελεσματικότητα. Μειώνει τον χρόνο που χρειάζεται για την εκτέλεση εργασιών ρουτίνας και τους δίνει τη δυνατότητα να παρέχουν υπηρεσίες κατ' απαίτηση με επαναλαμβανόμενο, αυτοματοποιημένο τρόπο. Αυτές οι υπηρεσίες μπορούν στη συνέχεια να καταναλωθούν γρήγορα από τους τελικούς χρήστες.

**Υψηλή διαθεσιμότητα:** Η υψηλή διαθεσιμότητα είναι η ικανότητα ενός συστήματος να λειτουργεί συνεχώς χωρίς βλάβη για ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα. Ακόμα, διασφαλίζει ότι ένα σύστημα ανταποκρίνεται σε ένα συμφωνημένο επίπεδο λειτουργικής απόδοσης. Τα κέντρα δεδομένων είναι συνήθως εξοπλισμένα με πλεονάζοντα εξοπλισμό, καλωδίωση και υποσυστήματα περιβαλλοντικού ελέγχου για την αποφυγή βλαβών του συστήματος, καθώς και με συσταδοποιημένο υλικό για ζεύξεις επικοινωνίας και εξισορρόπηση φορτίου [2].

<sup>6</sup> Πηγή: <https://community.fs.com/blog/what-is-data-center-virtualization.html>



Στην τεχνολογία πληροφοριών, ένα ευρέως διαδεδομένο αλλά δύσκολα επιτεύξιμο πρότυπο διαθεσιμότητας είναι γνωστό ως διαθεσιμότητα πέντε εννέα, που σημαίνει ότι το σύστημα ή το προϊόν είναι διαθέσιμο 99,999% του χρόνου.

**Εγκαταστάσεις:** Οι εγκαταστάσεις κέντρων δεδομένων είναι ειδικά κατασκευασμένοι χώροι με ειδικό εξοπλισμό υπολογιστών, αποθήκευσης και δικτύωσης. Οι εγκαταστάσεις αυτές διαθέτουν διάφορους λειτουργικούς χώρους και μια ποικιλία σταθμών ισχύος, καλωδίωσης και περιβαλλοντικού ελέγχου που ρυθμίζουν τη θέρμανση, τον εξαερισμό, τον κλιματισμό, την πυροπροστασία και άλλα συναφή υποσυστήματα. Η θέση και η διάταξη των εγκαταστάσεων των κέντρων δεδομένων διαχωρίζονται συνήθως από απομονωμένους χώρους [2].

**Υπολογιστικό υλικό:** Τα κέντρα δεδομένων έχουν αναδειχθεί ως η κρίσιμη ραχοκοκαλιά της ψηφιακής υποδομής. Αυτά τα τεράστια συγκροτήματα στεγάζουν μια εκτεταμένη σειρά υπολογιστικού υλικού και διαδραματίζουν βασικό ρόλο στην υποστήριξη της συνεχώς αυξανόμενης ζήτησης για επεξεργασία, αποθήκευση και παράδοση δεδομένων. Η παρούσα έκθεση εξετάζει σε βάθος το υπολογιστικό υλικό που χρησιμοποιείται στα κέντρα δεδομένων, αναδεικνύοντας τη σημασία του και περιγράφοντας τα βασικά στοιχεία και τεχνολογίες. Ένα μεγάλο μέρος της επεξεργασίας που γίνεται μέσα στα κέντρα δεδομένων εκτελείται από τυποποιημένους εξυπηρετητές.

Αυτοί οι εξυπηρετητές ενσωματώνονται με αρκετές τεχνολογίες υλικού, όπως:

- **Εξυπηρετητές:** Οι εξυπηρετητές συνήθως οργανώνονται σε τυποποιημένα κριώματα, τα οποία παρέχουν την απαιτούμενη υποδομή για τη σύνδεση με τα δίκτυα, την παροχή ισχύος και τη διαχείριση της ψύξης [2].
- **Αρχιτεκτονικές υλικού:** Το υπολογιστικό υλικό στα κέντρα δεδομένων υποστηρίζει διάφορες αρχιτεκτονικές υλικού για να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις των εφαρμογών. Αυτές οι αρχιτεκτονικές μπορεί να περιλαμβάνουν την αρχιτεκτονική x86 και την RISC [2].
- **Σχεδίαση τοποθέτησης σε κριώματα:** Οι εξυπηρετητές συνήθως τοποθετούνται σε τυποποιημένα κριώματα, τα οποία παρέχουν τις απαραίτητες διασυνδέσεις για την ισχύ, το δίκτυο και την εσωτερική ψύξη. Αυτή η σχεδίαση επιτρέπει την οργανωμένη και αποτελεσματική τοποθέτηση των εξυπηρετητών με βελτιωμένη απόδοση και διαχείριση της υποδομής [2].
- **Εναλλάξιμα εξαρτήματα:** Το υπολογιστικό υλικό στα κέντρα δεδομένων περιλαμβάνει εξαρτήματα που μπορούν να αντικατασταθούν και να αναβαθμιστούν κατά τη διάρκεια της λειτουργίας. Αυτά τα εξαρτήματα περιλαμβάνουν σκληρούς δίσκους, τροφοδοτικά, διεπαφές δικτύου και κάρτες ελεγκτή χώρου αποθήκευσης. Η δυνατότητα να αντικαθίστανται αυτά τα εξαρτήματα επιτρέπει την ευελιξία και τη συντήρηση του υπολογιστικού υλικού χωρίς να διακόπτεται η λειτουργία του κέντρου δεδομένων [2].

Αρχιτεκτονικές όπως οι τεχνολογίες των εξυπηρετητών λεπίδων (blade Servers) χρησιμοποιούνται στα κέντρα δεδομένων μέσω του ικρίωματος για να παρέχουν μια αποδοτική και ευέλικτη λύση στη διαμόρφωση των εξυπηρετητών. Αποτελούν έναν αυτόνομο υπολογιστικό κόμβο που μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα ικρίωμα με πολλαπλές υποδοχές για τους εξυπηρετητές. Μοιάζουν με λεπίδες και τοποθετούνται πλευρικά μέσα στο ικρίωμα, μοιράζοντας τους κοινούς πόρους όπως η τροφοδοσία ισχύος, οι διασυνδέσεις δικτύου και οι μονάδες ψύξης. Με αυτόν τον τρόπο, οι εξυπηρετητές λεπίδας παρέχουν συμπαγή και ολοκληρωμένη λύση, επιτρέποντας την εύκολη εγκατάσταση, αντικατάσταση και διαχείριση των εξυπηρετητών μέσα από το ικρίωμα. Επιπλέον, ανάλογα με τις ανάγκες, μπορούν να τοποθετηθούν διάφοροι τύποι εξυπηρετητών στο ίδιο ικρίωμα, όπως εξυπηρετητές για επεξεργασία, αποθήκευση ή δικτύωση, προσφέροντας ένα ευέλικτο και προσαρμόσιμο περιβάλλον για τις ανάγκες του κέντρου δεδομένων.

**Υλικό αποθήκευσης:** Τα κέντρα δεδομένων είναι εξοπλισμένα με ειδικά συστήματα αποθήκευσης που αποθηκεύουν τεράστιες ποσότητες πληροφοριών υψηλής ανάλυσης για να καλύψουν την ανάγκη για αποθήκευση υψηλής χωρητικότητας.

Οι συσκευές αποθήκευσης στα κέντρα δεδομένων οργανώνονται σε επίπεδα με βάση τις απαιτήσεις για τη χρήση των αποθηκευμένων δεδομένων. Η πρώτη βαθμίδα είναι οι ευφρείς δίσκοι συστοιχιών που αντιπροσωπεύουν τα υψηλά διαθέσιμα σύγχρονα δεδομένα σε απευθείας σύνδεση. Τα λιγότερο σημαντικά δεδομένα ή δεδομένα στα οποία δεν υπάρχει τόσο συχνή πρόσβαση τοποθετούνται στη δεύτερη βαθμίδα, όπως οι μεσαίας εμβέλειας δεξαμενές αποθήκευσης ή συσκευές αποθήκευσης συνδεδεμένες στο δίκτυο (NAS) που χρησιμοποιούν λιγότερο ακριβό υλικό. Η τελευταία βαθμίδα είναι οι συσκευές αποθήκευσης χωρίς σύνδεση ή συσκευές ταινίας [3].

Η διαθεσιμότητα των δεδομένων και των υπηρεσιών στα κέντρα δεδομένων καθορίζει επίσης τις βαθμίδες της αποθήκευσης μέσω της γεωγραφικής διασποράς. Τα σημερινά κέντρα δεδομένων είναι τυπικά χτισμένα με την έννοια των τριών επιπέδων. Δύο κέντρα δεδομένων κατασκευάζονται σε κοντινή απόσταση για τη σύγχρονη αναπαραγωγή δεδομένων μεταξύ των συσκευών αποθήκευσης και το τρίτο επίπεδο κυρίως σε αποστάσεις μερικών εκατοντάδων χιλιομέτρων, το οποίο παρέχει ασύγχρονα δεδομένα αντιγραφής δεδομένων (data replication). Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται έννοιες υψηλής διαθεσιμότητας και αποκατάστασης από καταστροφές για την υποδομή του κέντρου δεδομένων [3].

#### **Υλικό δικτύου:**

Τα κέντρα δεδομένων απαιτούν εκτεταμένο υλικό δικτύωσης για να ενεργοποιήσουν πολλαπλά επίπεδα συνδεσιμότητας. Για μια απλοποιημένη έκδοση της υποδομής δικτύωσης, διαιρούμε το κέντρο δεδομένων σε πέντε υποσυστήματα δικτύου, που χρησιμοποιούνται για την υλοποίησή τους [2]. Αυτά τα υποσυστήματα είναι τα εξής:

- Διεπαφή φορέα και εξωτερικών δικτύων,

- Εξισορρόπηση φορτίου και επιτάχυνση βαθμίδας ιστού,
- Δομή δικτύου τοπικής περιοχής,
- Δομή δικτύου περιοχής αποθήκευσης,
- Δομή προσαρτημένου στο δίκτυο χώρου αποθήκευσης

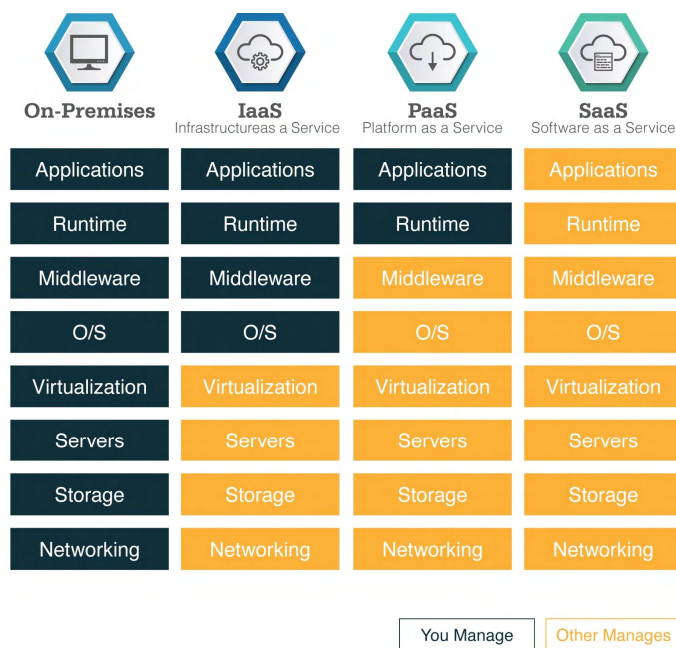
Οι τεχνολογίες δικτύωσης κέντρων δεδομένων έχουν λειτουργικές απαιτήσεις για επεκτασιμότητα και υψηλή διαθεσιμότητα, οι οποίες μπορούν να καλυφθούν με τη χρήση περιττών ή/και ανθεκτικών στοιχείων σε σφάλματα. Αυτά τα πέντε υποσυστήματα αυξάνουν τον πλεονασμό και την αξιοπιστία του κέντρου δεδομένων για να διασφαλίσουν ότι διαθέτουν επαρκείς πόρους πληροφορικής και να διατηρήσουν ένα συγκεκριμένο επίπεδο εξυπηρέτησης ακόμη και σε περίπτωση πολλαπλών αστοχιών [2].

## 2.6 Μοντέλα Παράδοσης Νέφους

Ένα μοντέλο υπηρεσιών νέφους προσδιορίζει τις υπηρεσίες και τις δυνατότητες που παρέχονται στους καταναλωτές. Βάσει του NIST, οι υπηρεσίες νεφών ταξινομούνται σε τρία κύρια μοντέλα που αναφέρονται παρακάτω:

- Υποδομή ως υπηρεσία (IaaS),
- Πλατφόρμα ως υπηρεσία (PaaS),
- Λογισμικό ως υπηρεσία (SaaS).

Τα διαφορετικά μοντέλα υπηρεσιών παρέχουν διαφορετικές δυνατότητες και είναι κατάλληλα για διαφορετικούς καταναλωτές και επιχειρηματικούς στόχους.



Εικόνα 7: Μοντέλα παράδοσης νέφους<sup>7</sup>

### 2.6.1 Υποδομή ως Υπηρεσία (IaaS)

Η δυνατότητα που δίνεται στον καταναλωτή είναι να παρέχει επεξεργασία, αποθήκευση, δίκτυα και άλλους βασικούς υπολογιστικούς πόρους όπου ο καταναλωτής μπορεί να αναπτύξει και να εκτελέσει αυθαίρετο λογισμικό, το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει λειτουργικά συστήματα και εφαρμογές. Ο καταναλωτής δε διαχειρίζεται ούτε ελέγχει την υποκείμενη υποδομή νέφους, αλλά έχει τον έλεγχο των λειτουργικών συστημάτων, της αποθήκευσης και των αναπτυγμένων εφαρμογών και πιθανώς περιορισμένο έλεγχο επιλεγμένων στοιχείων δικτύου (για παράδειγμα, τείχη προστασίας κεντρικού υπολογιστή) [1].

Ο γενικός σκοπός ενός περιβάλλοντος υποδομής ως υπηρεσίας είναι να παρέχει στους καταναλωτές νέφους υψηλό επίπεδο ελέγχου και ευθύνης σχετικά με τη διαμόρφωση και τη χρήση. Οι πόροι τεχνολογίας πληροφοριών, που παρέχονται από το μοντέλο, γενικά δεν είναι προκατασκευασμένοι και, επομένως, φέρουν την ευθύνη διαχείρισης απευθείας στον καταναλωτή του νέφους. Αυτό το μοντέλο χρησιμοποιείται επομένως από καταναλωτές που απαιτούν υψηλό επίπεδο ελέγχου στο περιβάλλον το οποίο βασίζεται στο νέφος που σκοπεύουν να δημιουργήσουν [2].

Οι πάροχοι νέφους λαμβάνουν μερικές φορές συστήματα υποδομής ως υπηρεσία από άλλους παρόχους νέφους για να κλιμακώσουν τα δικά τους περιβάλλοντα. Οι τύποι και οι μάρκες των πόρων τα οποία παρέχονται από προϊόντα πληροφορικής που προσφέρονται από διαφορετικούς παρόχους νέφους ενδέχεται να διαφέρουν. Οι πόροι που διατίθενται μέσω αυτών των περιβαλλόντων γενικά προσφέρονται ως καινούρια αρχικοποιημένα εικονικά στιγμιότυπα. Ένας κεντρικός και κύριος πόρος

<sup>7</sup> <https://www.2ndwatch.com/blog/back-to-the-basics-the-3-cloud-computing-service-delivery-models/>

πληροφορικής μέσα σε ένα τυπικό περιβάλλον τέτοιας υποδομής είναι ο εικονικός εξυπηρετητής. Οι εικονικοί εξυπηρετητές μισθώνονται, καθορίζοντας απαιτήσεις υλικού εξυπηρετητή, όπως είναι η δυναμικότητα του επεξεργαστή, η μνήμη και ο τοπικός χώρος αποθήκευσης [2].

Αυτό το μοντέλο παράδοσης υπολογιστικού νέφους έχει ορισμένα χαρακτηριστικά, όπως είναι η διανομή πόρων και η υποστήριξη για δυναμική επέκταση, το μοντέλο τιμολόγησης βάσει χρησιμότητας και το μεταβλητό κόστος, και η κοινή χρήση υλικού μεταξύ πολλών χρηστών. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν η ζήτηση παρουσιάζει διακυμάνσεις και οι νέες επιχειρήσεις απαιτούν υπολογιστικούς πόρους και δε θέλουν να επενδύσουν σε υπολογιστική υποδομή ή όταν οι οργανισμοί επεκτείνονται γρήγορα [4].

Μερικά από τα **πλεονεκτήματα** της υποδομής ως υπηρεσία είναι τα εξής:

- Είναι οικονομικά αποδοτικό, καθώς οι οργανισμοί μπορούν απλώς να μισθώνουν ή να νοικιάζουν τους πόρους κατά παραγγελία.
- Ο πελάτης έχει τον πλήρη έλεγχο των εικονικών μηχανών.
- Υπάρχει γρηγορότερος χρόνος διάθεσης στην αγορά, καθώς η υποδομή είναι ευέλικτη για συνεχή ανάπτυξη και βελτιώσεις.
- Παρέχει επεκτασιμότητα και έλεγχο, και εξαλείφει το κόστος και την πολυπλοκότητα των εσωτερικών αναπτύξεων υλικού.
- Αποφεύγετε η υπολειτουργία και η υπερβολική χρήση των πόρων, καθώς οι καταναλωτές της υποδομής μπορούν να χρησιμοποιούν ακριβώς τη σωστή ποσότητα ανάλογα με την περίπτωση χρήσης της επιχείρησής τους.

Μερικά από τα **μειονεκτήματα** της υποδομής ως υπηρεσία είναι τα εξής:

- Οι πόροι, όπως το εύρος ζώνης και ο χώρος στο δίσκο, μπορεί να μοιράζονται άνισα ή να χρησιμοποιούνται από έναν συγκεκριμένο καταναλωτή, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει τη συνολική απόδοση του δικτύου.
- Υπάρχουν διακοπές δικτύου από την πλευρά του προμηθευτή του νέφους.
- Υπάρχει εξάρτηση από τους προμηθευτές για αναβαθμίσεις και συντήρηση της υποδομής.
- Παρόλο που οι πάροχοι και οι συνδρομητές ακολουθούν τις οδηγίες ασφαλείας, ο οργανισμός εξαρτάται από τον πάροχο για την ασφάλεια των δεδομένων.

## 2.6.2 Πλατφόρμα ως Υπηρεσία (PaaS)

Η δυνατότητα που παρέχεται στον καταναλωτή είναι να αναπτύξει στην υποδομή νέφους εφαρμογές που δημιουργήθηκαν ή αποκτήθηκαν από τους καταναλωτές με την χρήση γλωσσών προγραμματισμού, βιβλιοθηκών, υπηρεσιών και εργαλείων που υποστηρίζονται από τον πάροχο. Ο καταναλωτής δε διαχειρίζεται ούτε ελέγχει την υποκείμενη υποδομή νέφους, συμπεριλαμβανομένου του δικτύου, των εξυπηρετητών, των λειτουργικών συστημάτων ή της αποθήκευσης, αλλά έχει τον

έλεγχο των εφαρμογών που έχουν αναπτυχθεί και πιθανώς τις ρυθμίσεις διαμόρφωσης για το περιβάλλον φιλοξενίας εφαρμογών [1].

Σε αυτό το μοντέλο, μια υπηρεσία νέφους περιλαμβάνει συνήθως πόρους υπολογισμού, αποθήκευσης και δικτύου μαζί με λογισμικό πλατφόρμας που περιλαμβάνει λειτουργικό σύστημα, βάση δεδομένων, πλαίσιο προγραμματισμού, ενδιάμεσο λογισμικό και εργαλεία για την ανάπτυξη, τη δοκιμή, την εγκατάσταση και τη διαχείριση εφαρμογών. Οι λειτουργίες του μοντέλου συνήθως επιτρέπουν στους καταναλωτές να δημιουργήσουν εφαρμογές νέφους υψηλής κλίμακας που μπορούν να υποστηρίξουν μεγάλο αριθμό τελικών χρηστών. Η ελαστικότητα και η επεκτασιμότητα διευκολύνονται με διαφάνεια από την υποδομή. Επιπλέον, το μοντέλο βοηθά τους δοκιμαστές εφαρμογών να δοκιμάσουν τις εφαρμογές σε διάφορα περιβάλλοντα που βασίζονται σε νέφος. Ακόμα, επιτρέπει στους προγραμματιστές εφαρμογών να δημοσιεύουν ή να ενημερώνουν τις εφαρμογές στην υποκείμενη υποδομή. Επιπροσθέτως, επιτρέπει στους διαχειριστές εφαρμογών να διαμορφώνουν, να παρακολουθούν και να συντονίζουν τις εφαρμογές νέφους.

Οι περισσότερες από τις παρεχόμενες λειτουργίες της πλατφόρμας ως υπηρεσία είναι πολυγλωσσικής φύσης, πράγμα που σημαίνει ότι υποστηρίζουν πολλαπλά λειτουργικά συστήματα, γλώσσες προγραμματισμού και πλαίσια για ανάπτυξη και εγκατάσταση εφαρμογών. Το κόστος του μοντέλου συνήθως υπολογίζεται βάσει παραγόντων, όπως ο αριθμός των καταναλωτών, οι τύποι καταναλωτών, ο χρόνος για τον οποίο χρησιμοποιείται η πλατφόρμα και οι πόροι αποθήκευσης, επεξεργασίας ή δικτύου που καταναλώνεται από την πλατφόρμα.

### **2.6.3 Λογισμικό ως Υπηρεσία (SaaS)**

Η δυνατότητα που παρέχεται στον καταναλωτή είναι να χρησιμοποιεί τις εφαρμογές του παρόχου που εκτελούνται σε μία υποδομή νέφους. Οι εφαρμογές είναι προσβάσιμες από διάφορες συσκευές-πελάτες είτε μέσω μιας λεπτής διεπαφής πελάτη, όπως ενός προγράμματος περιήγησης ιστού (για παράδειγμα, μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ιστού), είτε μέσω μιας διεπαφής προγράμματος. Ο καταναλωτής δε διαχειρίζεται ούτε ελέγχει την υποκείμενη υποδομή νέφους, συμπεριλαμβανομένων των δικτύων, των εξυπηρετητών, των λειτουργικών συστημάτων, της αποθήκευσης ή ακόμη και των δυνατοτήτων μεμονωμένων εφαρμογών, με πιθανή εξαίρεση περιορισμένων ρυθμίσεων διαμόρφωσης εφαρμογών για συγκεκριμένους χρήστες [1].

Στο μοντέλο αυτό, ένας πάροχος φιλοξενεί μια εφαρμογή κεντρικά στο νέφος και την προσφέρει σε πολλούς καταναλωτές για χρήση ως υπηρεσία. Οι καταναλωτές δεν κατέχουν ούτε διαχειρίζονται καμία πτυχή της υποδομής. Στο μοντέλο, μια δεδομένη έκδοση μιας εφαρμογής, με συγκεκριμένη διαμόρφωση (υλικού και λογισμικό) συνήθως παρέχει υπηρεσίες σε πολλούς καταναλωτές διαχωρίζοντας τις μεμονωμένες περιόδους λειτουργίας και τα δεδομένα τους. Οι εφαρμογές του μοντέλου εκτελούνται στο νέφος και συνήθως δε χρειάζονται εγκατάσταση σε συσκευές τελικού σημείου. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στον καταναλωτή να έχει πρόσβαση στην εφαρμογή κατ' απαίτηση

από οποιαδήποτε τοποθεσία και να τη χρησιμοποιεί μέσω ενός προγράμματος περιήγησης ιστού σε μια ποικιλία συσκευών τελικού σημείου. Ορισμένες εφαρμογές του μοντέλου ενδέχεται να απαιτούν την τοπική εγκατάσταση μιας διεπαφής πελάτη σε μια συσκευή τελικού σημείου.

#### **2.6.4 Άλλα μοντέλα**

Υπάρχουν και αρκετές υποκατηγορίες εναλλακτικών μοντέλων υπηρεσιών νέφους που βασίζονται στα μοντέλα της υποδομής ως υπηρεσία, πλατφόρμας ως υπηρεσία και λογισμικού ως υπηρεσία, και ορίζονται από διάφορες δημοσιεύσεις και από διαφορετικές ομάδες του κλάδου. Αυτά τα μοντέλα υπηρεσιών είναι συγκεκριμένα για ορισμένες εξειδικευμένες υπηρεσίες νέφους και δυνατότητες που παρέχουν. Τέτοια μοντέλα υπηρεσιών νέφους είναι το δίκτυο ως υπηρεσία (NaaS), η αποθήκευση ως υπηρεσία (STaaS), η βάση δεδομένων ως υπηρεσία (DBaaS) και τα δεδομένα ως υπηρεσία (DaaS).

##### **2.6.4.1 Δίκτυο ως υπηρεσία**

Το δίκτυο ως υπηρεσία είναι ένα μοντέλο υπηρεσιών νέφους στο οποίο οι πελάτες ενοικιάζουν υπηρεσίες δικτύωσης από παρόχους υπηρεσιών νέφους. Επιτρέπει στους πελάτες να λειτουργούν τα δικά τους δίκτυα χωρίς να συντηρούν τη δική τους δικτυακή υποδομή. Όπως και άλλες υπηρεσίες νέφους, οι προμηθευτές ενός δικτύου ως υπηρεσία εκτελούν λειτουργίες δικτύωσης χρησιμοποιώντας λογισμικό, επιτρέποντας ουσιαστικά στις εταιρείες να δημιουργήσουν τα δικά τους δίκτυα εντελώς χωρίς υλικό. Το μόνο που χρειάζονται είναι συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο.

Το δίκτυο ως υπηρεσία μπορεί να αντικαταστήσει τα εικονικά ιδιωτικά δίκτυα (VPN), τις συνδέσεις μεταγωγής ετικετών πολλαπλών πρωτοκόλλων (MPLS) ή άλλες παραδοσιακές διαμορφώσεις δικτύων. Μπορεί επίσης να αντικαταστήσει το επιτόπιο υλικό δικτύωσης, όπως συσκευές τείχους προστασίας και εξισορροπητές φορτίου (load balancers).

##### **2.6.4.2 Αποθήκευση ως υπηρεσία**

Η αποθήκευση ως υπηρεσία, είναι μια διαχειρίσιμη υπηρεσία όπου ένας πάροχος αποθήκευσης παρέχει στον πελάτη αποθηκευτικό χώρο. Σε αυτό το μοντέλο, ο πάροχος χειρίζεται τις περισσότερες από τις πολύπλοκες πτυχές της μακροπρόθεσμης μαζικής αποθήκευσης δεδομένων, όπως το κόστος υλικού, την ασφάλεια και την ακεραιότητα δεδομένων. Για τις περισσότερες εταιρείες, το μοντέλο της αποθήκευσης ως υπηρεσία θα προσφέρει μια λύση αποθήκευσης με χαμηλότερο κόστος, λιγότερη πολυπλοκότητα και μεγαλύτερη ασφάλεια από την προσπάθεια αποθήκευσης τεράστιου όγκου δεδομένων στο εσωτερικό της εταιρείας.

##### **2.6.4.3 Βάση δεδομένων ως υπηρεσία**

Η βάση δεδομένων ως υπηρεσία επιτρέπει στους χρήστες να αποκτούν πρόσβαση και να χρησιμοποιούν ένα σύστημα βάσης δεδομένων στο νέφος χωρίς να αγοράζουν και να εγκαθιστούν το δικό τους υλικό, το δικό τους λογισμικό βάσης δεδομένων ή να διαχειρίζονται τη βάση δεδομένων μόνοι

τους. Ο πάροχος του νέφους τα αναλαμβάνει όλα, από την περιοδική αναβάθμιση μέχρι τα αντίγραφα ασφαλείας και τη διασφάλιση ότι το σύστημα βάσης δεδομένων παραμένει διαθέσιμο και ασφαλές.

Η βάση δεδομένων ως υπηρεσία προσφέρει σε έναν οργανισμό σημαντικά οικονομικά, λειτουργικά και στρατηγικά οφέλη σε σύγκριση με την ανάπτυξη ενός συστήματος διαχείρισης βάσης δεδομένων εντός των τοίχων της επιχείρησης. Οι οικονομικές εξοικονομήσεις περιλαμβάνουν την αποφυγή των δαπανηρών επενδύσεων σε υλικό και τη δυνατότητα κλιμάκωσης της υποδομής ανάλογα με τις ανάγκες.

#### 2.6.4.4 Δεδομένα ως υπηρεσία

Τα δεδομένα ως υπηρεσία είναι μια στρατηγική διαχείρισης δεδομένων που χρησιμοποιεί το νέφος για την παροχή υπηρεσιών αποθήκευσης, ολοκλήρωσης, επεξεργασίας και/ή ανάλυσης δεδομένων μέσω μιας σύνδεσης δικτύου. Επιτρέπει στις επιχειρήσεις να βελτιώσουν την ευελιξία των φορτίων εργασίας των δεδομένων, να μειώσουν το χρόνο για την απόκτηση εργασιών ανάλυσης και να αυξήσουν την αξιοπιστία και την ακεραιότητα των δεδομένων τους. Ακόμα, επιτρέπει την απομακρυσμένη αποθήκευση, την ολοκλήρωση και την επεξεργασία των δεδομένων μέσω του νέφους, απαλλαγμένο από την ανάγκη για εγκατάσταση και διαχείριση λογισμικού στην τοπική υποδομή.

## 2.7 Τι είναι Εικονικοποίηση

Η εικονικοποίηση είναι μια τεχνολογία αρχιτεκτονικής υπολογιστών μέσω της οποίας πολλαπλές εικονικές μηχανές (VM) πολυπλέκονται στην ίδια μηχανή υλικού. Η ιδέα των εικονικών μηχανών μπορεί να χρονολογηθεί από τη δεκαετία του 1960. Ο σκοπός μιας εικονικής μηχανής είναι να βελτιώσει την κοινή χρήση πόρων από πολλούς χρήστες και να βελτιώσει την απόδοση του υπολογιστή όσον αφορά τη χρήση πόρων και την ευελιξία της εφαρμογής. Οι πόροι υλικού ή πόροι λογισμικού μπορούν να εικονικοποιηθούν σε διάφορα λειτουργικά επίπεδα. Η ιδέα είναι να διαχωριστεί το υλικό από το λογισμικό για να αποφέρει καλύτερη απόδοση του συστήματος. Για παράδειγμα, οι χρήστες υπολογιστών απέκτησαν πρόσβαση σε πολύ διευρυμένο χώρο μνήμης όταν εισήχθη η έννοια της εικονικής μνήμης. Ομοίως, τεχνικές εικονικοποίησης μπορούν να εφαρμοστούν για τη βελτίωση της χρήσης υπολογιστικών μηχανών, δικτύων και αποθήκευσης [5].

## 2.8 Τύποι Εικονικοποίησης

Η VMware συνέβαλε καθοριστικά στην επίλυση των προκλήσεων που παρουσίαζε η αρχιτεκτονική x86 στην εικονικοποίηση. Το 1998, η VMware ανέπτυξε τεχνικές δυαδικής μετάφρασης που οδήγησαν σε τρεις εναλλακτικές τεχνικές για το χειρισμό των οδηγιών προκειμένου να εικονικοποιηθεί η κεντρική μονάδα επεξεργασίας στην αρχιτεκτονική x86. Αυτές αφορούν την πλήρη εικονικοποίηση, την παρά εικονικοποίηση και την εικονικοποίηση υποβοηθούμενη από υλικό. Επιπλέον, η εικονικοποίηση μπορεί



να χωριστεί σε κατηγορίες όπως εγγενές, λειτουργικού συστήματος, αποθήκευσης και εφαρμογών. Δεδομένου ότι αυτές οι κατηγορίες είναι πολύ ευρείες, είναι χρήσιμο να τις χωρίσουμε σε συγκεκριμένες κατηγορίες για να κατανοήσουμε πλήρως τις διαφορές και τις ομοιότητες μεταξύ των διαφορετικών κατηγοριών εικονικοποίησης [6].

### 2.8.1 Εικονικοποίηση κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (CPU Virtualisation)

Μία εικονική μηχανή είναι ένα αντίγραφο ενός υπάρχοντος συστήματος υπολογιστή στο οποίο η πλειονότητα των εντολών εικονικής μηχανής εκτελούνται στον κεντρικό επεξεργαστή σε εγγενή λειτουργία. Έτσι, οι μη προνομιακές εντολές των εικονικών μηχανών εκτελούνται απευθείας στον κεντρικό υπολογιστή για μεγαλύτερη απόδοση. Άλλες κρίσιμες εντολές θα πρέπει να αντιμετωπίζονται προσεκτικά για ορθότητα και σταθερότητα. Οι κρίσιμες εντολές χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Προνομιακές εντολές (privileged instructions),
- Εντολές ευαίσθητες στον έλεγχο (control sensitive instructions) και
- Εντολές ευαίσθητες στη συμπεριφορά (behavior sensitive instructions).

Οι προνομιακές εντολές εκτελούνται σε προνομιακή λειτουργία και θα παγιδευτούν εάν εκτελεστούν εκτός αυτής. Οι εντολές ευαίσθητες στον έλεγχο προσπαθούν να αλλάξουν τη διαμόρφωση των πόρων που χρησιμοποιούνται. Οι εντολές που είναι ευαίσθητες στη συμπεριφορά έχουν διαφορετικές συμπεριφορές ανάλογα με τη διαμόρφωση των πόρων, συμπεριλαμβανομένων των λειτουργιών φόρτωσης και αποθήκευσης στην εικονική μνήμη.

Μία αρχιτεκτονική κεντρικής μονάδας επεξεργασίας είναι εικονικοποιήσιμη εάν υποστηρίζει τη δυνατότητα εκτέλεσης των προνομιακών και μη προνομιακών εντολών της εικονικής μηχανής στη λειτουργία χρήστη της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας ενώ ο ελεγκτής εικονικής μηχανής (virtual machine monitor ή VMM) εκτελείται σε λειτουργία επόπτη. Όταν εκτελούνται οι προνομιακές εντολές, συμπεριλαμβανομένων των εντολών που σχετίζονται με τον έλεγχο και τη συμπεριφορά μιας εικονικής μηχανής, παγιδεύονται στον ελεγκτή εικονικής μηχανής. Σε αυτήν την περίπτωση, ο ελεγκτής εικονικής μηχανής λειτουργεί ως ενοποιημένος μεσολαβητής για πρόσβαση υλικού από διαφορετικές εικονικές μηχανές για να εγγυηθεί την ορθότητα και τη σταθερότητα ολόκληρου του συστήματος. Ωστόσο, δεν είναι όλες οι αρχιτεκτονικές κεντρικής μονάδας επεξεργασίας εικονικοποιήσιμες. Οι αρχιτεκτονικές της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας RISC μπορούν φυσικά να εικονικοποιηθούν επειδή όλες οι εντολές που είναι ευαίσθητες σε έλεγχο και συμπεριφορά είναι προνομιακές εντολές. Αντίθετα, οι αρχιτεκτονικές κεντρικής μονάδας επεξεργασίας x86 δεν έχουν σχεδιαστεί κυρίως για να υποστηρίζουν εικονικοποίηση. Αυτό συμβαίνει επειδή περίπου 10 ευαίσθητες εντολές, όπως το SGDT και το SMSW, δεν είναι προνομιακές εντολές. Όταν αυτές οι εντολές εκτελούνται σε εικονικοποίηση, δεν μπορούν να παγιδευτούν στον ελεγκτή εικονικής μηχανής [5].

### 2.8.1.1 Εικονικοποίηση κεντρικής μονάδας επεξεργασίας με τη βοήθεια υλικού

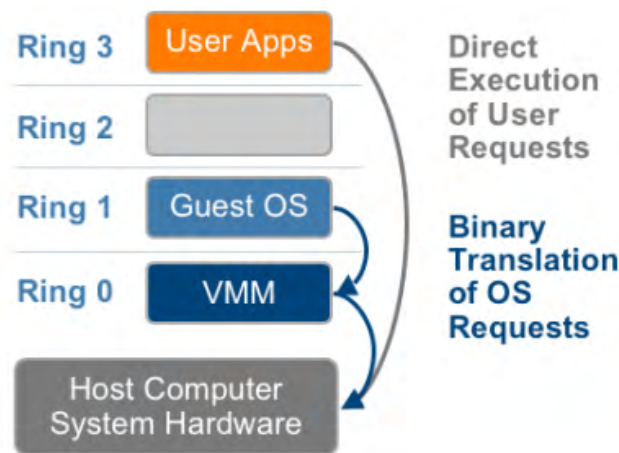
Αυτή η τεχνική επιχειρεί να απλοποιήσει την εικονικοποίηση επειδή η πλήρης ή η παρά εικονικοποίηση είναι περίπλοκη (privilege mode level). Η Intel και η AMD προσθέτουν μια πρόσθετη λειτουργία που ονομάζεται επίπεδο λειτουργίας προνομίου σε επεξεργαστές x86. Επομένως, τα λειτουργικά συστήματα μπορούν ακόμα να εκτελούνται στο Ring 0 και ο υπερεπόπτης μπορεί να τρέχει στη λειτουργία προνομίου. Όλες οι προνομιακές και ευαίσθητες εντολές παγιδεύονται αυτόματα στον υπερεπόπτη. Αυτή η τεχνική αφαιρεί τη δυσκολία υλοποίησης δυαδικής μετάφρασης πλήρους εικονικοποίησης. Επίσης, επιτρέπει στο λειτουργικό σύστημα να τρέχει σε εικονικές μηχανές χωρίς τροποποίηση.

Γενικά, η εικονικοποίηση με τη βοήθεια υλικού θα πρέπει να έχει υψηλή απόδοση. Ωστόσο, δεδομένου ότι η μετάβαση από τον υπερεπόπτη στο λειτουργικό σύστημα επισκέπτη συνεπάγεται υψηλές εναλλαγές μεταξύ των λειτουργιών του επεξεργαστή, μερικές φορές δεν μπορεί να υπερβεί τη δυαδική μετάφραση. Ως εκ τούτου, συστήματα εικονικοποίησης όπως το VMware χρησιμοποιούν μια υβριδική προσέγγιση, στην οποία μερικές εργασίες εκφορτώνονται στο υλικό, αλλά οι υπόλοιπες εξακολουθούν να γίνονται στο λογισμικό. Επιπλέον, η παρά εικονικοποίηση και η εικονικοποίηση υποβοηθούμενη από υλικό μπορούν να συνδυαστούν για να βελτιώσουν περαιτέρω την απόδοση [5].

## 2.8.2 Πλήρης εικονικοποίηση (Full virtualization)

Η πλήρης εικονικοποίηση με δυαδική μετάφραση περιλαμβάνει τη δημιουργία μιας εικονικής μηχανής που είναι πλήρως απομονωμένη από το υποκείμενο υλικό και παρέχει τους δικούς της εικονικοποιημένους πόρους υλικού στο λειτουργικό σύστημα επισκέπτη. Αυτό επιτρέπει στο λειτουργικό σύστημα επισκέπτη να εκτελείται χωρίς τροποποίηση στην εικονική μηχανή, σαν να εκτελείται σε φυσικό εξυπηρετητή. Ακόμα, απαιτεί έναν υπερεπόπτη ή ελεγκτή εικονικής μηχανής για τη διαχείριση και την κατανομή των πόρων υλικού στις εικονικές μηχανές.

Με την πλήρη εικονικοποίηση, οι μη κρίσιμες οδηγίες εκτελούνται απευθείας στο υλικό, ενώ οι κρίσιμες οδηγίες ανακαλύπτονται και αντικαθίστανται με παγίδες στον ελεγκτή εικονικής μηχανής για εξομίωση από το λογισμικό. Και οι δύο προσεγγίσεις υπερεπόπτη και ελεγκτή εικονικής μηχανής θεωρούνται πλήρης εικονικοποίηση. Όμως, παγιδεύονται μόνο κρίσιμες οδηγίες στο ελεγκτή εικονικής μηχανής επειδή η δυαδική μετάφραση μπορεί να επιφέρει μεγάλο κόστος απόδοσης. Οι μη κρίσιμες οδηγίες δεν ελέγχουν το υλικό ούτε απειλούν την ασφάλεια του συστήματος, αλλά οι κρίσιμες οδηγίες ελέγχουν. Επομένως, η εκτέλεση μη κρίσιμων οδηγιών στο υλικό όχι μόνο μπορεί να προωθήσει την αποτελεσματικότητα, αλλά μπορεί επίσης να εξασφαλίσει την ασφάλεια του συστήματος [5].



Εικόνα 8: Προσέγγιση δυαδικής μετάφρασης σε εικονικοποίηση x86 [7]

Μερικά πλεονεκτήματα της πλήρους εικονικοποίησης περιλαμβάνουν:

- Συμβατότητα: Επιτρέπει στους οργανισμούς να εκτελούν οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα στην εικονική μηχανή, αρκεί να υποστηρίζεται από τον υπερεπόπτη.
- Απομόνωση: Παρέχει υψηλό επίπεδο απομόνωσης μεταξύ των εικονικών μηχανών και του υποκείμενου υλικού, επιτρέποντας στους οργανισμούς να εκτελούν πολλές εφαρμογές και λειτουργικά συστήματα στον ίδιο φυσικό εξυπηρετητή χωρίς παρεμβολές.
- Απόδοση: Μπορεί να προσφέρει καλές επιδόσεις, καθώς ο υπερεπόπτης είναι σε θέση να βελτιστοποιήσει την κατανομή των πόρων υλικού στις εικονικές μηχανές.

Μερικά μειονεκτήματα της πλήρους εικονικοποίησης περιλαμβάνουν:

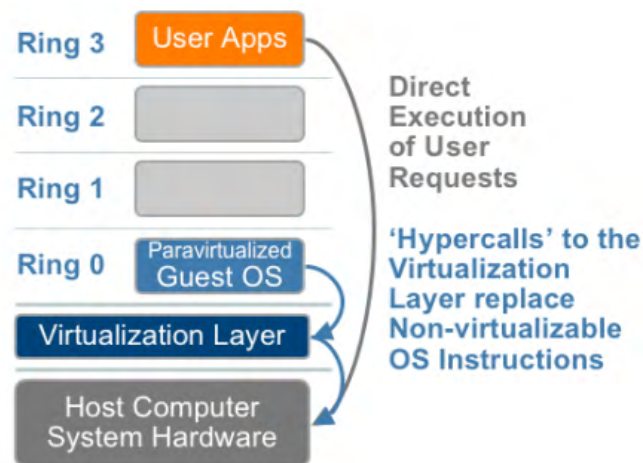
- Υπάρχει περίπτωση να υπάρξει κάποια καθυστέρηση, καθώς ο υπερεπόπτης πρέπει να διαχειρίζεται και να μεταφράζει τα αιτήματα του λειτουργικού συστήματος επισκέπτη για πόρους υλικού. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ελαφρώς χαμηλότερη απόδοση σε σύγκριση με την εκτέλεση του λειτουργικού συστήματος απευθείας στο φυσικό υλικό.
- Συμβατότητα: Ορισμένα παλαιότερα ή εξειδικευμένα λειτουργικά συστήματα ενδέχεται να μην είναι συμβατά με την πλήρη εικονικοποίηση, καθώς μπορεί να βασίζονται σε χαρακτηριστικά του υποκείμενου υλικού που δεν εκτίθενται στην εικονική μηχανή.

### 2.8.3 Παρα-εικονικοποίηση (Paravirtualisation)

Η παρά εικονικοποίηση περιλαμβάνει τη δημιουργία μιας εικονικής μηχανής που δεν είναι πλήρως απομονωμένη από το υποκείμενο υλικό, αλλά αντί αυτού βασίζεται στην τροποποίηση του λειτουργικού συστήματος επισκέπτη για να υποστηρίξει το περιβάλλον εικονικοποίησης. Αυτό

επιτρέπει στο λειτουργικό σύστημα επισκέπτη να έχει άμεση πρόσβαση και αλληλεπίδραση με τους πόρους υλικού, χωρίς την ανάγκη υπερεπόπτη για τη μετάφραση των αιτημάτων.

Όταν ο επεξεργαστής x86 είναι εικονικοποιημένος, ένα επίπεδο εικονικοποίησης εισάγεται μεταξύ του υλικού και του λειτουργικού συστήματος. Σύμφωνα με τον ορισμό του δακτυλίου x86, το επίπεδο εικονικοποίησης θα πρέπει επίσης να εγκατασταθεί στο Ring 0. Διαφορετικές εντολές στο Ring 0 ενδέχεται να προκαλέσουν ορισμένα προβλήματα. Στην Εικόνα 2.9, δείχνουμε ότι η παρά εικονικοποίηση αντικαθιστά τις μη εικονικοποιήσιμες εντολές με υπερκλήσεις που επικοινωνούν απευθείας με τον υπερεπόπτη. Ωστόσο, όταν ο πυρήνας του λειτουργικού συστήματος επισκέπτη τροποποιηθεί για εικονικοποίηση, δεν μπορεί πλέον να εκτελεστεί απευθείας στο υλικό [5].



**Εικόνα 9:** προσέγγιση παρά εικονικοποίησης σε εικονικοποίηση x86 [7]

Μερικά οφέλη της παρά εικονικοποίησης περιλαμβάνουν:

- **Απόδοση:** Η παρά εικονικοποίηση μπορεί να προσφέρει καλές επιδόσεις, καθώς το λειτουργικό σύστημα επισκέπτη είναι σε θέση να έχει άμεση πρόσβαση και να αλληλεπιδρά με τους πόρους υλικού, χωρίς την επιβάρυνση του υπερεπόπτη.
- **Συμβατότητα:** Η παρά εικονικοποίηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εικονικοποίηση παλαιότερων ή εξειδικευμένων λειτουργικών συστημάτων που ενδέχεται να μην είναι συμβατά με την πλήρη εικονικοποίηση.

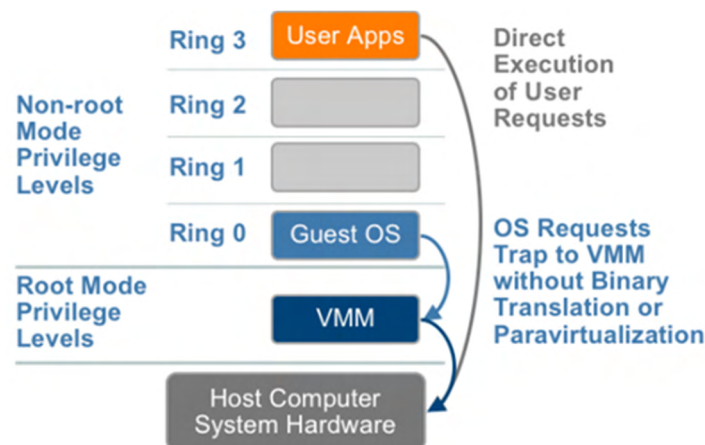
Μερικά μειονεκτήματα της παρά εικονικοποίησης περιλαμβάνουν:

- **Συμβατότητα:** Το λειτουργικό σύστημα επισκέπτη πρέπει να τροποποιηθεί για να υποστηρίξει το περιβάλλον εικονικοποίησης, κάτι που μπορεί να μην είναι δυνατό για όλα τα λειτουργικά συστήματα.

- Απομόνωση: Η παρά εικονικοποίηση δεν παρέχει το ίδιο επίπεδο απομόνωσης μεταξύ των εικονικών μηχανών και του υποκείμενου υλικού με την πλήρη εικονικοποίηση, καθώς το λειτουργικό σύστημα επισκέπτη μπορεί να έχει άμεση πρόσβαση και να αλληλεπιδρά με τους πόρους υλικού. Αυτό μπορεί να κάνει πιο δύσκολη την εκτέλεση πολλών εφαρμογών και λειτουργικών συστημάτων στον ίδιο φυσικό εξυπηρετητή χωρίς παρεμβολές.

#### 2.8.4 Εικονικοποίηση υποβοηθούμενη από το υλικό (Hardware-Assisted Virtualisation)

Η εικονικοποίηση με τη βοήθεια υλικού είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει την επικοινωνία ενός συνόλου εντολών κεντρικής μονάδας επεξεργασίας στην οποία ο υπερεπόπτης εκτελείται σε μια νέα λειτουργία ριζικού επιπέδου κάτω από το επίπεδο του πυρήνα του λειτουργικού συστήματος. Σε αυτόν τον τύπο εικονικοποίησης, οι προνομαϊκές και ευαίσθητες κλήσεις ρυθμίζονται να παγιδεύονται αυτόματα στον υπερεπόπτη. Η δυαδική μετάφραση που χρησιμοποιείται στην πλήρη εικονικοποίηση ή η χρήση υπερκλήσεων (hypercalls) στην παρά εικονικοποίηση δε χρειάζεται πλέον. Ανάλογα με τον κατασκευαστή της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας, η κατάσταση επισκέπτη αποθηκεύεται είτε σε δομές ελέγχου εικονικής μηχανής (Intel) είτε μπλοκ ελέγχου εικονικής μηχανής (AMD). Οι τεχνολογίες πρώτης γενιάς που υποστηρίζονται από υλικό εξακολουθούν να υστερούν σε απόδοση σε σύγκριση με την πλήρη εικονικοποίηση, αλλά η ανάπτυξη τεχνολογιών δεύτερης γενιάς με υποβοήθηση υλικού θα βελτιώσει την απόδοση της εικονικοποίησης, ενώ θα μειώσει την επιβάρυνση της μνήμης [6].



Εικόνα 10: Προσέγγιση εικονικοποίησης υποβοηθούμενη από το υλικό σε εικονικοποίηση x86 [7]

Μερικά πλεονεκτήματα της εικονικοποίησης υποβοηθούμενη από υλικό περιλαμβάνουν:

- Βελτιωμένη απόδοση: Μπορεί να προσφέρει καλύτερες επιδόσεις από άλλους τύπους εικονικοποίησης, καθώς μειώνει τα γενικά έξοδα που σχετίζονται με την εικονικοποίηση. Αυτό

μπορεί να είναι ιδιαίτερα ωφέλιμο για εφαρμογές που απαιτούν υψηλό επίπεδο απόδοσης, όπως εξυπηρετητές βάσεων δεδομένων ή επιστημονικές προσομοιώσεις.

- Βελτιωμένη ασφάλεια: Μπορεί να παρέχει καλύτερη απομόνωση μεταξύ των εικονικών μηχανών, καθώς χρησιμοποιεί αντιστοίχιση μνήμης βάσει υλικού και μετάφραση διευθύνσεων για να δημιουργήσει ένα ασφαλές, απομονωμένο περιβάλλον για κάθε εικονική μηχανή. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στην αποτροπή της πρόσβασης των εικονικών μηχανών στη μνήμη ή στους πόρους του άλλου συστήματος.

Μερικά μειονεκτήματα της εικονικοποίησης υποβοηθούμενη από υλικό περιλαμβάνουν:

- Απαιτήσεις υλικού: Απαιτεί ειδική υποστήριξη υλικού, η οποία ενδέχεται να μην είναι διαθέσιμη σε όλα τα συστήματα. Αυτό μπορεί να καταστήσει δύσκολη τη χρήση σε παλαιότερα συστήματα ή συστήματα με λιγότερο προηγμένο υλικό.
- Ζητήματα συμβατότητας: Ορισμένες εφαρμογές ενδέχεται να μην είναι συμβατές με εικονικοποίηση υποβοηθούμενη από υλικό ή μπορεί να απαιτούν πρόσθετες ρυθμίσεις παραμέτρων για να λειτουργήσουν σωστά. Αυτό μπορεί να προβληματίσει τους χρήστες που πρέπει να εκτελούν συγκεκριμένες εφαρμογές στις εικονικές μηχανές τους.
- Κόστος: Η εικονικοποίηση υποβοηθούμενη από υλικό ενδέχεται να απαιτεί την αγορά πρόσθετου υλικού ή λογισμικού, γεγονός που μπορεί να αυξήσει το συνολικό κόστος εφαρμογής μιας λύσης εικονικοποίησης.

### 2.8.5 Εικονικοποίηση Λειτουργικού Συστήματος (OS Level Virtualisation)

Η εικονικοποίηση λειτουργικού συστήματος εισάγει ένα επίπεδο εικονικοποίησης μέσα σε ένα λειτουργικό σύστημα για να χωρίσει τους φυσικούς πόρους ενός μηχανήματος. Επιτρέπει πολλαπλές απομονωμένες εικονικές μηχανές μέσα σε έναν πυρήνα λειτουργικού συστήματος. Αυτό το είδος εικονικής μηχανής ονομάζεται συχνά εικονικό περιβάλλον εκτέλεσης (VE), ιδιωτικό εικονικό σύστημα (VPS) ή απλά περιέκτης (container). Από τη σκοπιά του χρήστη, τα κιβώτια μοιάζουν με πραγματικούς εξυπηρετητές. Αυτό σημαίνει ότι ένα κιβώτιο έχει το δικό του σύνολο διεργασιών, σύστημα αρχείων, λογαριασμούς χρήστη, διεπαφές δικτύου με διευθύνσεις IP, πίνακες δρομολόγησης, κανόνες τείχους προστασίας και άλλες προσωπικές ρυθμίσεις. Αν και τα κιβώτια μπορούν να προσαρμοστούν για διαφορετικούς ανθρώπους, μοιράζονται τον ίδιο πυρήνα λειτουργικού συστήματος. Επομένως, η εικονικοποίηση σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος ονομάζεται επίσης εικονικοποίηση εικόνας ενός λειτουργικού συστήματος [5].

Μερικά πλεονεκτήματα της εικονικοποίησης σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος περιλαμβάνουν:

- Βελτιωμένη χρήση πόρων: Επιτρέπει σε πολλαπλές μεμονωμένες περιπτώσεις να μοιράζονται τον ίδιο πυρήνα, κάτι που μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της χρήσης πόρων και στη μείωση του αριθμού των απαιτούμενων φυσικών εξυπηρετητών.
- Εύκολη ρύθμιση και διαχείριση: Η εικονικοποίηση σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος δεν απαιτεί την εγκατάσταση ξεχωριστού υπερεπόπτη, ο οποίος μπορεί να διευκολύνει τη ρύθμιση και τη διαχείριση από άλλους τύπους εικονικοποίησης.
- Βελτιωμένη ασφάλεια: Η εικονικοποίηση σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος μπορεί να προσφέρει καλύτερη απομόνωση μεταξύ των παρουσιών, καθώς κάθε παρουσία έχει το δικό της σύνολο διεργασιών, διεπαφών δικτύου και συστημάτων αρχείων. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στην αποτροπή περιπτώσεων πρόσβασης των πόρων κάποιου άλλου χρήστη.

Μερικά μειονεκτήματα της εικονικοποίησης σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος περιλαμβάνουν:

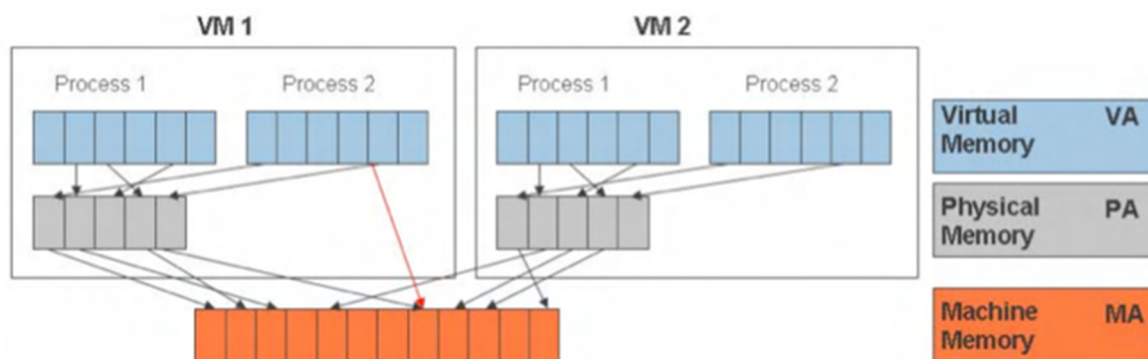
- Περιορισμένη ευελιξία: Η εικονικοποίηση σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος δεν επιτρέπει την εκτέλεση πολλών λειτουργικών συστημάτων στο ίδιο φυσικό υλικό, καθώς κάθε παρουσία πρέπει να χρησιμοποιεί τον ίδιο πυρήνα με το κεντρικό σύστημα. Αυτό μπορεί να περιορίσει την ευελιξία εικονικοποίησης σαν λύση.
- Ζητήματα συμβατότητας: Ορισμένες εφαρμογές ενδέχεται να μην είναι συμβατές με εικονικοποίηση σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος ή μπορεί να απαιτούν πρόσθετες ρυθμίσεις παραμέτρων για να λειτουργήσουν σωστά. Αυτό μπορεί να είναι ανησυχητικό για τους χρήστες που πρέπει να εκτελούν συγκεκριμένες εφαρμογές των στιγμιότυπων τους.
- Επιβάρυνση απόδοσης: Η εικονικοποίηση σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος μπορεί να εισάγει κάποια επιβάρυνση απόδοσης, καθώς κάθε παρουσία πρέπει να μοιράζεται τον ίδιο πυρήνα με το κεντρικό σύστημα. Αυτό μπορεί να είναι ανησυχητικό για εφαρμογές που απαιτούν υψηλό επίπεδο απόδοσης.

### **2.8.6 Εικονικοποίηση μνήμης (Memory Virtualisation)**

Η εικονικοποίηση της εικονικής μνήμης είναι παρόμοια με την υποστήριξη εικονικής μνήμης που παρέχεται από τα σύγχρονα λειτουργικά συστήματα. Σε ένα παραδοσιακό περιβάλλον εκτέλεσης, το λειτουργικό σύστημα διατηρεί αντιστοιχίσεις εικονικής μνήμης στη μνήμη μηχανής χρησιμοποιώντας πίνακες σελίδων, όπου είναι μια αντιστοίχιση ενός σταδίου από την εικονική μνήμη στη μνήμη μηχανής. Όλες οι σύγχρονες κεντρικές μονάδες επεξεργασίας x86 περιλαμβάνουν μονάδα διαχείρισης μνήμης (MMU) και μεταφραστικό χώρο αποθήκευσης (TLB) για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης της εικονικής μνήμης. Ωστόσο, σε ένα εικονικό περιβάλλον εκτέλεσης, η εικονικοποίηση εικονικής μνήμης περιλαμβάνει την κοινή χρήση της φυσικής μνήμης του συστήματος στη μνήμη τυχαίας προσπέλασης (RAM) και τη δυναμική κατανομή της στη φυσική μνήμη των εικονικών μηχανών.

Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να διατηρηθεί μια διαδικασία αντιστοίχισης δύο σταδίων από το λειτουργικό σύστημα επισκέπτη και τον υπερεπόπτη, αντίστοιχα. Δηλαδή, εικονική μνήμη σε φυσική μνήμη και φυσική μνήμη σε μνήμη μηχανής. Επιπλέον, θα πρέπει να υποστηρίζεται η εικονικοποίηση μονάδας διαχείρισης μνήμης, η οποία είναι διαφανής στο λειτουργικό σύστημα επισκέπτη. Το λειτουργικό σύστημα επισκέπτη συνεχίζει να ελέγχει την αντιστοίχιση εικονικών διευθύνσεων στις διευθύνσεις φυσικής μνήμης των εικονικών μηχανών. Ωστόσο, δεν μπορεί να έχει απευθείας πρόσβαση στην πραγματική μνήμη του μηχανήματος. Ο υπερεπόπτης είναι υπεύθυνος για την αντιστοίχιση της φυσικής μνήμης επισκέπτη στην πραγματική μνήμη του μηχανήματος. Το σχήμα 11 δείχνει τη διαδικασία αντιστοίχισης μνήμης δύο επιπέδων.

Δεδομένου ότι κάθε πίνακας σελίδων των λειτουργικών συστημάτων επισκέπτη έχει ένα ξεχωριστό πίνακα σελίδων στον υπερεπόπτη που αντιστοιχεί σε αυτόν, ο πίνακας σελίδων του υπερεπόπτη ονομάζεται πίνακας σκιαωδών σελίδων (shadow page table). Οι εμφωλευμένοι πίνακες σελίδων προσθέτουν ένα άλλο επίπεδο έμμεσης κατεύθυνσης στην εικονική μνήμη. Η μονάδα διαχείρισης μνήμης χειρίζεται ήδη μεταφράσεις εικονικής σε φυσική, όπως ορίζεται από το λειτουργικό σύστημα. Στη συνέχεια, οι διευθύνσεις φυσικής μνήμης μεταφράζονται σε διευθύνσεις μηχανής χρησιμοποιώντας ένα άλλο σύνολο πινάκων σελίδων που ορίζονται από τον υπερεπόπτη [5]



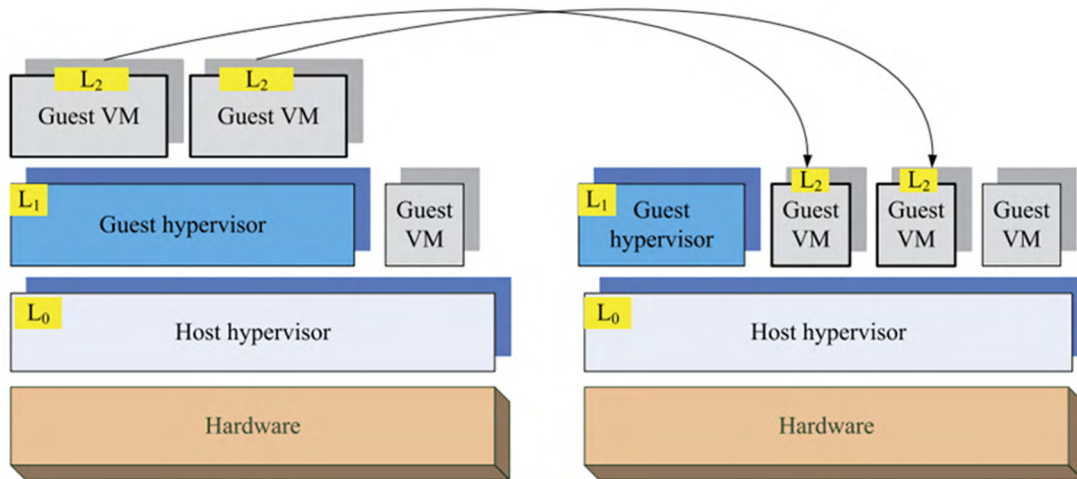
Εικόνα 11: Διαδικασία αντιστοίχισης μνήμης δύο επιπέδων [7]

### 2.8.7 Εμφωλευμένη εικονικοποίηση (Nested Virtualisation)

Υπάρχει ακόμα μία ειδική κατηγορία εικονικοποίησης που προσφέρει τη δυνατότητα εκτέλεσης πολλαπλών επιπέδων εικονικών μηχανών αυτή της εμφωλευμένης εικονικοποίησης (Nested Virtualization). Αρχικά σε λειτουργία μη εμφωλευμένης εικονικοποίησης εκτελείται ένας υπερεπόπτης σε φυσικό υλικό και παρέχει ένα εικονικό περιβάλλον εκτέλεσης παρόμοιο με το υποκείμενο υλικό για την εικονική μηχανή. Αυτό επιτρέπει σε ένα τυπικό λειτουργικό σύστημα που έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί σε φυσικό υλικό να λειτουργεί χωρίς τροποποιήσεις μέσα στην εικονική μηχανή. Με την εμφωλευμένη εικονικοποίηση, ο υπερεπόπτης πρέπει να υποστηρίζει τη λειτουργία ενός άλλου



υπερεπόπτη εντός της εικονικής μηχανής, το οποίο μπορεί με τη σειρά του να εκτελέσει μια άλλη εικονική μηχανή. Αναφερόμαστε στον υπερεπόπτη κεντρικού υπολογιστή ως τον πρώτο υπερεπόπτη που εκτελείται απευθείας στο υλικό και στον υπερεπόπτη επισκέπτη ως τον υπερεπόπτη που εκτελείται μέσα σε μία εικονική μηχανή [8].



**Εικόνα 12:** Πολλαπλά επίπεδα εικονικοποίησης (στα αριστερά) πολυπλέκονται στο επίπεδο εικονικοποίησης υλικού (στα δεξιά) [4]

## 2.9 Τύποι Υπερεποπτών (Hypervisors)

Όλες οι παραπάνω τεχνολογίες εικονικοποίησης μπορούν επίσης να ταξινομηθούν ανάλογα με τον τύπο φιλοξενίας που παρέχεται από τον υπερεπόπτη. Στην τεχνολογία εικονικοποίησης, ένας υπερεπόπτης είναι ένα πρόγραμμα λογισμικού που διαχειρίζεται πολλαπλά λειτουργικά συστήματα (ή πολλαπλές παρουσίες του ίδιου λειτουργικού συστήματος) σε ένα μόνο σύστημα υπολογιστή. Ο υπερεπόπτης διαχειρίζεται τον επεξεργαστή, τη μνήμη και άλλους πόρους του συστήματος για να εκχωρήσει αυτό που απαιτεί κάθε λειτουργικό σύστημα. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι υπερεπόπτη, που αναφέρονται ως γυμνού μετάλλου (Bare metal) και φιλοξενούμενοι (hosted).

### 2.9.1 Γυμνού μετάλλου (Bare metal)

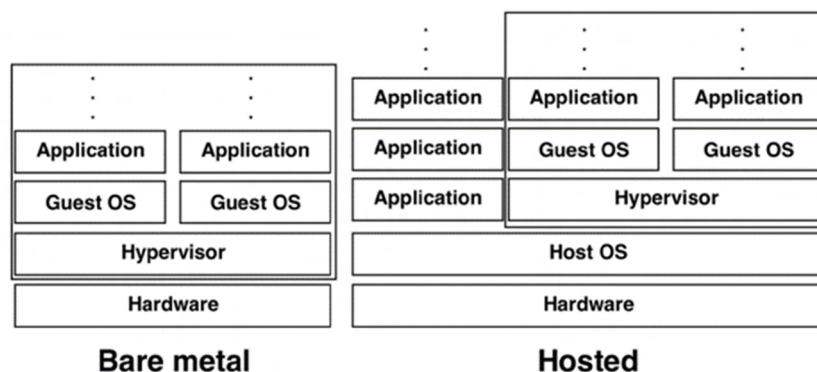
Οι υπερεπόπτες γυμνού μετάλλου (Bare metal) ή τύπου 1 υπερεπόπτες εγκαθίστανται απευθείας στο φυσικό εξοπλιστή. Δηλαδή, είναι ένα λεπτό λειτουργικό σύστημα που ελέγχει το υλικό, χειρίζεται τον προγραμματισμό πόρων και παρακολουθεί τον επισκέπτη. Οι υπερεπόπτες τύπου 1 εκτελούνται απευθείας στην πλατφόρμα υλικού. Το λειτουργικό σύστημα επισκέπτη δε γνωρίζει ότι δεν εκτελείται σε πραγματικό υλικό και δεν απαιτεί καμία τροποποίηση, αλλά απαιτεί πόρους από τον κεντρικό υπολογιστή.

Το λειτουργικό σύστημα επισκέπτη εκτελείται στην πραγματικότητα στο δεύτερο επίπεδο πάνω από το υλικό. Ο υπερεπόπτης συντονίζει τις οδηγίες μεταξύ του επισκέπτη και της κεντρικής μονάδας

επεξεργασίας. Αυτό σημαίνει ότι το λειτουργικό σύστημα επισκέπτη ελέγχεται από το κεντρικό σύστημα και ο επισκέπτης χρησιμοποιεί μια εικονική αρχιτεκτονική, η οποία μοιάζει σχεδόν με το φυσικό υλικό. Οι υπερεπόπτες τύπου 1 είναι συνήθως η προτιμώμενη προσέγγιση για την εικονικοποίηση, επειδή ασχολούνται απευθείας με το υλικό, επομένως επιτυγχάνεται υψηλότερη απόδοση εικονικοποίησης. Μερικά παραδείγματα τέτοιου τύπου υπερεπόπτη είναι το VMware ESX, το Citrix XenServer και το Microsoft Hyper-V [6].

### 2.9.2 Φιλοξενούμενοι (Hosted)

Ένας φιλοξενούμενος ή τύπου 2 υπερεπόπτης είναι λογισμικό που εκτελείται πάνω από ένα ήδη εγκατεστημένο τυπικό περιβάλλον λειτουργικού συστήματος, όπως το Linux ή τα Windows. Το λειτουργικό σύστημα επισκέπτη εκτελείται στο τρίτο επίπεδο πάνω από το υλικό. Ο έλεγχος των πόρων του υπερεπόπτη βασίζεται στους πόρους που παρουσιάζονται από το υποκείμενο λειτουργικό σύστημα. Ο υπερεπόπτης εκτελείται απλώς ως εφαρμογή στο υπάρχον λειτουργικό σύστημα και το λειτουργικό σύστημα επισκέπτη που εκτελείται στον υπερεπόπτη είναι η εικονική μηχανή. Η κατάσταση του λειτουργικού συστήματος επισκέπτη είναι πλήρως ενθυλακωμένη. Οι υπερεπόπτες τύπου 2 χρησιμοποιούνται κυρίως σε συστήματα όπου υπάρχει ανάγκη για μια ποικιλία συσκευών εισόδου/εξόδου που μπορούν να υποστηριχθούν από το κεντρικό λειτουργικό σύστημα και σε συστήματα πελατών όπου η αποτελεσματικότητα είναι λιγότερο κρίσιμη. Παραδείγματα αυτού του τύπου περιβάλλοντος είναι τα Parallels Workstation, Microsoft Virtual Server, VMware Server και VMware Workstation [6].



Εικόνα 13: Αρχιτεκτονικές Εικονικοποίησης [9]

Εκτός των δύο κύριων τύπων υπερεπόπτη υπάρχουν και οι υβριδικόι υπερεπόπτες (ή hybrid hypervisors) όπου συνδυάζουν τα χαρακτηριστικά και των δύο τύπων. Ο υπερεπόπτης ελέγχει απευθείας την κεντρική μονάδα επεξεργασίας και τη μνήμη, ενώ το λειτουργικό σύστημα παρέχει στους επισκέπτες πρόσβαση σε συσκευές Εισόδου/Εξόδου.

## 2.10 Μηχανισμοί Υποδομής Νέφους

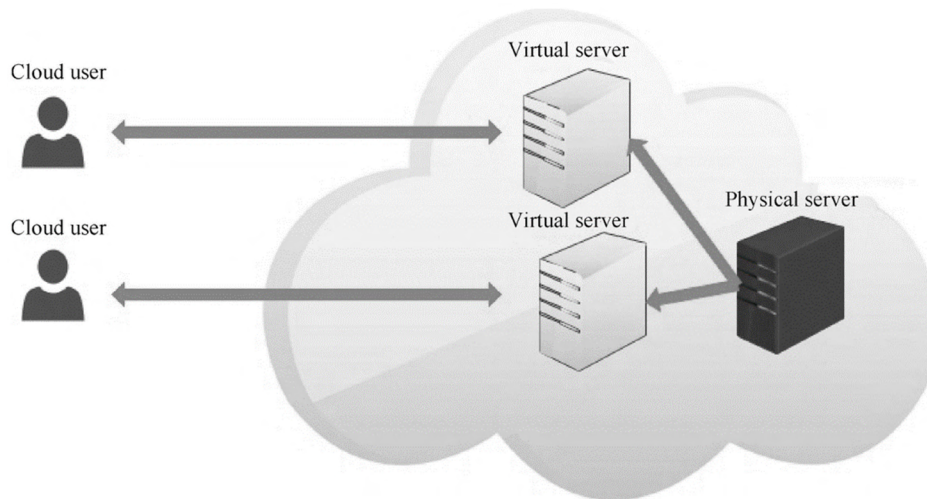
Οι μηχανισμοί υποδομής νέφους αντιπροσωπεύουν μία από τις πιο καινοτόμες και σημαντικές τεχνολογίες που εφαρμόζονται στον κλάδο της πληροφορικής και των κέντρων δεδομένων. Αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη και παροχή υπολογιστικών υπηρεσιών μέσω κάποιου δικτύου, επιτρέποντας την ευέλικτη, ασφαλή και αποτελεσματική αξιοποίηση των πόρων των κέντρων δεδομένων.

### 2.10.1 Εικονικός Εξυπηρετητής

Ένας εικονικός εξυπηρετητής (virtual server) είναι μία μορφή λογισμικού εικονικοποίησης που προσομοιώνει ένα φυσικό εξυπηρετητή. Μέσω της εικονικοποίησης, αποφεύγεται το μονοπώλιο των εφαρμογών στους φυσικούς πόρους και ο ίδιος φυσικός εξυπηρετητής μπορεί να δημιουργήσει πολλαπλές περιπτώσεις εικονικών εξυπηρετητών. Παρέχοντας ανεξάρτητες περιπτώσεις εικονικών εξυπηρετητών στους χρήστες του νέφους, οι πάροχοι υπηρεσιών νέφους μπορούν να χρησιμοποιούν περιορισμένους φυσικούς εξυπηρετητές και άλλους πόρους πληροφορικής για να βελτιώσουν την αποδοτικότητα της χρήσης των πόρων [10].

Ως ένας κύριος μηχανισμός, ο εικονικός εξυπηρετητής είναι το πλέον βασικότερο δομικό στοιχείο ενός περιβάλλοντος νέφους. Κάθε εικονικός εξυπηρετητής μπορεί να αποθηκεύσει μεγάλο αριθμό πόρων πληροφορικής, όπως επεξεργαστή, μνήμη, εξωτερική αποθήκευση και δίκτυο. Για να διευκολυνθούν οι χρήστες στη δημιουργία εικονικών στιγμιότυπων εξυπηρετητή, οι πάροχοι υπηρεσιών νέφους ή οι χρήστες συνήθως προετοιμάζουν εκ των προτέρων κάποιες προσαρμοσμένες εικόνες εικονικών εξυπηρετητών. Κάθε εικόνα καθορίζει τον αριθμό των εικονικών επεξεργαστών που περιέχονται στο αντίστοιχο εικονικό στιγμιότυπο εξυπηρετητή. Συγκεκριμένοι δείκτες απόδοσης, όπως η ταχύτητα ρολογιού, η μνήμη και το εύρος ζώνης δικτύου. Η δημιουργία ενός εικονικού στιγμιότυπου από ένα αρχείο εικόνας είναι μια διαδικασία κατανομής πόρων που μπορεί να ολοκληρωθεί γρήγορα και κατά παραγγελία [10].

Με την εγκατάσταση ή την απελευθέρωση εικονικών εξυπηρετητών, οι χρήστες του νέφους μπορούν να προσαρμόσουν το δικό τους περιβάλλον, το οποίο είναι ανεξάρτητο από άλλους χρήστες του νέφους που βασίζονται σε εικονικούς εξυπηρετητές που βασίζονται στον ίδιο υποκείμενο φυσικό εξυπηρετητή.



**Εικόνα 14:** Παράδειγμα δύο εικονικών εξυπηρετητών που βασίζονται στον ίδιο φυσικό εξυπηρετητή και παρέχουν υπηρεσίες σε διαφορετικούς χρήστες<sup>8</sup>

### 2.10.2 Συσκευή Αποθήκευσης Νέφους

Οι συσκευές αποθήκευσης νέφους αναφέρονται σε συσκευές αποθήκευσης που χρησιμοποιούνται για την παροχή υπηρεσιών νέφους. Αυτές οι φυσικές συσκευές αποθήκευσης συνήθως είναι εικονικοποιημένοι για να προσφέρουν υπηρεσίες σε χρήστες του νέφους με τη μορφή εικονικών συσκευών αποθήκευσης, όπως ακριβώς οι φυσικοί εξυπηρετητές είναι εικονικοποιημένοι σε εικονικούς εξυπηρετητές. Γενικά, οι συσκευές αποθήκευσης νέφους υποστηρίζουν απομακρυσμένη πρόσβαση από τους χρήστες του νέφους [10].

Τα κύρια ζητήματα που σχετίζονται με την αποθήκευση στο νέφος είναι η ασφάλεια, η ακεραιότητα και η εμπιστευτικότητα των δεδομένων. Εάν ο χρήστης χρησιμοποιεί μια δημόσια υπηρεσία νέφους, τα δεδομένα του θα αποθηκεύονται στη συσκευή αποθήκευσης νέφους του παρόχου των υπηρεσιών του νέφους. Αυτές οι συσκευές αποθήκευσης νέφους διαχειρίζονται και λειτουργούν από τους παρόχους υπηρεσιών νέφους. Οι χρήστες του νέφους έχουν μόνο δικαιώματα πρόσβασης σε αυτά τα δεδομένα, αλλά όχι δικαιώματα ελέγχου. Δεν υπάρχει καμία εγγύηση ότι αυτά τα δεδομένα δε θα αλλοιωθούν ή δε θα διαγραφούν. Πρέπει να υπάρχουν κάποιοι αντίστοιχοι μηχανισμοί για τη διασφάλισή τους. Εάν η ασφάλεια, η ακεραιότητα και η εμπιστευτικότητα των δεδομένων που αποθηκεύονται στο νέφος δεν μπορούν να διασφαλιστούν, το υπολογιστικό νέφος θα χάσει την ελκυστικότητά του. Ειδικά όταν τα δεδομένα ανατίθενται σε εξωτερικούς παρόχους υπολογιστικού νέφους και άλλα τρίτα μέρη, θα πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη προσοχή στην προστασία των δεδομένων. Εξάλλου, λόγω της εμφάνισης διαπεριφερειακών και διασυνοριακών υπηρεσιών νέφους, ενδέχεται να προκύψουν νομικά και ρυθμιστικά ζητήματα όταν τα δεδομένα μεταφέρονται σε άλλες περιφέρειες ή εθνικά σύνορα [10].

<sup>8</sup> Πηγή: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-3026-3\\_2/figures/2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-3026-3_2/figures/2)

Οι συσκευές αποθήκευσης στο νέφος μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με τα επίπεδα αποθήκευσης δεδομένων: αρχεία, μπλοκ, σύνολα δεδομένων και αντικείμενα. Υπάρχουν τρεις τύποι αντίστοιχων διεπαφών αποθήκευσης: διεπαφή αποθήκευσης δικτύου, διεπαφή αποθήκευσης αντικειμένων και διεπαφή αποθήκευσης βάσεων δεδομένων [10].

### **2.10.3 Εποπτεία Νέφους**

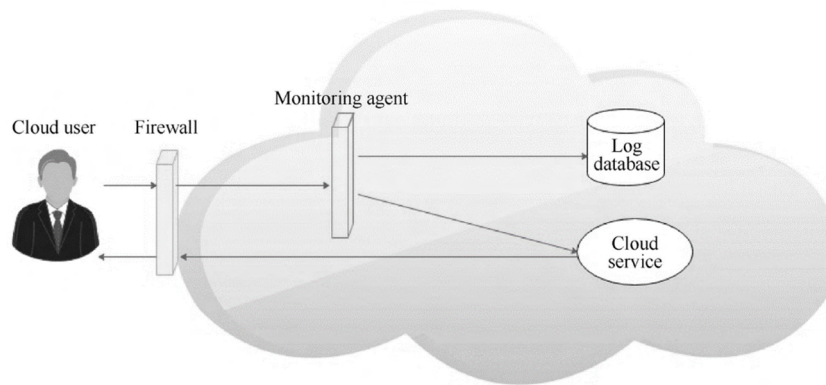
Η παρακολούθηση της χρήσης του νέφους είναι ένα ελαφρύ αυτόνομο πρόγραμμα λογισμικού που χρησιμοποιείται για τη συλλογή και την επεξεργασία δεδομένων χρήσης των πόρων πληροφορικής από τους χρήστες του νέφους [2].

Ανάλογα με τον τύπο των δεικτών χρήσης που πρέπει να συλλεχθούν και τη μέθοδο συλλογής δεδομένων χρήσης, η παρακολούθηση χρήσης νέφους μπορεί να έχει διάφορες μορφές. Ακολουθούν τρεις κοινές μορφές που βασίζονται σε πράκτορες, καθεμία από τις οποίες αποστέλλει τα συλλεγόμενα δεδομένα χρήσης στη βάση δεδομένων καταγραφής για μετέπειτα επεξεργασία και υποβολή εκθέσεων [2].

#### **1. Πράκτορας εποπτείας**

Ο πράκτορας εποπτείας είναι ένα ενδιάμεσο πρόγραμμα που βασίζεται σε συμβάντα, το οποίο βρίσκεται στην υπάρχουσα διαδρομή επικοινωνίας ως πράκτορας υπηρεσίας όπου παρακολουθεί και αναλύει διαφανώς τη ροή δεδομένων. Αυτός ο τύπος παρακολούθησης της χρήσης του νέφους χρησιμοποιείται συνήθως για τη μέτρηση της κίνησης δικτύου και των μετρικών μηνυμάτων (Εικόνα 2.15).

Σε αυτό το παράδειγμα, ο χρήστης του νέφους στέλνει ένα μήνυμα αίτησης στην υπηρεσία νέφους και ο πράκτορας παρακολούθησης το υποκλέπτει. Αφενός, το μήνυμα αίτησης του χρήστη αποστέλλεται στην υπηρεσία νέφους, αφετέρου, τα σχετικά δεδομένα χρήσης συλλέγονται και αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων καταγραφής. Αφού η υπηρεσία νέφους λάβει το μήνυμα αίτησης, θα επιστρέψει ένα μήνυμα απάντησης, το οποίο ο πράκτορας παρακολούθησης δε θα υποκλέψει.

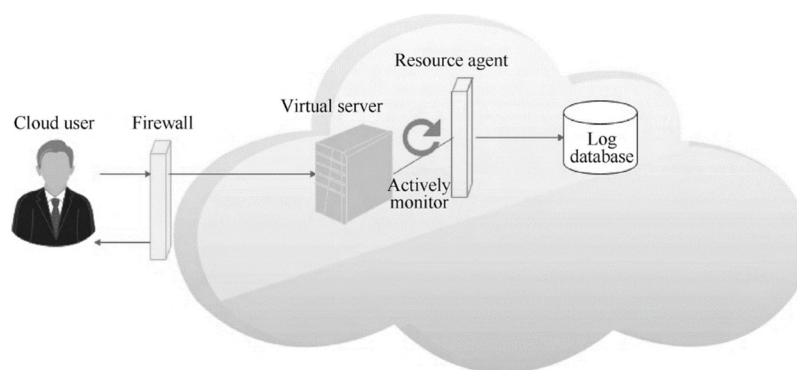


Εικόνα 15: Παράδειγμα πράκτορα εποπτείας<sup>9</sup>

## 2. Πράκτορας πόρων

Ο πράκτορας πόρων είναι μια μονάδα επεξεργασίας που συλλέγει δεδομένα χρήσης αλληλεπιδρώντας με εξειδικευμένο λογισμικό πόρων με τρόπο καθοδηγούμενο από συμβάντα. Λειτουργεί με βάση το λογισμικό πόρων, παρακολουθώντας τους δείκτες χρήσης προκαθορισμένων και παρατηρήσιμων γεγονότων, όπως η έναρξη, η παύση, η συνέχιση και η κάθετη επέκταση κάθε οντότητας [2]. Ένα παράδειγμα ενός πράκτορα πόρων παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.16.

Σε αυτό το παράδειγμα, ο πράκτορας πόρων παρακολουθεί ενεργά τον εικονικό εξυπηρετητή και ανιχνεύει αυξημένη χρήση πόρων. Συγκεκριμένα, ο πράκτορας πόρων λαμβάνει ειδοποιήσεις από το υποκείμενο πρόγραμμα διαχείρισης πόρων και καθώς αυξάνεται ο αριθμός των αιτήσεων των χρηστών, ο εικονικός εξυπηρετητής επεκτείνεται. Ο πράκτορας πόρων αποθηκεύει τα δεδομένα χρήσης που συλλέγονται στη βάση δεδομένων καταγραφής σύμφωνα με τους δείκτες παρακολούθησης [2].



Εικόνα 16: Παράδειγμα πράκτορα πόρων<sup>10</sup>

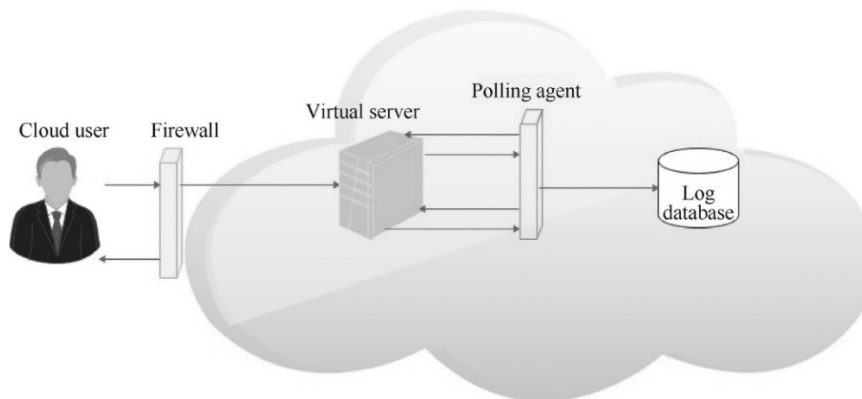
<sup>9</sup> Πηγή: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-3026-3\\_2/figures/5](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-3026-3_2/figures/5)

<sup>10</sup> Πηγή: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-3026-3\\_2/figures/6](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-3026-3_2/figures/6)

### 3. Πράκτορας σταθμοσκόπησης

Ο πράκτορας σταθμοσκόπησης είναι μια μονάδα επεξεργασίας που συλλέγει δεδομένα χρήσης του εξυπηρετητή νέφους μέσω σταθμοσκόπησης των πόρων πληροφορικής. Συνήθως χρησιμοποιείται για την περιοδική παρακολούθηση της κατάστασης των πόρων πληροφορικής, όπως ο χρόνος διαθεσιμότητας και ο χρόνος διακοπής λειτουργίας [2].

Ο πράκτορας σταθμοσκόπησης στην Εικόνα 2.17 παρακολουθεί την κατάσταση των υπηρεσιών νέφους στον εικονικό εξυπηρετητή και αποστέλλει περιοδικά μηνύματα σταθμοσκόπησης. Όταν η λαμβανόμενη απάντηση σταθμοσκόπησης αλλάζει (π.χ. όταν η κατάσταση χρήσης αλλάζει από Α σε Β), καταγράφει τη νέα κατάσταση χρήσης στη βάση δεδομένων καταγραφής [2].



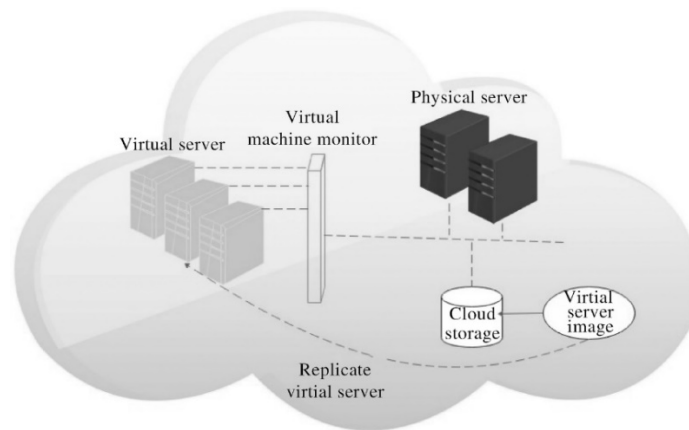
Εικόνα 17: Παράδειγμα πράκτορας σταθμοσκόπησης<sup>11</sup>

#### 2.10.4 Αντιγραφή πόρων

Η αναπαραγωγή πόρων αναφέρεται στη χρήση προσαρμοσμένων προτύπων πόρων (όπως εικόνες εικονικών μηχανών) για τη δημιουργία πολλαπλών εικονικών στιγμιότυπων εξυπηρετητή. Αυτό γίνεται συνήθως όταν πρέπει να βελτιωθεί η διαθεσιμότητα και η απόδοση των πόρων πληροφορικής [10].

Ο μηχανισμός αντιγραφής πόρων χρησιμοποιεί την τεχνολογία εικονικοποίησης για την υλοποίηση της αντιγραφής πόρων πληροφορικής που βασίζονται στο νέφος. Στην Εικόνα 2.18, η παρακολούθηση εικονικής μηχανής χρησιμοποιεί την αποθηκευμένη εικόνα εικονικού εξυπηρετητή για την αντιγραφή πολλαπλών στιγμιότυπων εικονικού εξυπηρετητή.

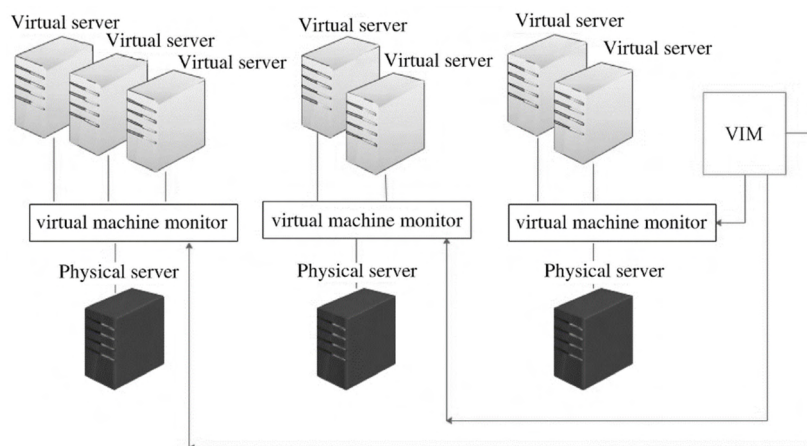
<sup>11</sup> Πηγή [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-3026-3\\_2/figures/7](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-3026-3_2/figures/7)



Εικόνα 18: Παράδειγμα αντιγραφής πόρων<sup>12</sup>

### 2.10.5 Επόπτης Εικονικών Εξυπηρετητών

Το λογισμικό επόπτη εικονικών μηχανών εκτελείται συνήθως στο φυσικό εξυπηρετητή για τον έλεγχο και τη διαχείριση του εικονικού εξυπηρετητή. Ένας διαχειριστής εικονικής υποδομής (VIM), γνωστός και ως διαχειριστής εικονικών συσκευών, χρησιμοποιείται για το συντονισμό των εργασιών που σχετίζονται με τη δημιουργία εικονικών στιγμιότυπων εξυπηρετητή. Στην Εικόνα 2.19 παρουσιάζονται διάφοροι εικονικοί εξυπηρετητές που εκτελούνται σε φυσικούς εξυπηρετητές. Δημιουργούνται από τον κεντρικό διαχειριστή εικονικής υποδομής και ελέγχονται και διαχειρίζονται από έναν ελεγκτή εικονικών μηχανών [10].



Εικόνα 19: Η οθόνη εικονικής μηχανής ελέγχει και διαχειρίζεται εικονικούς εξυπηρετητές που εκτελούνται σε φυσικούς εξυπηρετητές<sup>13</sup>

<sup>12</sup> Πηγή: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-3026-3\\_2/figures/8](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-3026-3_2/figures/8)

<sup>13</sup> Πηγή: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-3026-3\\_2/figures/3](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-3026-3_2/figures/3)



Οι εικόνες εικονικών μηχανών αποθηκεύονται συνήθως σε κοινές συσκευές αποθήκευσης νέφους ως αρχεία. Οι πάροχοι υπηρεσιών νέφους ή οι χρήστες νέφους μπορούν να προετοιμάσουν εικόνες εικονικών μηχανών με διαφορετικές προδιαγραφές υλικού και επιδόσεων, τις οποίες οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν ανάλογα με τις επιχειρηματικές ανάγκες.

### **2.10.6 Συστάδα πόρων**

Οι γεωγραφικά διασκορπισμένοι πόροι πληροφορικής που βασίζονται στο νέφος μπορούν να συνδεθούν σε συμπλέγματα για να βελτιωθεί η κατανομή και η χρήση τους. Πολλαπλές περιπτώσεις πόρων πληροφορικής ομαδοποιούνται με τη χρήση του μηχανισμού συστάδας πόρων, ώστε να μπορούν να διαχειριστούν ως ένας ενιαίος πόρος πληροφορικής. Ως αποτέλεσμα, οι ομαδοποιημένοι πόροι έχουν αυξημένη υπολογιστική ικανότητα, εξισορρόπηση φορτίου και διαθεσιμότητα [2].

Οι αρχιτεκτονικές συμπλέγματος πόρων βασίζονται σε αποκλειστικές συνδέσεις δικτύου υψηλής ταχύτητας ή κόμβους συμπλέγματος, μεταξύ των περιπτώσεων πόρων πληροφορικής για την επικοινωνία σχετικά με την κατανομή του φόρτου εργασίας, τον προγραμματισμό εργασιών, την κοινή χρήση δεδομένων και τον συγχρονισμό του συστήματος. Αυτές οι λειτουργίες συχνά εκτελούνται από μια πλατφόρμα διαχείρισης συστάδων που εγκαθίσταται ως κατανεμημένο ενδιάμεσο λογισμικό σε κάθε κόμβο συστάδας [2].

Αυτή η πλατφόρμα εκτελεί τους πόρους πληροφορικής εντός της συστάδας και υλοποιεί ένα μηχανισμό συντονισμού που κάνει τους κατανεμημένους πόρους να φαίνονται ως ενιαίοι πόροι πληροφορικής.

Μερικοί από τους τύπους συστάδων πόρων είναι οι εξής:

#### **1. Συστάδα εξυπηρετητών**

Για τη βελτίωση των επιδόσεων και της διαθεσιμότητας, οι φυσικοί ή εικονικοί εξυπηρετητές συσσωρεύονται σε συστάδες. Για τη δημιουργία ομαδοποιημένων εικονικών εξυπηρετητών, είναι δυνατή η οργάνωση των υπερεποπτών που εκτελούνται σε πολλούς φυσικούς εξυπηρετητές ώστε να μοιράζονται την κατάσταση εκτέλεσης των εικονικών εξυπηρετητών (όπως σελίδες μνήμης και πληροφορίες καταχωρητών επεξεργαστή). Οι εικονικοί εξυπηρετητές είναι δυνατόν να μετακινούνται ζωντανά από το ένα στο άλλο σε τέτοιες ρυθμίσεις, οι οποίες συνήθως απαιτούν από τους φυσικούς εξυπηρετητές να έχουν πρόσβαση σε κοινόχρηστο αποθηκευτικό χώρο. Κατά τη διαδικασία αυτή, η πλατφόρμα εικονικοποίησης διακόπτει τη λειτουργία ενός συγκεκριμένου εικονικού εξυπηρετητή σε ένα φυσικό εξυπηρετητή και τη συνεχίζει σε ένα διαφορετικό φυσικό εξυπηρετητή [2].

Η μέθοδος, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση της επεκτασιμότητας με τη ζωντανή μετεγκατάσταση ενός εικονικού εξυπηρετητή που εκτελείται επί του παρόντος σε έναν υπερφορτωμένο φυσικό εξυπηρετητή σε έναν άλλο φυσικό εξυπηρετητή με επαρκή χωρητικότητα, είναι διαφανής για το λειτουργικό σύστημα του εικονικού εξυπηρετητή.

## **2. Συστάδα βάσεων δεδομένων**

Αυτή η συστάδα πόρων υψηλής διαθεσιμότητας δημιουργήθηκε για να αυξήσει τη διαθεσιμότητα των δεδομένων και περιέχει μια λειτουργία συγχρονισμού που διατηρεί τη συνέπεια των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα σε διάφορες συσκευές αποθήκευσης που χρησιμοποιούνται στη συστάδα. Το ενεργό-ενεργό ή ενεργό-παθητικό σύστημα αποτυχίας είναι συνήθως το θεμέλιο της πλεονάζουσας χωρητικότητας και είναι αφιερωμένο στη διατήρηση των συνθηκών συγχρονισμού [2].

## **3. Συστάδα με εξισορρόπηση φορτίου**

Προκειμένου να επεκταθεί η χωρητικότητα των πόρων πληροφορικής, διατηρώντας παράλληλα την κεντρική διαχείριση των πόρων, αυτή η συστάδα υπερέχει στην κατανομή των φόρτων εργασίας μεταξύ των κόμβων της συστάδας. Συνήθως, χρησιμοποιείται μια μέθοδος εξισορρόπησης φορτίου, είτε ενσωματωμένη στην πλατφόρμα διαχείρισης της συστάδας είτε δημιουργημένη ως ξεχωριστός πόρος πληροφορικής.

## **4. Συστάδα υψηλής διαθεσιμότητας**

Μια συστάδα πόρων υψηλής διαθεσιμότητας διαθέτει πλεονάζουσες υλοποιήσεις της πλειονότητας των πόρων πληροφορικής και διατηρεί τη διαθεσιμότητα του συστήματος σε περίπτωση αποτυχίας πολλαπλών κόμβων. Χρησιμοποιεί μια μέθοδο συστήματος εναλλαγής αποτυχίας για την αυτόματη ανακατεύθυνση του φόρτου εργασίας μακριά από τυχόν αποτυχημένους κόμβους, ενώ παρακολουθεί τις καταστάσεις αποτυχίας.

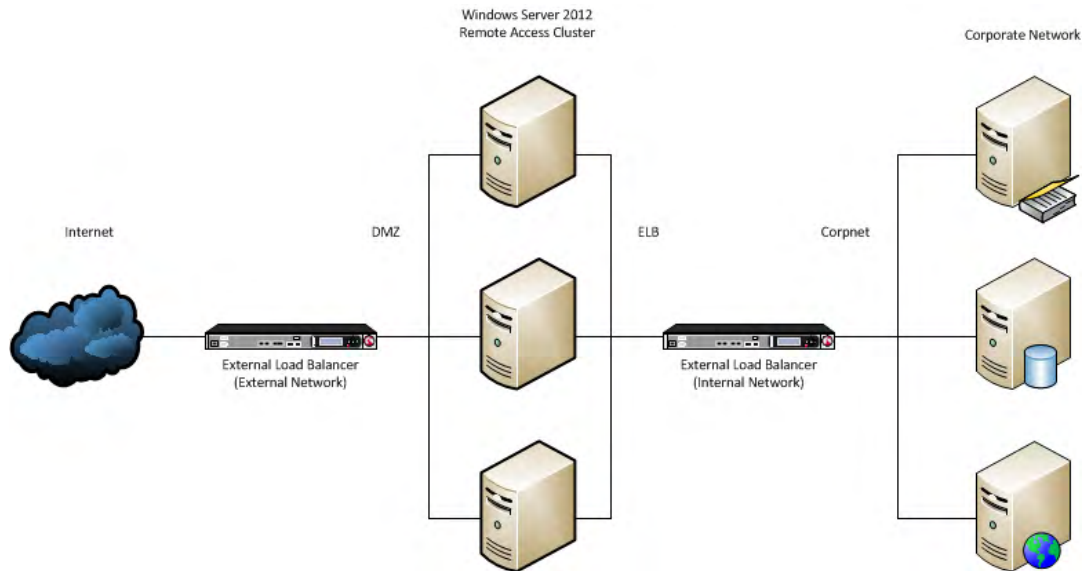
## **5. Συστάδα μεγάλων συνόλων δεδομένων**

Η υλοποίηση του διαχωρισμού και της διανομής δεδομένων επιτρέπει την αποτελεσματική κατάτμηση των συνόλων δεδομένων στόχου χωρίς να διακυβεύεται η ακεραιότητα των δεδομένων ή η υπολογιστική ακρίβεια. Κάθε κόμβος σε μια συστάδα διαχειρίζεται τα φορτία εργασίας χωρίς να αλληλεπιδρά με άλλους κόμβους τόσο συχνά όσο σε άλλους τύπους συστάδων. Για συνέπεια και ευκολία σχεδιασμού αρχιτεκτονικής συμπλέγματος πόρων, πολλές συστάδες απαιτούν οι κόμβοι τους να έχουν σχεδόν παρόμοιες δυνατότητες και χαρακτηριστικά επεξεργασίας. Σε τοπολογίες συστάδων υψηλής διαθεσιμότητας, οι κόμβοι της συστάδας πρέπει να έχουν πρόσβαση και να μοιράζονται τους ίδιους πόρους πληροφορικής για κοινή αποθήκευση [2].

Σε αυτήν την περίπτωση, ενδέχεται να απαιτούνται δύο επίπεδα επικοινωνίας μεταξύ κόμβων, ένα για την πρόσβαση σε συσκευές αποθήκευσης και ένα για την ενορχήστρωση πόρων [2]. Στην Εικόνα 2.20 παρατηρούμε την εξισορρόπηση φορτίου και την αναπαραγωγή πόρων που υλοποιούνται μέσω ενός υπερεπόπτη με δυνατότητα συμπλέγματος. Χρησιμοποιείται ένα δίκτυο αποκλειστικής περιοχής αποθήκευσης για να συνδεθούν εξυπηρετητές αποθήκευσης συμπλέγματος και εξυπηρετητές συμπλέγματος οι οποίοι μπορούν να διαμοιράζονται κοινές συσκευές αποθήκευσης νέφους. Αυτό

απλοποιεί τη διαδικασία αναπαραγωγής αποθήκευσης, η οποία γίνεται ανεξάρτητα στο σύμπλεγμα αποθήκευσης.

Επίσης υπάρχουν ορισμένες συστάδες πόρων που απαιτείται μόνο το επίπεδο δικτύου και έχουν πιο χαλαρά συνδεδεμένους πόρους πληροφορικής [2].



Εικόνα 20: Παράδειγμα επιπέδου επικοινωνίας μεταξύ κόμβων<sup>14</sup>

Ένας διαχειριστής συμπλέγματος χρησιμοποιείται για την υλοποίηση της εξισορρόπησης φορτίου και της αναπαραγωγής πόρων. Ο ομαδοποιημένος χώρος αποθήκευσης και οι ομαδοποιημένοι εξυπηρετητές μπορούν να μοιράζονται κοινές συσκευές αποθήκευσης νέφους και να συνδέονται σε αποκλειστικά δίκτυα αποθήκευσης. Επομένως, η διαδικασία αναπαραγωγής αποθήκευσης ανεξάρτητα από το σύμπλεγμα αποθήκευσης γίνεται πιο απλή.

Ένα πρόγραμμα εξισορρόπησης φορτίου είναι μέρος ενός συμπλέγματος εξυπηρετητών που συνδέονται χαλαρά. Δεν υπάρχει κοινόχρηστος χώρος αποθήκευσης. Το λογισμικό συμπλέγματος χρησιμοποιεί αναπαραγωγή πόρων για την αναπαραγωγή συσκευών αποθήκευσης νέφους σε όλο το δίκτυο. Για να απλοποιηθεί ο σχεδιασμός και να διασφαλιστεί η συνέπεια στην αρχιτεκτονική του συμπλέγματος πόρων, πολλά συμπλέγματα πόρων απαιτούν οι κόμβοι συστάδας να έχουν σχεδόν παρόμοιες υπολογιστικές δυνατότητες και χαρακτηριστικά. Σε τοπολογίες συστάδων υψηλής διαθεσιμότητας, οι κόμβοι της συστάδας πρέπει να έχουν πρόσβαση σε κοινόχρηστους πόρους πληροφορικής αποθήκευσης και να μοιράζονται αυτούς.

<sup>14</sup> <https://learn.microsoft.com/en-us/windows-server/remote/remote-access/ras/cluster/plan/step-3-plan-a-load-balanced-cluster-deployment>

## Κεφάλαιο 3. Πειραματικό Μέρος

### 3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα εξεταστούν και θα αναλυθούν τα διάφορα συστήματα υποδομής ως υπηρεσία και τα διάφορα συστήματα υπερεποπτών, αναφέροντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα καθενός από αυτά. Έπειτα, θα γίνει σύγκριση αυτών των συστημάτων με σκοπό την επιλογή του καταλληλότερου συστήματος για την υλοποίηση της υποδομής. Τέλος, γίνεται εμβάθυνση στο επιλεγμένο σύστημα καθώς και στον τρόπο με τον οποίο υλοποιείται η κύρια εγκατάσταση αυτών των συστημάτων.

### 3.2 Σύγκριση των διαφόρων συστημάτων IaaS

Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας και η αυξανόμενη ανάγκη για ευέλικτες, αποδοτικές και ασφαλείς λύσεις υποδομής έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη διαφόρων συστημάτων υποδομής ως υπηρεσία. Σε αυτήν την ενότητα επιδιώκετε η εξερεύνηση και η ανάλυση αρκετών από αυτών των συστημάτων IaaS, προσφέροντας μια συστηματική σύγκριση μεταξύ τους. Τα συστήματα τα οποία θα αναλυθούν είναι: το OpenStack, το Eucalyptus, το CloudStack, το OpenNebula, το VMware vCloud, το oVirt και το Nimbus. Αναλυτικά, η συγκριτική μελέτη και αποτίμηση των ανωτέρω συστημάτων παρουσιάζεται στον πίνακα Παρ.Ι.4 που βρίσκεται στο Παράρτημα Ι.

#### 3.2.1 OpenStack

Το OpenStack είναι μια πλατφόρμα διαχείρισης νέφους ανοικτού κώδικα. Επιτρέπει στους χρήστες να παρέχουν εικονικούς υπολογιστικούς, δικτυακούς και αποθηκευτικούς πόρους ανάλογα με τις ανάγκες τους. Διαχειρίζεται κατανεμημένους πόρους συγκεντρώνοντάς τους σε ομάδες πόρων για αποτελεσματική διαχείριση. Είναι ελεύθερο λογισμικό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό την άδεια Apache 2.0 είτε για ιδιωτικό είτε ως δημόσιο νέφος [11].

Το OpenStack συνεργάζεται με μια σειρά από υπερεπόπτες και τεχνολογίες που μοιάζουν με υπερεπόπτες. Για την τρέχουσα έκδοση 2023.1 του OpenStack αναφέρονται στον πίνακα 1 τα χαρακτηριστικά του, όπως είναι οι υπερεπόπτες, τα υποστηριζόμενα λειτουργικά συστήματα και οι ελάχιστες απαιτήσεις καθενός εξυπηρετητή.

**Πίνακας 1:** Χαρακτηριστικά OpenStack [12], [13]

Υπερεπόπτες	Υποστηριζόμενα Λειτουργικά Συστήματα	Ελάχιστες Απαιτήσεις Συστήματος
KVM	CentOS 7.9	64-bit αρχιτεκτονική
QEMU	RHEL 7.9	Επεξεργαστές: 4 με 2.4 GHz

Xen		RAM: 8 GB
XenServer		Δίσκος: 40 GB
VMware vSphere		NIC: 2
VMware Esxi		
LXC		
Hyper-V		

Μερικά από τα κύρια πλεονεκτήματα του OpenStack αποτελούν τα παρακάτω:

- Οικονομική αποδοτικότητα: Είναι μια δωρεάν πλατφόρμα ανοικτού κώδικα, όπου μπορεί να μειώσει το κόστος δημιουργίας και διαχείρισης υποδομών νέφους.
- Παραμετροποίηση: Ένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά του OpenStack είναι η δυνατότητα της παραμετροποίησης του νέφους βάση των αναγκών του πελάτη. Πέρα από τα εργαλεία που είναι διαθέσιμα, ο πελάτης διαθέτοντας τις απαραίτητες γνώσεις προγραμματισμού είναι σε θέση να τροποποιήσει ή και να προσθέσει λειτουργίες σε κάθε στοιχείο που αποτελεί το OpenStack, όπως τη διεπαφή χρήστη και τα δικαιώματά τους.
- API: Αυτή η λύση διαχείρισης νέφους παρέχει μια πληθώρα API διαφόρων στοιχείων που αποτελούν το OpenStack, όπως το Neutron και το Nova. Επιπλέον, αυτό το χαρακτηριστικό επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν και να χρησιμοποιούν τις λειτουργίες του νέφους.
- Ασφάλεια και αυθεντικοποίηση χρηστών: Το κύριο εργαλείο που χρησιμοποιείται για την πιστοποίηση ταυτότητας και την εκχώρηση δικαιωμάτων σε χρήστες είναι το Keystone. Χρησιμοποιεί διάφορες μεθόδους για την ασφάλεια των χρηστών, όπως κουπόνια κωδικού πρόσβασης μιας χρήσης και το πιστοποιητικό X.509. Επίσης, υποστηρίζει την ενσωμάτωση με υπάρχοντες καταλόγους LDAP για υπηρεσίες ελέγχου ταυτότητας και εξουσιοδότησης.
- Βάση δεδομένων: Το OpenStack παρέχει τη PostgreSQL, τη MySQL και τη MongoDB ως λύσεις βάσεων δεδομένων για την εγκατάσταση του νέφους.
- Ζωντανή μετανάστευση (Live migration): Υποστηρίζει την ζωντανή μετανάστευση εικονικών μηχανών και μέσω αποθήκευσης μέσα στο νέφος.
- Πρότυπα, στιγμιότυπα και ISOs: Παρέχονται μέσω του εργαλείου Glance όπως είναι γνωστό στο OpenStack.
- Υπερπροσφορά πόρων (Resource Over Provisioning): Αξιοποιώντας τις υπάρχουσες τεχνολογίες υπερεπόπτη, αποθήκευσης και δικτύου, το νέφος μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να επιτρέπει την υπερπροσφορά φυσικών πόρων για τη βελτιστοποίηση της κατανομής των εικονικών μηχανών του χρήστη.
- Αυτοματοποίηση: Παρέχονται αρκετά εργαλεία για την αυτοματοποίηση του OpenStack, όπου διευκολύνουν την εγκατάσταση του νέφους αλλά και τη μετέπειτα διαχείριση του. Ένα από τα

εργαλεία αυτοματοποίησης παρέχετε από το Ansible και τη βοήθεια διαφόρων εγχειριδίων αναπαραγωγής (Playbooks).

- **Υποστήριξη περιέκτη:** Προσφέρει αρκετές μεθόδους για την αξιοποίηση των περιεκτών και αυτό μπορεί να διαπιστωθεί από την δομοστοιχεία του. Ένα από τα εργαλεία είναι το Magnum όπου παρέχει παράδοση περιέκτη Frameworks σαν το Kubernetes. Επίσης το Zun, προσφέρει υπηρεσία περιέκτη ελαφρύτερου βάρους για τη διαχείρισή τους.

Όμως το OpenStack διαθέτει ορισμένα μειονεκτήματα και περιορισμούς, όπως:

- Τα πολλά στοιχεία του OpenStack μπορεί να καταστήσουν δύσκολη τη δημιουργία και τη διαχείριση για ορισμένους οργανισμούς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την επένδυση σε εκπαίδευση του προσωπικού και της υποστήριξης.
- Η εγκατάσταση μπορεί να είναι δύσκολη και απαιτητική ανάλογα με τον τρόπο που θα επιλέξει ο πελάτης να εγκαταστήσει την πλατφόρμα
- Οι αναβαθμίσεις είναι περίπλοκες καθώς απαιτείται καλή προετοιμασία και προσεκτική διαχείριση.
- Δεν παρέχεται η δυνατότητα δεξαμενοποίησης πόρων για την δημιουργία εικονικών μηχανών και περιεκτών.

### 3.2.2 Eucalyptus

Το Eucalyptus είναι μια αρχιτεκτονική λογισμικού ανοικτού κώδικα με βάση το Linux για τη δημιουργία ιδιωτικών και υβριδικών νεφών συμβατών με το AWS. Παρέχει γρήγορες και αποτελεσματικές υπηρεσίες υπολογισμού. Σχεδιάστηκε για να παρέχει υπηρεσίες συμβατές με το νέφος EC2 της Amazon και το Simple Storage Service (S3). Είναι ελεύθερο λογισμικό και χρησιμοποιείται υπό τη άδεια γενικής δημόσιας χρήσης εκδοχής 3 (GNU).

Το Eucalyptus συνεργάζεται με μια σειρά από υπερεπόπτες. Για την τρέχουσα έκδοση 5.1 του Eucalyptus αναφέρονται στον πίνακα 2 τα χαρακτηριστικά του, όπως είναι οι υπερεπόπτες, τα υποστηριζόμενα λειτουργικά συστήματα και οι ελάχιστες απαιτήσεις καθενός εξυπηρετητή.

**Πίνακας 2:** Χαρακτηριστικά Eucalyptus [14], [15]

Υπερεπόπτες	Υποστηριζόμενα Λειτουργικά Συστήματα	Ελάχιστες Απαιτήσεις Συστήματος
KVM	CentOS 7.9	64-bit αρχιτεκτονική
Xen	RHEL 7.9	Επεξεργαστές: 4 με 2 GHz
VMware vSphere		RAM: 16 GB
		Δίσκος: 160 GB
		NIC: 1

Μερικά από τα κύρια πλεονεκτήματα του Eucalyptus αποτελούν τα παρακάτω:

- Οικονομική αποδοτικότητα: Είναι μια δωρεάν πλατφόρμα ανοικτού κώδικα, όπου μπορεί να μειώσει το κόστος δημιουργίας και διαχείρισης υποδομών νέφους.
- API: Το API είναι εφικτό με την πλατφόρμα Amazon EC2.
- Ασφάλεια και αυθεντικοποίηση χρηστών: Χρησιμοποιεί διάφορες μεθόδους για την ασφάλεια των χρηστών, όπως κωδικούς μιας χρήσης, πιστοποιητικό X.509, κλειδιά πρόσβασης και ζεύγη κλειδιών. Επίσης, διαχειρίζεται τον έλεγχο πρόσβασης μέσω ενός συστήματος ελέγχου ταυτότητας, εξουσιοδότησης και λογιστικής.
- Βάση δεδομένων: Το Eucalyptus παρέχει μόνο την PostgreSQL ως λύση για την εγκατάσταση του νέφους.
- Ζωντανή μετανάστευση (Live migration): Υποστηρίζει την ζωντανή μετανάστευση εικονικών μηχανών μέσα στο νέφος.
- Πρότυπα, στιγμιότυπα: Το εργαλείο του CloudFormation χρησιμοποιείται για τη δημιουργία και την επεξεργασία προτύπων στο νέφος. Επίσης, με τη χρήση του Eucalyptus Elastic Block Storage (EBS) παρέχει τόμους αποθήκευσης σε επίπεδο μπλοκ. Μέσα από το εργαλείο μπορούν να δημιουργηθούν στιγμιότυπα σε οποιοδήποτε τόμο του Eucalyptus EBS.
- Υπερπροσφορά πόρων (Resource Over Provisioning): Αξιοποιώντας τις υπάρχουσες τεχνολογίες υπερεπόπτη, αποθήκευσης και δικτύου, το νέφος μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να επιτρέπει την υπερπροσφορά φυσικών πόρων για τη βελτιστοποίηση της κατανομής των εικονικών μηχανών του χρήστη.
- Αυτοματοποίηση: Το Eucalyptus μπορεί να χρησιμοποιηθεί με λογισμικά αυτοματοποίησης όπως το Chef και το Puppet.

Όμως το Eucalyptus διαθέτει ορισμένα μειονεκτήματα και περιορισμούς, όπως:

- Η τεκμηρίωση του νέφους δεν προσφέρει βάθος των επιλογών του εργαλείου.
- Η εγκατάσταση μπορεί να είναι δύσκολη και απαιτητική ανάλογα με τον τρόπο που θα επιλέξει ο πελάτης να εγκαταστήσει την πλατφόρμα.
- Δεν παρέχεται η δυνατότητα για δημιουργία περιέκτη στο νέφος.
- Δεν παρέχεται η δυνατότητα δεξαμενοποίησης πόρων για τη δημιουργία εικονικών μηχανών.

### 3.2.3 CloudStack

Το CloudStack είναι ένα λογισμικό υπολογιστικού νέφους ανοικτού κώδικα που αναπτύχθηκε για τη δημιουργία, τη διαχείριση και την ανάπτυξη υποδομών νέφους. Ξεκίνησε από την Cloud.com και διατέθηκε τον Μάιο του 2010 ως ελεύθερο λογισμικό υπό τη άδεια γενικής δημόσιας χρήσης (GNU). Τον Απρίλιο του 2012, η Citrix χορήγησε εκ νέου άδεια χρήσης του CloudStack υπό την άδεια χρήσης λογισμικού Apache 2.0 (ASLv2) και υπέβαλε το CloudStack στο πρόγραμμα Apache [16], [17].

Το CloudStack συνεργάζεται με μια σειρά από υπερεπόπτες και τεχνολογίες που μοιάζουν με υπερεπόπτες. Για την τρέχουσα έκδοση 4.18.0.0 του CloudStack αναφέρονται στον πίνακα 3 τα χαρακτηριστικά του, όπως είναι οι υπερεπόπτες, τα υποστηριζόμενα λειτουργικά συστήματα και οι ελάχιστες απαιτήσεις καθενός εξυπηρετητή.

**Πίνακας 3:** Χαρακτηριστικά CloudStack [18], [19]

Υπερεπόπτες	Υποστηριζόμενα Λειτουργικά Συστήματα	Ελάχιστες Απαιτήσεις Συστήματος
Γυμνού μετάλλου (μέσω IPMI)	Ubuntu Server 18.04 (LTS), 20.04 (LTS), 22.04 (LTS).	64-bit αρχιτεκτονική
KVM	CentOS 7	Επεξεργαστές: 1
Xen Cloud Platform (XCP)	Rocky Linux 8 και 9	RAM: 4 GB
Citrix XenServer	Alma Linux 8 και 9	Δίσκος: 250 GB
VMware vSphere (μέσω vCenter)		NIC: 1
LXC		
Hyper-v		

Μερικά από τα κύρια πλεονεκτήματα του CloudStack αποτελούν τα παρακάτω:

- **Οικονομική αποδοτικότητα:** Το CloudStack είναι μια λύση που επιτρέπει στις επιχειρήσεις να έχουν δωρεάν πρόσβαση σε ισχυρά εργαλεία για την εκτέλεση σχετικών εργασιών.
- **Ποιοτικές υπηρεσίες:** Το CloudStack διαθέτει εργαλεία που επιτρέπουν στους χρήστες να παρέχουν υπηρεσίες νέφους, να διανέμουν εσωτερικά φορτία εργασίας ή να παρέχουν ταυτόχρονα δημόσια φορτία εργασίας σε πελάτες.
- **API:** Αυτή η λύση διαχείρισης νέφους διαθέτει ένα RESTful API που επιτρέπει στους χρήστες να συνδέονται με μια σειρά υπηρεσιών τρίτων. Επιπλέον, αυτό το χαρακτηριστικό επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν και να χρησιμοποιούν τις δικές τους εφαρμογές.
- **Μια συστοιχία διοικητικών δυνατοτήτων:** Με το Apache CloudStack, οι επιχειρήσεις μπορούν να διαχειρίζονται τους χρήστες τους, να αναθέτουν καθήκοντα διαχείρισης και να διαχωρίζουν τους πόρους του νέφους. Ως εκ τούτου, τους παρέχει πλήρη έλεγχο της λειτουργίας. Η πλατφόρμα επιτρέπει στους χρήστες να επιβλέπουν συνολικά και απρόσκοπτα τις δραστηριότητες στο δίκτυό τους, ιδίως εκείνες που σχετίζονται με το σύστημα και το νέφος.
- **Ασφάλεια:** Ενσωματώνει τα πρωτόκολλα: SAML και LDAP για την αυθεντικοποίηση και την ασφάλεια των χρηστών.
- **Βάση δεδομένων:** Το CloudStack παρέχει μόνο την MySQL ως λύση για την εγκατάσταση του νέφους.



- Ζωντανή μετανάστευση (Live migration): Υποστηρίζει την ζωντανή μετανάστευση εικονικών μηχανών και μέσων αποθήκευσης μέσα στο νέφος.
- Πρότυπα, στιγμιότυπα και ISOs: Παρέχονται μέσω της δευτερεύων αποθήκευσης όπως είναι γνωστό στο CloudStack και παρέχει μία γέφυρα μεταξύ των τελικών χρηστών και της περιοχής αποθήκευσης.
- Υπερπροσφορά πόρων (Resource Over Provisioning): Αξιοποιώντας τις υπάρχουσες τεχνολογίες υπερεπόπτη, αποθήκευσης και δικτύου, το νέφος μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να επιτρέπει την υπερπροσφορά φυσικών πόρων για τη βελτιστοποίηση της κατανομής των εικονικών μηχανών του χρήστη.
- Αυτοματοποίηση: Παρέχονται αρκετά εργαλεία μέσα από το ίδιο το νέφος αλλά και μέσω τρίτων παρόχων για την αυτοματοποίηση της διαχείρισης του CloudStack.
- Υποστήριξη περιέκτη: Το CloudStack προσφέρει τη δυνατότητα ενεργοποίησης της υπηρεσίας “CloudStack Kubernetes”. Είναι ενσωματωμένη ήδη στο πακέτο του CloudStack και δίνει στους τελικούς χρήστες τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν πολλαπλές μηχανές περιέκτη, όπως το Docker με CoreOS.

Όμως το CloudStack διαθέτει ορισμένα μειονεκτήματα και περιορισμούς, όπως:

- Τα αρχεία καταγραφής των εξυπηρετητών δεν είναι φιλικά προς τον χρήστη.
- Οι αναβαθμίσεις είναι περίπλοκες καθώς απαιτείται καλή προετοιμασία και προσεκτική διαχείριση.
- Δεν παρέχεται η δυνατότητα δεξαμενοποίησης πόρων για τη δημιουργία εικονικών μηχανών και περιεκτών.

### 3.2.4 OpenNebula

Το OpenNebula είναι μια λύση νέφους ανοικτού κώδικα που διαχειρίζεται ετερογενείς καταναεμημένες υποδομές κέντρων δεδομένων. Ξεκίνησε ως ερευνητικό έργο το 2005 από τους Ignacio M. Llorente και Ruben S. Montero. Η πρώτη δημόσια έκδοση του λογισμικού έγινε το 2008. Έχει σχεδιαστεί για να είναι μια απλή αλλά πλούσια σε χαρακτηριστικά, έτοιμη για παραγωγή, παραμετροποιήσιμη λύση για τη δημιουργία και τη διαχείριση επιχειρηματικών νεφών. Είναι ελεύθερο λογισμικό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό την άδεια Apache 2.0 είτε για ιδιωτικό είτε για δημόσιο νέφος [20].

Το OpenNebula συνεργάζεται με μια σειρά από υπερεπόπτες και τεχνολογίες που μοιάζουν με υπερεπόπτες. Για την τρέχουσα έκδοση 6.6 του OpenNebula αναφέρονται στον πίνακα 4 τα χαρακτηριστικά του, όπως είναι οι υπερεπόπτες, τα υποστηριζόμενα λειτουργικά συστήματα και οι ελάχιστες απαιτήσεις καθενός εξυπηρετητή.

Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά OpenNebula [21]

Υπερεπόπτες	Υποστηριζόμενα Λειτουργικά Συστήματα	Ελάχιστες Απαιτήσεις Συστήματος
KVM	CentOS 7	64-bit αρχιτεκτονική
VMware vSphere	Red Hat Enterprise Linux 7, 8 και 9.	Επεξεργαστές: 2
LXD/LXC	AlmaLinux 8 και 9	RAM: 4 GB
AWS Firecracker	Ubuntu Server 18.04 (LTS), 20.04 (LTS), 22.04 (LTS).	Δίσκος: 20 GB
	Debian 10,11	NIC: 2

Μερικά από τα κύρια πλεονεκτήματα του OpenNebula αποτελούν τα παρακάτω:

- Οικονομική αποδοτικότητα: Το OpenNebula είναι μια λύση που επιτρέπει στις επιχειρήσεις να έχουν δωρεάν πρόσβαση σε ισχυρά εργαλεία για την εκτέλεση σχετικών εργασιών.
- Ασφάλεια: Χρησιμοποιεί διάφορες μεθόδους για την ασφάλεια των χρηστών, όπως κωδικούς μιας χρήσης, πιστοποιητικό X.509, κλειδιά πρόσβασης και ζεύγη κλειδιών. Επίσης, διαχειρίζεται τον έλεγχο πρόσβασης μέσω ενός συστήματος ελέγχου ταυτότητας, εξουσιοδότησης και λογιστικής. Επίσης, υποστηρίζει την ενσωμάτωση με υπάρχοντες καταλόγους LDAP για υπηρεσίες ελέγχου ταυτότητας και εξουσιοδότησης.
- Βάση δεδομένων: Το OpenNebula υποστηρίζει διάφορες βάσεις δεδομένων όπως: τη SQLite, τη MySQL, τη MariaDB και τη PostgreSQL.
- Ζωντανή μετανάστευση (Live migration): Υποστηρίζει τη ζωντανή μετανάστευση εικονικών μηχανών και μέσω αποθήκευσης μέσα στο νέφος.
- Πρότυπα, στιγμιότυπα: Η δημιουργία και η διαχείριση των στιγμιότυπων γίνεται μέσω του εργαλείου OneImage. Ενώ, η διαχείριση των προτύπων του νέφους πραγματοποιείται με το εργαλείο oneTemplate.
- Υπερπροσφορά πόρων (Resource Over Provisioning): Αξιοποιώντας τις υπάρχουσες τεχνολογίες υπερεπόπτη, αποθήκευσης και δικτύου, το νέφος μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να επιτρέπει την υπερπροσφορά φυσικών πόρων για τη βελτιστοποίηση της κατανομής των εικονικών μηχανών του χρήστη.
- Τεκμηρίωση λειτουργιών: Οι λειτουργίες, η αρχιτεκτονική και οι μέθοδοι εγκατάστασης του νέφους καλύπτονται επαρκώς.
- Αυτοματοποίηση: Παρέχονται επεκτάσεις που ενοποιούνται με το OpenNebula, όπως το Ansible, το Terraform, το Docker Machine και το Rancher.
- Υποστήριξη περιέκτη: Το OpenNebula δίνει τη δυνατότητα προσθήκης του Firecracker ως υπερεπόπτη. Το οποίο προσφέρει ελαφριές εικονικές μηχανές αλλά με την ταχύτητα των περιεκτών. Ακόμα, μέσω του εργαλείου Sunstone μπορεί να γίνει εγκατάσταση υπηρεσιών περιέκτη όπως, του

Docker Hub και του Kubernetes σμήνους οι οποίες είναι ενσωματωμένες στο πακέτο του OpenNebula.

Όμως το OpenNebula διαθέτει ορισμένα μειονεκτήματα και περιορισμούς, όπως:

- Ο συγχρονισμός της διαμόρφωσης εξυπηρετητή υψηλής διαθεσιμότητας με την εντολή OneZone ServerSync δε λειτουργεί για τις βάσεις δεδομένων PostgreSQL και SQLite.
- Δεν παρέχεται η δυνατότητα δεξαμενοποίησης πόρων για τη δημιουργία εικονικών μηχανών και περιεκτών.

### 3.2.5 VMware vCloud

Το VMware vCloud είναι μια πλατφόρμα με υποστήριξη πολλαπλών εννοικιαστών για τη διαχείριση κέντρων δεδομένων καθορισμένων από λογισμικό και την παροχή IaaS σε πελάτες. Η λύση αυτή είναι προσαρμοσμένη για παρόχους διαχειριζόμενων υπηρεσιών. Ο πάροχος IaaS μπορεί να δημιουργήσει ιδιωτικό ή δημόσιο νέφος και να χρησιμοποιήσει το vCloud για την ευέλικτη και αποτελεσματική διαχείριση του εικονικού κέντρου δεδομένων. Παρέχει μία εμπορική λύση λογισμικού και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέσω ιδιόκτητης άδειας.

Το vCloud συνεργάζεται μόνο με τον υπερεπόπτη του VMware ESXi. Για την τρέχουσα έκδοση 10.3 του VMware vCloud αναφέρονται στον πίνακα 5 τα χαρακτηριστικά του, όπως είναι οι υπερεπόπτες, τα υποστηριζόμενα λειτουργικά συστήματα και οι ελάχιστες απαιτήσεις καθενός εξυπηρετητή.

**Πίνακας 5:** Χαρακτηριστικά VMware Vcloud [22]

Υπερεπόπτες	Υποστηριζόμενα Λειτουργικά Συστήματα	Ελάχιστες Απαιτήσεις Συστήματος
ESXi	Επάνω από ESXi	64-bit αρχιτεκτονική
	vCenter Server	Επεξεργαστές: 4
		RAM: 4 GB
		Δίσκος: 10 GB
		NIC: 1 τουλάχιστον 1 Gbps

Μερικά από τα κύρια πλεονεκτήματα του VMware vCloud αποτελούν τα παρακάτω:

- API: Το VMware vCloud παρέχει API για τη δημιουργία προσαρμοσμένων εφαρμογών και την αυτοματοποίηση ροών εργασίας.
- Ασφάλεια: Χρησιμοποιεί διάφορες μεθόδους για την ασφάλεια των χρηστών, όπως κουπόνια κωδικού πρόσβασης μιας χρήσης και το πιστοποιητικό X.509. Επίσης, υποστηρίζει την

ενσωμάτωση με υπάρχοντες καταλόγους LDAP για υπηρεσίες ελέγχου ταυτότητας και εξουσιοδότησης.

- Βάση δεδομένων: Το VMware vCloud παρέχει ως λύσεις βάσεων δεδομένων τη PostgreSQL και τη MySQL.
- Ζωντανή μετανάστευση (Live migration): Υποστηρίζει τη ζωντανή μετανάστευση εικονικών μηχανών και μέσων αποθήκευσης μέσα στο νέφος.
- Πρότυπα, στιγμιότυπα: Μέσω του εργαλείου vCloud Director παρέχετε η δυνατότητα δημιουργίας και διαχείρισης προτύπων και στιγμιότυπων μέσα στο νέφος.
- Υπερπροσφορά πόρων (Resource Over Provisioning): Αξιοποιώντας τις υπάρχουσες τεχνολογίες υπερεπόπτη, αποθήκευσης και δικτύου, το νέφος μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να επιτρέπει την υπερπροσφορά φυσικών πόρων για τη βελτιστοποίηση της κατανομής των εικονικών μηχανών του χρήστη.
- Επεκτασιμότητα: Παρέχετε πληθώρα προϊόντων VMware για ενσωμάτωση στο νέφος.
- Αυτοματοποίηση: Με τη δημιουργία λογαριασμού στο νέφος του VMware Cloud Director στο vRealize Automation παρέχετε ανάπτυξη εικονικών μηχανών Cloud Director χρησιμοποιώντας αγνωστικά αντικείμενα νέφους.
- Τεκμηρίωση λειτουργιών: Οι λειτουργίες, η αρχιτεκτονική και οι μέθοδοι εγκατάστασης του νέφους καλύπτονται επαρκώς.
- Υποστήριξη περιέκτη: Το VMware παρέχει την επέκταση "VMware Tanzu Kubernetes Grid" όπου μπορεί να εγκατασταθεί στην υπηρεσία για την ενεργοποίηση σμήνους Kubernetes.

Όμως το VMware vCloud διαθέτει ορισμένα μειονεκτήματα και περιορισμούς, όπως:

- Είναι διαθέσιμο μόνο ως εμπορική λύση.
- Δε διατίθενται ποσότητα επιλογών υπερεπόπτη ώστε να είναι στην κρίση του πελάτη κατά τις προτιμήσεις του.
- Δεν υπάρχει ενοποίηση μεταξύ του εργαλείου vSphere υψηλής διαθεσιμότητας και του vCloud Director.
- Δεν παρέχεται η δυνατότητα δεξαμενοποίησης πόρων για τη δημιουργία εικονικών μηχανών και περιεκτών.

### 3.2.6 oVirt

Το oVirt είναι μια δωρεάν πλατφόρμα διαχείρισης εικονικοποίησης ανοικτού κώδικα. Ιδρύθηκε από τη Red Hat ως κοινοτικό έργο στο οποίο βασίζεται το Red Hat Virtualization. Επιτρέπει την κεντρική διαχείριση των εικονικών μηχανών, των υπολογιστικών, αποθηκευτικών και δικτυακών πόρων, από ένα εύχρηστο διαδικτυακό front end με πρόσβαση ανεξάρτητης πλατφόρμας. Βασίζεται σε διάφορα άλλα έργα της κοινότητας, συμπεριλαμβανομένων των libvirt, Gluster, PatternFly και Ansible. Είναι

ελεύθερο λογισμικό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό την άδεια Apache 2.0 είτε για ιδιωτικό είτε για δημόσιο νέφος [23].

Το oVirt συνεργάζεται μόνο με τον υπερεπόπτη του KVM. Για την τρέχουσα έκδοση 4.5.4 του oVirt αναφέρονται στον πίνακα 6 τα χαρακτηριστικά του, όπως είναι οι υπερεπόπτες, τα υποστηριζόμενα λειτουργικά συστήματα και οι ελάχιστες απαιτήσεις καθενός εξυπηρετητή.

**Πίνακας 6:** Χαρακτηριστικά Ovirt [24]

Υπερεπόπτες	Υποστηριζόμενα Λειτουργικά Συστήματα	Ελάχιστες Απαιτήσεις Συστήματος
KVM	Enterprise Linux 8.7+	64-bit αρχιτεκτονική
	CentOS Stream 8	Επεξεργαστές: 2
		RAM: 4 GB
		Δίσκος: 25 GB
		NIC: 1 με τουλάχιστον 1 Gbps.

Μερικά από τα κύρια πλεονεκτήματα του oVirt αποτελούν τα παρακάτω:

- Οικονομική αποδοτικότητα: Είναι μια δωρεάν πλατφόρμα ανοικτού κώδικα, όπου μπορεί να μειώσει το κόστος δημιουργίας και διαχείρισης υποδομών νέφους.
- API: Το πακέτο oVirt API παρέχει διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών για τη μηχανή oVirt.
- Ασφάλεια και αυθεντικοποίηση χρηστών: Το κύριο εργαλείο που χρησιμοποιείται για την πιστοποίηση ταυτότητας χρηστών είναι μέσα από το μηχανισμό OAuth. Χρησιμοποιεί διάφορες μεθόδους για την ασφάλεια των χρηστών, όπως κουπόνια κωδικού πρόσβασης μιας χρήσης και το πιστοποιητικό X.509. Επίσης, υποστηρίζει την ενσωμάτωση με υπάρχοντες καταλόγους LDAP για υπηρεσίες ελέγχου ταυτότητας και εξουσιοδότησης.
- Βάση δεδομένων: Το oVirt παρέχει ως λύση βάσης δεδομένων την PostgreSQL.
- Ζωντανή μετανάστευση (Live migration): Υποστηρίζει τη ζωντανή μετανάστευση εικονικών μηχανών και μέσων αποθήκευσης μέσα στο νέφος.
- Πρότυπα, στιγμιότυπα και ISOs: Παρέχονται μέσω του εργαλείου Glance.
- Υπερπροσφορά πόρων (Resource Over Provisioning): Αξιοποιώντας τις υπάρχουσες τεχνολογίες υπερεπόπτη, αποθήκευσης και δικτύου, το νέφος μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να επιτρέπει την υπερπροσφορά φυσικών πόρων για τη βελτιστοποίηση της κατανομής των εικονικών μηχανών του χρήστη.
- Αυτοματοποίηση: Το oVirt περιλαμβάνει μια περιορισμένη έκδοση του εργαλείου Ansible για την αυτοματοποίηση των εργασιών του oVirt μετά την εγκατάσταση, όπως η εγκατάσταση και διαμόρφωση του κέντρου δεδομένων, η διαχείριση χρηστών και οι λειτουργίες εικονικών μηχανών.

- Υποστήριξη περιέκτη: Το oVirt δίνει τη δυνατότητα της υποστήριξης περιέκτη μέσα από το νέφος του.

Όμως το oVirt διαθέτει ορισμένα μειονεκτήματα και περιορισμούς, όπως:

- Τα εγχειρίδια οδηγιών δεν παρέχουν βάθος των λειτουργιών του νέφους.
- Σε περίπτωση προβλημάτων ο εντοπισμός μπορεί να είναι περίπλοκος.
- Δεν παρέχεται η δυνατότητα δεξαμενοποίησης πόρων για τη δημιουργία εικονικών μηχανών και περιεκτών.

### 3.2.7 Nimbus

Η υποδομή του Nimbus ήταν μία από τις πρώτες υλοποιήσεις ανοικτού κώδικα IaaS με την έκδοση παραγωγής του πρώτου συστατικού, της υπηρεσίας Workspace Service, που κυκλοφόρησε στα μέσα του 2005. Με την πάροδο του χρόνου, το σύστημα αναπτύχθηκε για να προσθέσει μια υλοποίηση ενός κλιμακούμενου νέφους αποθήκευσης με βάση την ποσόστωση, που επέτρεπαν στους χρήστες να διαμορφώνουν με απλό τρόπο εικονικές συστάδες, καθώς και μια ποικιλία εργαλείων δημιουργίας και διαχείρισης διαμορφώσεων καταναμημένων σε πολλαπλά νέφη και προσαρμογής τους στις ανάγκες της επιστημονικής κοινότητας. Το λογισμικό Nimbus χρησιμοποιήθηκε για τη διαμόρφωση πολλαπλών ερευνητικών νεφών, καθώς και για την ενεργοποίηση ποικίλων επιστημονικών εφαρμογών. Είναι ελεύθερο λογισμικό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό την άδεια Apache 2.0 είτε για ιδιωτικό είτε για δημόσιο νέφος [25].

Το Nimbus συνεργάζεται μόνο με τους υπερεπόπτες του KVM και Xen. Για την τρέχουσα έκδοση 2.10.11 του Nimbus αναφέρονται στον πίνακα 7 τα χαρακτηριστικά του, όπως είναι οι υπερεπόπτες, τα υποστηριζόμενα λειτουργικά συστήματα και οι ελάχιστες απαιτήσεις καθενός εξυπηρετητή.

**Πίνακας 7:** Χαρακτηριστικά Nimbus [26]

Υπερεπόπτες	Υποστηριζόμενα Λειτουργικά Συστήματα	Ελάχιστες Απαιτήσεις Συστήματος
KVM	Linux 64-bit	64-bit αρχιτεκτονική
Xen		Επεξεργαστές: 2
		RAM: 4 GB
		Δίσκος: 200 GB
		NIC: 1 τουλάχιστον 1 Gbps.

Μερικά από τα κύρια πλεονεκτήματα του Nimbus αποτελούν τα παρακάτω:

- Οικονομική αποδοτικότητα: Είναι μια δωρεάν πλατφόρμα ανοικτού κώδικα, όπου μπορεί να μειώσει το κόστος δημιουργίας και διαχείρισης υποδομών νέφους.

- API: Το πακέτο oVirt API παρέχει διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών για τη μηχανή oVirt.
- Ασφάλεια και αυθεντικοποίηση χρηστών: Χρησιμοποιεί διάφορες μεθόδους για την ασφάλεια των χρηστών, όπως κουπόνια κωδικού πρόσβασης μιας χρήσης και το πιστοποιητικό X.509.
- Υπηρεσία αποθήκευσης: Η Cumulus είναι υπηρεσία αποθήκευσης νέφους που είναι συμβατή με το S3 REST API. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί έναντι πολλών υφιστάμενων πελατών για την παροχή υπηρεσιών αποθήκευσης και μεταφοράς δεδομένων.
- Συμβατότητα με πρωτόκολλα δικτύου Amazon: Οι πελάτες που βασίζονται στο EC2 της Amazon μπορούν να χρησιμοποιούν τις εγκαταστάσεις Nimbus και τις υπηρεσίες του.
- Υπερπροσφορά πόρων (Resource Over Provisioning): Αξιοποιώντας τις υπάρχουσες τεχνολογίες υπερεπόπτη, αποθήκευσης και δικτύου, το νέφος μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να επιτρέπει την υπερπροσφορά φυσικών πόρων για τη βελτιστοποίηση της κατανομής των εικονικών μηχανών του χρήστη.

Όμως το Nimbus διαθέτει ορισμένα μειονεκτήματα και περιορισμούς, όπως:

- Το εργαλείο δεν είναι πλέον σε ενεργό στάδιο ανάπτυξης.
- Τα εγχειρίδια οδηγιών δεν παρέχουν βάθος των λειτουργιών του νέφους και παρέχουν κακή οργάνωση.
- Δεν παρέχεται υποστήριξη πελατών.
- Σε περίπτωση προβλημάτων ο εντοπισμός μπορεί να είναι περίπλοκος.
- Δεν παρέχει υποστήριξη δημιουργίας περιέκτη.
- Δεν παρέχει υποστήριξη της δυνατότητας ζωντανής μετανάστευσης.
- Δεν παρέχεται η δυνατότητα δεξαμενοποίησης πόρων για τη δημιουργία εικονικών μηχανών και περιεκτών.

### 3.3 Σύγκριση των διαφόρων Υπερεποπτών

Στον συνεχώς εξελισσόμενο κόσμο της πληροφορικής και της τεχνολογίας, η εικονικοποίηση έχει αναδειχθεί ως ένας από τους κύριους πυλώνες για την αποτελεσματική διαχείριση και υπεροχή των υπολογιστικών υποδομών. Στο πλαίσιο αυτό, τα συστήματα υπερεποπτών αναδεικνύονται ως κρίσιμα εργαλεία για την επίτευξη εικονικοποίησης, επιτρέποντας την απομόνωση και τον αποτελεσματικό έλεγχο των εικονικών μηχανών. Σε αυτήν την ενότητα επιδιώκετε η εξερεύνηση και η ανάλυση αρκετών από αυτών των υπερεποπτών, προσφέροντας μια συστηματική σύγκριση μεταξύ τους. Οι υπερεπόπτες οι οποίοι θα αναλυθούν είναι: το KVM, το Xen cloud platform, το Citrix XenServer, το LXD/LXC, το AWS Firecracker, το VMware ESXi 7 και το Hyper-V. Αναλυτικά, η συγκριτική μελέτη και αποτίμηση των ανωτέρω υπερεποπτών παρουσιάζεται στον πίνακα Παρ.Ι.5 που βρίσκεται στο Παράρτημα Ι.

### 3.3.1 KVM

Το KVM είναι μια τεχνολογία εικονικοποίησης ανοιχτού κώδικα ενσωματωμένη στο Linux. Συγκεκριμένα, το KVM επιτρέπει τη μετατροπή του λειτουργικού Linux σε έναν υπερεπόπτη που επιτρέπει σε ένα μηχάνημα κεντρικού υπολογιστή να εκτελεί πολλαπλά, απομονωμένα εικονικά περιβάλλοντα. Το KVM ανακοινώθηκε για πρώτη φορά το 2006 και συγχωνεύτηκε στην κύρια έκδοση του πυρήνα του Linux ένα χρόνο αργότερα. Επειδή το KVM είναι μέρος του υπάρχοντος κώδικα του Linux, επωφελείται άμεσα από κάθε νέο χαρακτηριστικό, διόρθωση και εξέλιξη του Linux χωρίς πρόσθετη μηχανική υποστήριξη. Είναι ελεύθερο λογισμικό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό τη γενική δημόσια άδεια (GNU).

Παρακάτω στον πίνακα 8 μπορούν να παρατηρηθούν τα χαρακτηριστικά του KVM, όπου περιλαμβάνουν τα υποστηριζόμενα λειτουργικά συστήματα και τις ελάχιστες απαιτήσεις καθενός εξυπηρετητή.

**Πίνακας 8:** Χαρακτηριστικά υπερεπόπτη KVM [27]

Υποστηριζόμενα Λειτουργικά Συστήματα	Ελάχιστες Απαιτήσεις Συστήματος
Ubuntu 16.04, 18.04, 20.04, 22.04, 22.10 και 23.04.	64-bit αρχιτεκτονική
Debian 10, 11 και 12.	Επεξεργαστές: 2
CentOS 7, Stream 8 και Stream 9.	RAM: 2 GB
Rocky Linux 8 και 9.	Δίσκος: 6 GB
AlmaLinux 8 και 9.	NIC: 1
FreeBSD 12.4 και 13.2.	
Windows 2012 R2 Standard, 2016 Standard, 2019 Standard, 2022 Standard.	

Μερικά από τα κύρια πλεονεκτήματα του KVM αποτελούν τα παρακάτω:

- Άδεια: Παρέχει άδεια ανοιχτού κώδικα και άδεια δωρεάν χρήσης του υπερεπόπτη.
- Υποστηρίζει την ζωντανή μετανάστευση εικονικών μηχανών.
- Υποστηρίζει τη μετανάστευση μέσω αποθήκευσης εικονικών μηχανών.
- Ασφάλεια: Χρησιμοποιεί έναν συνδυασμό Linux με ενισχυμένη ασφάλεια (εργαλείο SELinux) και ασφαλούς εικονικοποίησης για την ενίσχυση της ασφάλειας και της απομόνωσης των εικονικών μηχανών. Τα όρια ασφαλείας δημιουργούνται γύρω από τις εικονικές μηχανές και επισημαίνουν τυχόν σφάλματα χειροκίνητης επισήμανσης.
- Διαχείριση ενέργειας: Είναι δυνατή η βίαιη ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση των ρυθμίσεων του BIOS στο λειτουργικό σύστημα της φιλοξενούμενης εικονικής μηχανής.



- Απόδοση και επεκτασιμότητα: Με τη δυνατότητα κληρονομικότητας από το Linux, το KVM κλιμακώνεται εύκολα για να ταιριάζει το φορτίο ζήτησης με τα αιτήματα για μηχανές επισκεπτών ή με την αύξηση των αιτημάτων.
- Χαμηλή καθυστέρηση και υψηλή προτεραιότητα: Η δυνατότητα επέκτασης σε πραγματικό χρόνο του Linux κάνει τις εφαρμογές που βασίζονται σε εικονικές μηχανές να εκτελούνται με χαμηλότερη καθυστέρηση και ως εκ τούτου να τηρούν βέλτιστη προτεραιότητα. Ακόμα, μια διαδικασία που απαιτεί μεγάλους χρόνους υπολογισμού χωρίζεται σε μικρά συστατικά και στη συνέχεια προγραμματίζεται, εκτελείται και επεξεργάζεται ανάλογα.
- Τύπος υπερεπόπτη: Το KVM αποτελεί 1<sup>ου</sup> τύπου υπερεπόπτη.
- Υπερδέσμευση επεξεργαστή: Παρέχει τη δυνατότητα για υπερδέσμευση επεξεργαστή.
- Διαχείριση μνήμης: Επιτρέπει δυνατότητες επέκτασης μνήμης όπως αυτή της υπερδέσμευσης σε εξυπηρετητές.
- Πλήρης εικονικοποίηση: Είναι διαθέσιμη με το KVM, επιτρέποντας στις εικονικές μηχανές να εκτελούν μη τροποποιημένα λειτουργικά συστήματα όπως Windows και Linux.
- Συνολικός μέγιστος αριθμός ενεργών εικονικών μηχανών: Έχει τη δυνατότητα εκκίνησης έως και 600 εικονικών μηχανών.
- Εικονικοποίηση: Παρέχει δυνατότητες εικονικοποίησης με υποστήριξη υλικού.

Όμως το KVM διαθέτει ορισμένα μειονεκτήματα και περιορισμούς, όπως:

- Δε διαθέτει δυνατότητα δυναμικής κατανομής πόρων.
- Δεν παρέχετε η λειτουργία της ανοχής σφαλμάτων.
- Η δυνατότητα της ζωντανής μετανάστευσης είναι εφικτή μόνο με επεξεργαστές ίδιου προμηθευτή (δηλαδή μόνο Intel σε Intel ή AMD σε AMD).
- Απαιτεί καλές τεχνικές γνώσεις δικτύωσης για την εγκατάσταση, καθώς και για τη διαχείριση.
- Υπάρχει περιορισμένη υποστήριξη επεξεργαστών.

### 3.3.2 Xen Cloud Platform

Το Xen Cloud Platform είναι μια πλατφόρμα εικονικοποίησης εξυπηρετητών ανοικτού κώδικα, έτοιμη για επιχειρήσεις. Βασίζεται στον υπερεπόπτη Xen και αποτελεί την κοινή βάση κώδικα για τη σειρά προϊόντων XenServer της Citrix. Είναι ελεύθερο λογισμικό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό τη γενική δημόσια άδεια (GNU).

Παρακάτω στον πίνακα 9 μπορούν να παρατηρηθούν τα χαρακτηριστικά του Xen Cloud Platform, όπου περιλαμβάνουν τα υποστηριζόμενα λειτουργικά συστήματα και τις ελάχιστες απαιτήσεις καθενός εξυπηρετητή.

Πίνακας 9: Χαρακτηριστικά υπερεπόπτη Xen Cloud Platform

Υποστηριζόμενα Λειτουργικά Συστήματα	Ελάχιστες Απαιτήσεις Συστήματος
Γυμνού μετάλλου.	64-bit αρχιτεκτονική
	Επεξεργαστές: 1 με 1.5 GHz
	RAM: 1 GB
	Δίσκος: 16 GB
	NIC: 1 τουλάχιστον 100 Mbit/s.

Μερικά από τα κύρια πλεονεκτήματα του Xen Cloud Platform αποτελούν τα παρακάτω:

- Άδεια: Παρέχει άδεια ανοιχτού κώδικα και άδεια δωρεάν χρήσης του υπερεπόπτη.
- Ασφάλεια: Η έκδοση XenServer Enterprise διαθέτει άμεση επιθεώρηση (APIs) για να παρέχει προστασία από κακόβουλο λογισμικό, ιούς και rootkits και επιτρέπει σε τρίτους προμηθευτές να ασφαλίσουν το λειτουργικό σύστημα. Η λειτουργία μετρημένης εκκίνησης διασφαλίζει τον υπερεπόπτη διασφαλίζοντας ότι οι εικονικές μηχανές εκτελούνται μόνο σε εξουσιοδοτημένο υλικό.
- Δυναμική εξισορρόπηση φόρτου εργασίας και υποβολή εκθέσεων ελέγχου: Παρέχει στους διαχειριστές συστημάτων βαθιά εικόνα της απόδοσης του συστήματος, επιτρέποντας τη βελτιστοποίηση της υποδομής, τη διαχείριση της ισχύος του κεντρικού υπολογιστή και την υποβολή εκθέσεων ελέγχου.
- Υποστηρίζει τη ζωντανή μετανάστευση εικονικών μηχανών.
- Υποστηρίζει τη μετανάστευση μέσω αποθήκευσης εικονικών μηχανών.
- Διαθέτει δυνατότητα δυναμικής κατανομής πόρων.
- Διαθέτει λειτουργία ανοχής σφαλμάτων.
- Τύπος υπερεπόπτη: Το Xen Cloud Platform αποτελεί 1<sup>ου</sup> τύπου υπερεπόπτη.
- Υποστηρίζει τη διαμόρφωση των τεχνολογιών της πλήρης εικονικοποίησης και της παρά εικονικοποίησης.
- Εικονικοποίηση: Παρέχει δυνατότητες εικονικοποίησης με υποστήριξη υλικού.

Όμως το Xen Cloud Platform διαθέτει ορισμένα μειονεκτήματα και περιορισμούς, όπως:

- Χρειάζεται ξεχωριστό λογισμικό για τη διαχείριση μέσω γραφικής διεπαφής.
- Ο εξυπηρετητής απαιτεί να υποστηρίζει τη λειτουργία εικονικοποίησης με υποστήριξη υλικού.

### 3.3.3 Citrix XenServer

Ο υπερεπόπτης Citrix XenServer είναι μια κορυφαία πλατφόρμα για οικονομικά αποδοτικές υποδομές εικονικοποίησης υπολογιστών, διακομιστών και νεφών. Δίνει τη δυνατότητα σε οργανισμούς οποιοδήποτε μεγέθους ή τύπου να ενοποιούν και να μετατρέπουν υπολογιστικούς πόρους σε εικονικά

φορτία εργασίας για τις σημερινές απαιτήσεις του κέντρου δεδομένων. Παράλληλα, εξασφαλίζει μια απρόσκοπτη πορεία για τη μετακίνηση των φόρτων εργασίας στο νέφος. Παρέχονται εκδόσεις ελεύθερου και εμπορικού λογισμικού και μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό ιδιόκτητη άδεια [28].

Παρακάτω στον πίνακα 10 μπορούν να παρατηρηθούν τα χαρακτηριστικά του Citrix XenServer, όπου περιλαμβάνουν τα υποστηριζόμενα λειτουργικά συστήματα και τις ελάχιστες απαιτήσεις καθενός εξυπηρετητή.

**Πίνακας 10:** Χαρακτηριστικά υπερεπόπτη Citrix XenServer [29]

Υποστηριζόμενα Λειτουργικά Συστήματα	Ελάχιστες Απαιτήσεις Συστήματος
Γυμνού μετάλλου	64-bit αρχιτεκτονική
	Επεξεργαστές: 1 με 1.5 GHz
	RAM: 2 GB
	Δίσκος: 46 GB
	NIC: 1 τουλάχιστον 100 Mbit/s.

Μερικά από τα κύρια πλεονεκτήματα του Citrix XenServer αποτελούν τα παρακάτω:

- Άδεια: Παρέχει άδεια εμπορικού και ανοιχτού κώδικα και άδεια δωρεάν χρήσης του υπερεπόπτη.
- Ασφάλεια: Η έκδοση XenServer Enterprise διαθέτει άμεση επιθεώρηση (APIs) για να παρέχει προστασία από κακόβουλο λογισμικό, ιούς και rootkits και επιτρέπει σε τρίτους προμηθευτές να ασφαλίσουν το λειτουργικό σύστημα. Η λειτουργία μετρημένης εκκίνησης διασφαλίζει τον υπερεπόπτη διασφαλίζοντας ότι οι εικονικές μηχανές εκτελούνται μόνο σε εξουσιοδοτημένο υλικό.
- Δυναμική εξισορρόπηση φόρτου εργασίας και υποβολή εκθέσεων ελέγχου: Παρέχει στους διαχειριστές συστημάτων βαθιά εικόνα της απόδοσης του συστήματος, επιτρέποντας τη βελτιστοποίηση της υποδομής, τη διαχείριση της ισχύος του κεντρικού υπολογιστή και την υποβολή εκθέσεων ελέγχου.
- Υπερδέσμευση επεξεργαστή: Υποστηρίζει τη λειτουργία με τον περιορισμό ότι ο παράγοντας θα πρέπει να μην είναι μεγαλύτερος του 4.
- Υποστηρίζει τη ζωντανή μετανάστευση εικονικών μηχανών.
- Υποστηρίζει τη μετανάστευση μέσω αποθήκευσης εικονικών μηχανών.
- Διαθέτει δυνατότητα δυναμικής κατανομής πόρων.
- Διαθέτει λειτουργία ανοχής σφαλμάτων.
- Τύπος υπερεπόπτη: Το Citrix XenServer αποτελεί 1<sup>ου</sup> τύπου υπερεπόπτη.
- Υποστηρίζει τη διαμόρφωση των τεχνολογιών της πλήρους εικονικοποίησης και της παρά εικονικοποίησης.

- Εικονικοποίηση: Παρέχει δυνατότητες εικονικοποίησης με υποστήριξη υλικού.

Όμως το Citrix XenServer διαθέτει ορισμένα μειονεκτήματα και περιορισμούς, όπως:

- Χρειάζεται ξεχωριστό λογισμικό για τη διαχείριση μέσω γραφικής διεπαφής.
- Στην δωρεάν έκδοση δεν υποστηρίζονται μερικές λειτουργίες που υπάρχουν στην commercial όπως δυναμική κατανομή πόρων, ζωντανή επιδιόρθωση και λεπτή παροχή για κοινόχρηστο μπλοκ συσκευές αποθηκευτικού χώρου.

### 3.3.4 LXD/LXC

Το LXD είναι μια επέκταση διαχείρισης εμπορευματοκιβωτίων ανοιχτού κώδικα για Linux περιεκτών (LXC). Το LXD βελτιώνει τα υπάρχοντα χαρακτηριστικά του LXC και παρέχει νέα χαρακτηριστικά και λειτουργίες για τη δημιουργία και τη διαχείριση Linux περιεκτών. Το LXD είναι REST API που επικοινωνεί με το LXC μέσω της βιβλιοθήκης liblxc. Το LXD παρέχει επίσης έναν δαίμονα συστήματος που οι εφαρμογές μπορούν να χρησιμοποιήσουν για να αποκτήσουν πρόσβαση στο LXC και διαθέτει ένα σύστημα διανομής προτύπων που επιτρέπει την ταχύτερη δημιουργία και λειτουργία περιέκτη. Το LXC είναι ελεύθερο λογισμικό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό τη μικρότερη γενική δημόσια άδεια εκδοχής 2.1 (GNU) [30]. Ενώ το LXD μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό την άδεια Apache 2.0 [31].

Παρακάτω στον πίνακα 11 μπορούν να παρατηρηθούν τα χαρακτηριστικά του LXD/LXC, όπου περιλαμβάνουν τα υποστηριζόμενα λειτουργικά συστήματα και τις ελάχιστες απαιτήσεις καθενός εξυπηρετητή.

**Πίνακας 11:** Χαρακτηριστικά υπερεπόπτη LXD/LXC [32], [33]

Υποστηριζόμενα Λειτουργικά Συστήματα	Ελάχιστες Απαιτήσεις Συστήματος
Linux 64-bit	64-bit αρχιτεκτονική
	Επεξεργαστές: 2
	RAM: 4 GB
	Δίσκος: -
	NIC: 1

Μερικά από τα κύρια πλεονεκτήματα του LXD/LXC αποτελούν τα παρακάτω:

- Άδεια: Παρέχει άδεια ανοιχτού κώδικα και άδεια δωρεάν χρήσης του υπερεπόπτη.
- Ασφάλεια: Τα κύρια χαρακτηριστικά ασφαλείας που χρησιμοποιεί το LXD μέσω της χρήσης της βιβλιοθήκης LXC είναι τα: Kernel namespaces, Seccomp, AppArmor, Capabilities, CGroups.
- Διαθέτει μια ισχυρή διεπαφή γραμμής εντολών με υψηλή επεκτασιμότητα.

- Υποστηρίζει ζωντανή μετανάστευση εκτελούμενων περιεκτών μεταξύ κεντρικών υπολογιστών.
- Υποστηρίζει τη μετανάστευση μέσω αποθήκευσης περιέκτη.
- Υπερδέσμευση επεξεργαστή: Παρέχει τη δυνατότητα για υπερδέσμευση επεξεργαστή.
- Υποστηρίζει προηγμένη υποστήριξη στιγμιότυπων, συμπεριλαμβανομένου του προγραμματισμού και της αυτόματης λήξης τους.
- Διαθέτει λειτουργία ανοχής σφαλμάτων.
- Τύπος υπερεπόπτη: Το LXD/LXC αποτελεί 2<sup>οο</sup> τύπο υπερεπόπτη.
- Εικονικοποίηση: Χρησιμοποιείται για εικονικοποίηση βασισμένη σε περιέκτες.

Όμως το LXD/LXC διαθέτει ορισμένα μειονεκτήματα και περιορισμούς, όπως:

- Οι περιέκτες μοιράζονται τον πυρήνα του λειτουργικού συστήματος, οπότε αν ο πυρήνας γίνει ευάλωτος, όλοι οι περιέκτες θα είναι επίσης ευάλωτοι.
- Η διαχείριση των υποδικτύων αποτελεί περίπλοκη διαδικασία.
- Το έργο της αντιγραφής των περιεκτών συστήματος από ένα μηχάνημα σε ένα άλλο είναι δύσκολη διαδικασία.
- Η τεκμηρίωση χρήζει βελτίωσης.

### 3.3.5 AWS Firecracker

Το AWS Firecracker είναι μια ελαφριά τεχνολογία εικονικοποίησης ανοιχτού κώδικα από την Amazon Web Services. Ένας προγραμματιστής μπορεί να χρησιμοποιήσει το Firecracker για να δημιουργήσει και να λειτουργήσει μικρο-εικονικές μηχανές (micro VMs) που φιλοξενούν περιέκτες πολλαπλών ενοικιαστών και εκτελούνται σε συνδυασμό με τεχνολογίες AWS που δεν απαιτούν διακομιστές. Επίσης, ενσωματώνει μια παρακολούθηση εικονικών μηχανών (VMM). Με το Firecracker, ένας χρήστης μπορεί να συνδυάσει την αποδοτικότητα και τις υψηλές επιδόσεις των περιεκτών με την ασφάλεια και την απομόνωση των παραδοσιακών εικονικών μηχανών και της εικονικοποίησης με βάση το υλικό. Είναι ελεύθερο λογισμικό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό την άδεια Apache 2.0 [34].

Παρακάτω στον πίνακα 12 μπορούν να παρατηρηθούν τα χαρακτηριστικά του AWS Firecracker, όπου περιλαμβάνουν τα υποστηριζόμενα λειτουργικά συστήματα και τις ελάχιστες απαιτήσεις καθενός εξυπηρετητή.

**Πίνακας 12:** Χαρακτηριστικά υπερεπόπτη AWS Firecracker [35]

Υποστηριζόμενα Λειτουργικά Συστήματα	Ελάχιστες Απαιτήσεις Συστήματος
Linux 64-bit	64-bit αρχιτεκτονική
	Επεξεργαστές: 1

	RAM: 128 Mib
	Δίσκος: -
	NIC: 1

Μερικά από τα κύρια πλεονεκτήματα του Firecracker αποτελούν τα παρακάτω:

- Άδεια: Παρέχει άδεια ανοιχτού κώδικα και άδεια δωρεάν χρήσης του υπερεπόπτη.
- Ασφάλεια: Οι μικρό-εικονικές μηχανές του Firecracker χρησιμοποιούν την εικονικοποίηση βασισμένες στο KVM και παρέχουν αυξημένη ασφάλεια σε σχέση με τις παραδοσιακές εικονικές μηχανές. Αυτό διασφαλίζει ότι τα φορτία εργασίας από διαφορετικούς τελικούς πελάτες μπορούν να εκτελούνται με ασφάλεια στο ίδιο μηχάνημα. Το Firecracker εφαρμόζει επίσης ένα μοντέλο ελάχιστης συσκευής που αποκλείει όλες τις μη απαραίτητες λειτουργίες και μειώνει την επιφάνεια επίθεσης των μικρό-εικονικών μηχανών.
- Κλίμακα και αποτελεσματικότητα: Κάθε μικρό-εικονική μηχανή του Firecracker λειτουργεί με μειωμένη επιβάρυνση μνήμης, επιτρέποντας την τοποθέτηση μεγάλης πυκνότητας μικρό-εικονικών μηχανών σε κάθε εξυπηρετητή. Ακόμα, παρέχει έναν περιοριστή ρυθμού ενσωματωμένο σε κάθε μικρό-εικονική μηχανή. Αυτό επιτρέπει τη βελτιστοποιημένη κοινή χρήση των πόρων δικτύου και αποθήκευσης, ακόμη και σε χιλιάδες μικρό-εικονικές μηχανές.
- Υπολογισμός υπερσυνδρομής: Όλοι οι υπολογιστικοί πόροι υλικού που εκτίθενται από το Firecracker στους επισκέπτες μπορούν να υπερκαλυφθούν με ασφάλεια.
- Υπερδέσμευση επεξεργαστή: Παρέχει δυνατότητα για υπερδέσμευση επεξεργαστή.
- Διαχείριση μνήμης: Επιτρέπει δυνατότητες επέκτασης μνήμης όπως αυτή της υπερδέσμευσης σε εξυπηρετητές.
- Διαθέτει λειτουργία ανοχής σφαλμάτων.
- Τύπος υπερεπόπτη: Το Firecracker αποτελεί 1<sup>ου</sup> τύπου υπερεπόπτη.
- Εικονικοποίηση: Χρησιμοποιείται για εικονικοποίηση βασισμένη σε περιέκτες.

Όμως το Firecracker διαθέτει ορισμένα μειονεκτήματα και περιορισμούς, όπως:

- Δεν υποστηρίζονται οι λειτουργίες της ζωντανής μετανάστευσης και της μετανάστευσης μέσω αποθήκευσης εκτελούμενων περιέκτη.
- Οι περιέκτες μοιράζονται τον πυρήνα του λειτουργικού συστήματος, οπότε αν ο πυρήνας γίνει ευάλωτος, όλοι οι περιέκτες θα είναι επίσης ευάλωτοι.
- Η διαμόρφωση προτύπων επεξεργαστών υποστηρίζεται μόνο για μικρό-εικονικές μηχανές με δυνατότητα Intel.
- Η διαχείριση των υποδικτύων αποτελεί περίπλοκη διαδικασία.

### 3.3.6 Vmware ESXI 7

Το VMware ESXi, ονομάζεται επίσης VMware ESXi Server και είναι ένας υπερεπόπτης γυμνού μετάλλου που αναπτύχθηκε από τη VMware για το vSphere. Είναι ένα από τα κύρια στοιχεία της σουίτας λογισμικού υποδομής της VMware. Αποτελεί ένα εμπορικό λογισμικό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό ιδιόκτητη άδεια.

Παρακάτω στον πίνακα 13 μπορούν να παρατηρηθούν τα χαρακτηριστικά του VMware ESXi, όπου περιλαμβάνουν τα υποστηριζόμενα λειτουργικά συστήματα και τις ελάχιστες απαιτήσεις καθενός εξυπηρετητή.

**Πίνακας 13:** Χαρακτηριστικά υπερεπόπτη VMware ESXi 7 [36]

Υποστηριζόμενα Λειτουργικά Συστήματα	Ελάχιστες Απαιτήσεις Συστήματος
Linux 64-bit	64-bit αρχιτεκτονική
	Επεξεργαστές: 2
	RAM: 8 GB
	Δίσκος: 32 GB
	NIC: 1 τουλάχιστον 1 Gbps.

Μερικά από τα κύρια πλεονεκτήματα του VMware ESXi 7 αποτελούν τα παρακάτω:

- Άδεια: Παρέχετε δωρεάν δοκιμαστική περίοδος χρήσης του εργαλείου. Απαιτείται ιδιόκτητη άδεια.
- Ασφάλεια: Διαθέτει ένα ισχυρό σύστημα κρυπτογράφησης για την προστασία ευαίσθητων δεδομένων με τις εικονικές μηχανές. Επίσης, περιορίζει την πρόσβαση για μια απλοποιημένη διαχείριση, επεκτείνει τις δυνατότητες ελέγχου και καταγραφής για τη δημιουργία πιο διαφανών αναφορών και απλοποιεί την αναδρομική ανάλυση.
- Αποτελεσματικότητα: Παρέχει υποστήριξη για τους κατασκευαστές OEM, για τους τεχνολογικούς συνεργάτες, για τις εφαρμογές και για τα φιλοξενούμενα λειτουργικά συστήματα.
- Υπερδέσμευση επεξεργαστή: Παρέχει δυνατότητα για υπερδέσμευση επεξεργαστή.
- Διαχείριση μνήμης: Επιτρέπει δυνατότητες επέκτασης μνήμης όπως αυτή της υπερδέσμευσης σε εξυπηρετητές.
- Διαθέτει λειτουργία ανοχής σφαλμάτων.
- Τύπος υπερεπόπτη: Το ESXi αποτελεί 1<sup>ου</sup> τύπου υπερεπόπτη.
- Πλήρης εικονικοποίηση: Είναι διαθέσιμη με το ESXi, επιτρέποντας στις εικονικές μηχανές να εκτελούν μη τροποποιημένα λειτουργικά συστήματα όπως Windows και Linux.
- Παρά εικονικοποίηση: Μπορεί να υποστηρίξει τη λειτουργία παρά εικονικοποίησης με την εγκατάσταση του εργαλείου οδηγού VMware PVSCSI.

- Μέγιστος αριθμός ενεργών εικονικών μηχανών: Έχει τη δυνατότητα εκκίνησης έως και 1024 εικονικών μηχανών.
- Εικονικοποίηση: Παρέχει δυνατότητες εικονικοποίησης με υποστήριξη υλικού.

Όμως το VMware ESXi 7 διαθέτει ορισμένα μειονεκτήματα και περιορισμούς, όπως:

- Άδεια: Παρέχετε μέσω άδειας εμπορικής χρήσης για τη λειτουργία του υπερεπόπτη.
- Απαιτεί αρκετό χρόνο εκμάθησης του λογισμικού.
- Η διαχείριση των υποδικτύων αποτελεί περίπλοκη διαδικασία.

### 3.3.7 Hyper-V

Το Hyper-V είναι το προϊόν εικονικοποίησης υλικού της Microsoft. Επιτρέπει τη δημιουργία και την εκτέλεση εικονικών μηχανών. Εκτελεί κάθε εικονική μηχανή στο δικό της απομονωμένο χώρο, πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί να γίνει εκτέλεση περισσότερων από μία εικονικών μηχανών στο ίδιο υλικό ταυτόχρονα. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να αποφευχθούν προβλήματα, όπως μια συντριβή που επηρεάζει τους άλλους φόρτους εργασίας, ή για να δοθούν σε διαφορετικά άτομα, ομάδες ή υπηρεσίες πρόσβαση σε διαφορετικά συστήματα. Αποτελεί ένα εμπορικό λογισμικό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό ιδιόκτητη άδεια.

Παρακάτω στον πίνακα 14 μπορούν να παρατηρηθούν τα χαρακτηριστικά του Hyper-V, όπου περιλαμβάνουν τα υποστηριζόμενα λειτουργικά συστήματα και τις ελάχιστες απαιτήσεις καθενός εξυπηρετητή.

**Πίνακας 14:** Χαρακτηριστικά υπερεπόπτη Hyper-V [37]

Υποστηριζόμενα Λειτουργικά Συστήματα	Ελάχιστες Απαιτήσεις Συστήματος
Windows 10 Enterprise, Pro, Education	64-bit αρχιτεκτονική με μετάφραση διευθύνσεων δευτέρου επιπέδου.
Windows Server	Επεξεργαστές: Να έχει υποστήριξη για την επέκταση VM Monitor Mode.
	RAM: 4 GB
	Δίσκος: -
	NIC: 1

Μερικά από τα κύρια πλεονεκτήματα του Hyper-V αποτελούν τα παρακάτω:

- Ασφάλεια: Για κάθε εικονική μηχανή που δημιουργείται σε ένα φυσικό υπολογιστή, τα προγράμματα οδήγησης συσκευών τους αποθηκεύονται σε ξεχωριστές κατατιμήσεις δίσκου. Η



ύπαρξη διαφορετικών διαμερισμάτων δίσκου παρέχει επιπλέον επίπεδο ασφάλειας. Προκειμένου να παραβιαστεί ένας υπολογιστής, κάθε μία από τις εικονικές μηχανές πρέπει να παραβιαστεί ξεχωριστά.

- Πλεονασμός: Το Hyper-V περιλαμβάνει το χαρακτηριστικό της ομαδοποίησης αποτυχίας (failover clustering), όπου σκοπεύει να προστατεύσει τις εικονικές μηχανές. Η ομαδοποίηση αποτυχίας εξασφαλίζουν υψηλή διαθεσιμότητα με ελάχιστο χρόνο διακοπής λειτουργίας.
- Υπερδέσμευση επεξεργαστή: Παρέχει δυνατότητα για υπερδέσμευση επεξεργαστή.
- Διαχείριση μνήμης: Επιτρέπει δυνατότητες επέκτασης μνήμης όπως αυτή της υπερδέσμευσης σε εξυπηρετητές.
- Διαθέτει λειτουργία ανοχής σφαλμάτων.
- Παρέχετε η λειτουργία λεπτής παροχής.
- Τύπος υπερεπόπτη: Το Firecracker αποτελεί 1<sup>ου</sup> τύπου υπερεπόπτη.
- Πλήρης εικονικοποίηση: Είναι διαθέσιμη με το Hyper-V, επιτρέποντας στις εικονικές μηχανές να εκτελούν μη τροποποιημένα λειτουργικά συστήματα όπως Windows και Linux.
- Μέγιστος αριθμός ενεργών εικονικών μηχανών: Έχει τη δυνατότητα εκκίνησης έως και 1024 εικονικών μηχανών.
- Εικονικοποίηση: Παρέχει δυνατότητες εικονικοποίησης με υποστήριξη υλικού.

Όμως το Hyper-V διαθέτει ορισμένα μειονεκτήματα και περιορισμούς, όπως:

- Άδεια: Παρέχετε μέσω άδειας εμπορικής χρήσης για τη λειτουργία του υπερεπόπτη.
- Χρειάζεται εις βάθος γνώσεις για τη διαχείριση των εικονικών μηχανών.
- Σε περίπτωση κατάρρευσης του κύριου λειτουργικού συστήματος, θα καταρρεύσουν και όλες οι εικονικές μηχανές.
- Κάθε εξυπηρετητής απαιτεί ξεχωριστή άδεια.
- Η διαχείριση των υποδικτύων αποτελεί περίπλοκη διαδικασία.

### 3.4 Κριτήρια επιλογής IaaS και υπερεπόπτη

Η επιλογή της κατάλληλης πλατφόρμας IaaS και του κατάλληλου συστήματος υπερεπόπτη αναδεικνύονται από τα πιο κρίσιμα βήματα για την ανάπτυξη ενός αποτελεσματικού νέφους. Η μετάβαση από τις παραδοσιακές, φυσικές υποδομές σε εικονικοποιημένες, ελαστικές υπηρεσίες προσφέρει ουσιαστικά πλεονεκτήματα σε αποδοτικότητα, κλιμάκωση, ασφάλεια και διαχειριστική ευελιξία. Κεντρική σε αυτήν τη μετάβαση είναι η επιλογή του κατάλληλου συστήματος IaaS, το οποίο θα καθορίσει τον τρόπο με τον οποίο οι πόροι και οι υπηρεσίες παρέχονται και διαχειρίζονται. Ταυτόχρονα, η επιλογή του κατάλληλου συστήματος υπερεπόπτη, που διαχειρίζεται τις εικονικές μηχανές, επηρεάζει την απόδοση, την ασφάλεια και τη διαθεσιμότητα των υπηρεσιών που παρέχονται.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναλύει αυτήν τη διαδικασία επιλογής IaaS και υπερεπόπτη με έμφαση στην υλοποίηση που πραγματοποιήθηκε ως το πρακτικό μέρος της.

Η επιλογή του κατάλληλου παρόχου IaaS απαιτεί μια διεξοδική αξιολόγηση βασικών παραμέτρων. Τα κριτήρια αυτά περιλαμβάνουν:

- **Απαιτήσεις Υποδομής:** Οι απαιτήσεις σε υποδομή είναι κρίσιμες για την επιλογή του κατάλληλου παρόχου IaaS. Πρέπει να αξιολογηθεί η ανάγκη για επεκτασιμότητα, απόδοση, ασφάλεια και διαθεσιμότητα.
- **Ευέλικτες επιλογές ανάπτυξης:** Ένα σημαντικό προσόν για την επιλογή ενός συστήματος IaaS είναι η δυνατότητα παροχής πολλαπλών επιλογών για το σύστημα του υπερεπόπτη. Κάθε οργανισμός ή έργο μπορεί να έχει διαφορετικές απαιτήσεις και προτιμήσεις όσον αφορά τον τύπο του υπερεπόπτη. Με τη δυνατότητα επιλογής από ποικίλες επιλογές το σύστημα IaaS δίνει τη δυνατότητα να προσαρμοστεί στις απαιτήσεις και τις ανάγκες του χρήστη. Αυτό επιτρέπει τη βέλτιστη αξιοποίηση των πόρων, τη βελτιστοποίηση της απόδοσης και την αντιμετώπιση πιθανών περιορισμών που μπορεί να εμφανιστούν στο μέλλον.
- **Κόστος:** Η οικονομική πτυχή είναι σημαντική για την επιχειρηματική αποτελεσματικότητα. Πρέπει να αξιολογηθούν οι τιμές υπηρεσιών, το μοντέλο χρέωσης και η σχέση ποιότητας-κόστους.
- **Ασφάλεια:** Η προστασία των δεδομένων και η επάρκεια μέτρων ασφαλείας είναι ζωτικής σημασίας. Ο πάροχος IaaS πρέπει να παρέχει μηχανισμούς ασφαλείας, όπως κρυπτογράφηση, πυραμίδες ασφαλείας και προστασία από επιθέσεις.
- **Ευελιξία:** Η δυνατότητα προσαρμογής των υπηρεσιών στις ανάγκες του οργανισμού είναι κρίσιμη. Ο πάροχος πρέπει να παρέχει εύκολες δυνατότητες αναβάθμισης, υποβάθμισης και επεκτασιμότητας.
- **Διαχείριση περιεκτών:** Το σύστημα θα πρέπει να παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας περιεκτών μέσω πρόσθετων (plug-ins) ή εργαλείων που παρέχονται από την πλατφόρμα. Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει την εύκολη ανάπτυξη, εκτέλεση και διαχείριση εφαρμογών μέσω της τεχνολογίας των περιεκτών, ενισχύοντας την ευελιξία και την αποτελεσματικότητα των διαδικασιών ανάπτυξης και παράδοσης εφαρμογών.

Με βάση τα παραπάνω κριτήρια, η διαδικασία επιλογής του συστήματος IaaS οδήγησε στην απόφαση υλοποίησης ενός OpenStack περιβάλλοντος. Η ευελιξία και η δυνατότητα επεκτασιμότητας της πλατφόρμας OpenStack, σε συνδυασμό με τη δυνατότητα πολλαπλών επιλογών για το σύστημα υπερεπόπτη, αλλά και η δυνατότητα δημιουργίας και διαχείρισης περιεκτών, παρέχουν την απαραίτητη υποδομή για την ανάπτυξη ενός αποτελεσματικού νέφους που θα ανταποκρίνεται στις ανάγκες και τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας. Ακόμα, η πλατφόρμα είναι ικανή στην εγκατάσταση και την εγκατάσταση των εξυπηρετητών λόγω των ελάχιστων απαιτήσεων που απαιτεί, όπως θα αναφερθεί σε επόμενη ενότητα.

Στην συνέχεια όσον αφορά την επιλογή του κατάλληλου συστήματος υπερεπόπτη απαιτεί επίσης μια λεπτομερή αξιολόγηση. Τα κριτήρια που πρέπει να ληφθούν υπόψη περιλαμβάνουν:

- **Υποστήριξη Λειτουργικών Συστημάτων:** Το σύστημα υπερεπόπτη πρέπει να υποστηρίζει τα λειτουργικά συστήματα που απαιτούνται για τις ανάγκες του πελάτη.
- **Απόδοση:** Η απόδοση του συστήματος υπερεπόπτη επηρεάζει την απόδοση των εικονικών μηχανών. Πρέπει να αξιολογηθεί η απόδοση σε όρους επεξεργαστικής ισχύος, μνήμης και εισόδου/εξόδου.
- **Επεκτασιμότητα:** Οι υπερεπόπτες επιτρέπουν την εύκολη κλιμάκωση των πόρων, όπως επεξεργαστή, μνήμη και αποθήκευση, για τις εικονικές μηχανές. Αυτό επιτρέπει στους παρόχους υπηρεσιών νέφους να παρέχουν γρήγορα και εύκολα πόρους ανάλογα με τις ανάγκες για την κάλυψη της ζήτησης των πελατών.
- **Κόστος:** Η οικονομική πτυχή είναι σημαντική για την επιχειρηματική αποτελεσματικότητα. Πρέπει να αξιολογηθούν οι τιμές υπηρεσιών, το μοντέλο χρέωσης και η σχέση ποιότητας-κόστους.
- **Ευελιξία και Διαχείριση:** Η δυνατότητα διαχείρισης των εικονικών μηχανών, η οργάνωση και η ευελιξία είναι σημαντικές παράμετροι.
- **Ασφάλεια:** Οι μηχανισμοί ασφαλείας που προσφέρει το σύστημα υπερεπόπτη πρέπει να είναι επαρκείς για την προστασία των εικονικών μηχανών.
- **Συντήρηση:** Οι υπερεπόπτες επιτρέπουν στις εταιρείες ή στους παρόχους υπηρεσιών νέφους να συντηρούν και να ενημερώνουν μεμονωμένες εικονικές μηχανές χωρίς να επηρεάζουν άλλες εικονικές μηχανές ή το υποκείμενο φυσικό υλικό.
- **Δυνατότητες και χαρακτηριστικά:** Πρέπει να υπάρχει υποστήριξη για βασικές λειτουργίες στον υπερεπόπτη όπου θα μπορεί και η πλατφόρμα διαχείρισης να εκμεταλλευτεί. Τέτοιες λειτουργίες αφορούν τη διαχείριση μνήμης, όπως την υπερδέσμευση μνήμης αλλά και λειτουργίες όπως ζωντανή μετανάστευση, υψηλή διαθεσιμότητα και ανοχής λαθών.

Μετά την επιλογή της πλατφόρμας του OpenStack για την ανάπτυξη του νέφους, θα πρέπει να γίνει κατάλληλη επιλογή υπερεπόπτη βάση της λίστας με τους διαθέσιμους υπερεπόπτες του όπου μπορούν να παρατηρηθούν από τον πίνακα 1.

Για την επιλογή κατάλληλου υπερεπόπτη κατά την αξιολόγηση, προσδιορίστηκε ότι ο υπερεπόπτης πρέπει να παρέχει υποστήριξη για μια ευρεία γκάμα λειτουργικών συστημάτων, προκειμένου να ανταποκριθεί στις διαφορετικές απαιτήσεις των εφαρμογών και των χρηστών. Επιπλέον, το κριτήριο της απόδοσης αναδείχθηκε ως ζωτικής σημασίας, καθώς η επιλογή του υπερεπόπτη επηρεάζει απευθείας την απόδοση των εικονικών μηχανών. Ο υπερεπόπτης KVM προέκυψε ως κατάλληλη επιλογή, καθώς παρέχει υψηλή απόδοση σε επεξεργαστική ισχύ και μνήμη, καλύπτοντας έτσι τις απαιτήσεις των εφαρμογών που θα εκτελεστούν στο νέφος.

Επιπλέον, η επιλογή του KVM στηρίχθηκε στην ευελιξία και την επεκτασιμότητά του. Ο KVM επιτρέπει την εύκολη κλιμάκωση των πόρων για τις εικονικές μηχανές, αντιμετωπίζοντας δυναμικά τις αυξανόμενες ανάγκες των πελατών. Κατά τη διαδικασία αξιολόγησης του κόστους, διαπιστώθηκε ότι ο KVM προσφέρει μια αποδοτική λύση, παρέχοντας αξία ποιότητας-κόστους με την αξιοποίηση της ανοικτής πηγής και των δωρεάν εργαλείων διαχείρισης.

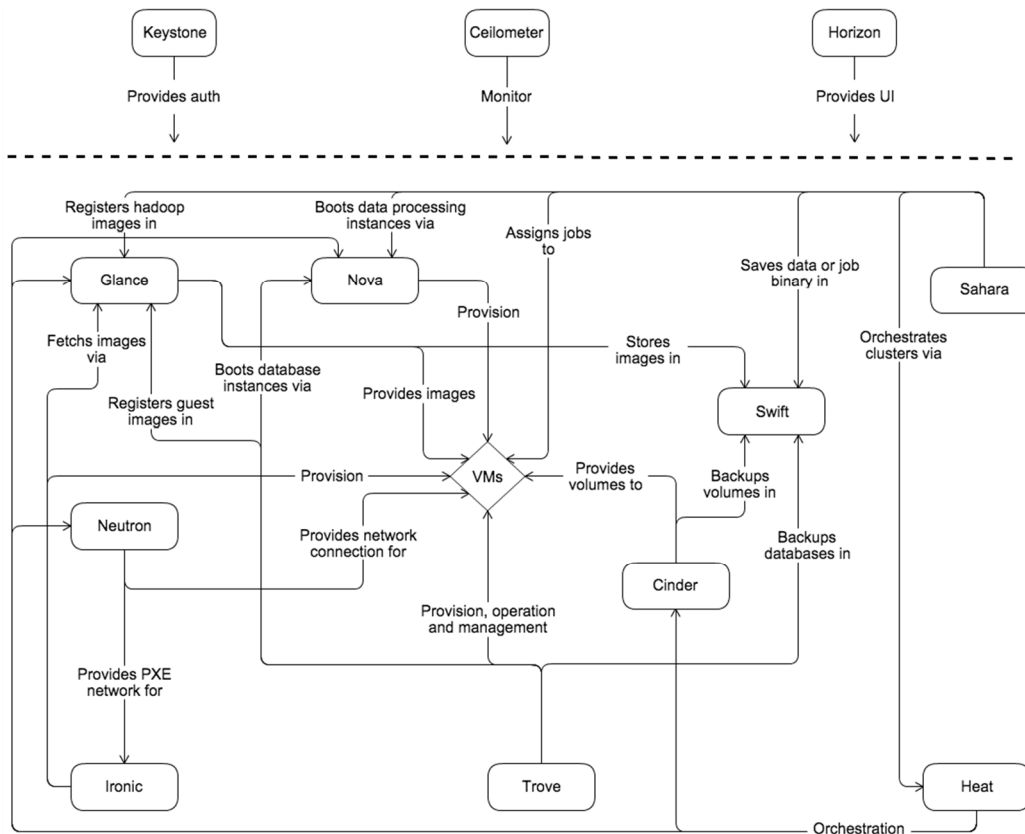
### **3.5 Επισκόπηση του OpenStack**

Το OpenStack είναι μία ανοικτού κώδικα πλατφόρμα λογισμικού υποδομής ως υπηρεσία που παρέχει ένα σύνολο διασυνδεδεμένων υπηρεσιών για την κατασκευή και τη διαχείριση νέων υποδομών νέφους. Η δημιουργία του OpenStack ξεκίνησε το 2010 ως κοινό έργο της Rackspace Hosting και της NASA, ενώ από το 2012 το διαχειρίζεται η OpenStack Foundation. Από τότε, έχει γίνει μια κοινότητα με πλήθος συντελεστών που υποστηρίζει τη συνεχή ανάπτυξη και βελτίωσή του.

Το OpenStack παρέχει έναν ευέλικτο τρόπο για τη δημιουργία και την παραμετροποίηση ιδιωτικών, δημόσιων και υβριδικών υποδομών νέφους. Βασίζεται σε ένα μοντέλο υπηρεσιών, παρέχοντας διάφορες υπηρεσίες που μπορούν να κλιμακωθούν και να προσαρμοστούν σύμφωνα με τις ανάγκες των χρηστών και των εφαρμογών τους. Η αρχιτεκτονική του βασίζεται σε ένα συνδυασμό από διάφορα υποσυστήματα, κάθε ένα από τα οποία αναλαμβάνει συγκεκριμένες λειτουργίες για τη διαχείριση των διάφορων πόρων.

#### **3.5.1 Αρχιτεκτονική του OpenStack**

Για να γίνει σχεδίαση, ανάπτυξη και ρύθμιση του OpenStack, οι διαχειριστές θα πρέπει να κατανοήσουν τη λογική αρχιτεκτονική.



Εικόνα 21: Συσχέτιση υπηρεσιών OpenStack<sup>15</sup>

Όπως φαίνεται στην Εννοιολογική αρχιτεκτονική (Εικόνα 3.1), το OpenStack αποτελείται από διάφορα ανεξάρτητα μέρη, τα οποία αποτελούν της υπηρεσίες του. Όλες οι υπηρεσίες πιστοποιούνται μέσω μιας κοινής υπηρεσίας ταυτότητας. Οι επιμέρους υπηρεσίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους μέσω δημόσιων API, εκτός από τις περιπτώσεις όπου απαιτούνται προνομιακές εντολές του διαχειριστή.

Εσωτερικά, οι υπηρεσίες OpenStack αποτελούνται από διάφορες διεργασίες. Όλες οι υπηρεσίες διαθέτουν τουλάχιστον μία διεργασία API, η οποία ακούει για αιτήσεις API, όπου προ επεξεργάζονται και μεταβιβάζονται σε άλλα τμήματα της κάθε υπηρεσίας. Με εξαίρεση την υπηρεσία ταυτότητας, η πραγματική εργασία γίνεται από ξεχωριστές διεργασίες.

Για την επικοινωνία μεταξύ των διεργασιών μιας υπηρεσίας, χρησιμοποιείται ένας διαμεσολαβητής μηνυμάτων AMQP. Η κατάσταση της υπηρεσίας αποθηκεύεται σε μια βάση δεδομένων. Κατά την εγκατάσταση και τη διαμόρφωση του νέου OpenStack, μπορεί να γίνει επιλογή ανάμεσα σε διάφορες λύσεις διαμεσολαβητών μηνυμάτων και βάσεων δεδομένων, όπως τη RabbitMQ, τη MySQL, τη MariaDB και τη SQLite.

<sup>15</sup> Πηγή: <https://docs.OpenStack.org/install-guide/get-started-conceptual-architecture.html#get-started-conceptual-architecture>

### 3.5.2 Υπηρεσίες που αποτελούν το OpenStack

Το OpenStack αποτελείται από πολλά διαφορετικά κινούμενα μέρη. Λόγω της ανοικτής φύσης του, ο καθένας μπορεί να προσθέσει επιπλέον στοιχεία στο OpenStack ανάλογα με τη ζήτηση και τις ανάγκες του εκάστοτε πελάτη. Ωστόσο, η κοινότητα του έχει προσδιορίσει συνεργατικά κάποια βασικά συστατικά που αποτελούν μέρος του "πυρήνα" του OpenStack, τα οποία διανέμονται ως μέρος κάθε συστήματος και συντηρούνται επίσημα από την κοινότητα του OpenStack. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι κάθε εγκατάσταση διαφέρει ανάλογα με τη χρήση, οπότε και πολλές από τις υπηρεσίες θα μπορούσαν να παραλειφθούν. Παρακάτω αναφέρονται οι βασικές υπηρεσίες του OpenStack:

Μερικές από τις βασικές υπηρεσίες του OpenStack όπου αναφέρθηκαν και σε προηγούμενη ενότητα αποτελούν τα εξής εργαλεία: Keystone, Skyline, Nova, Glance, Neutron, Zun, Kuryr, Heat. Επιπλέον μερικά εργαλεία του OpenStack αποτελούν τα παρακάτω:

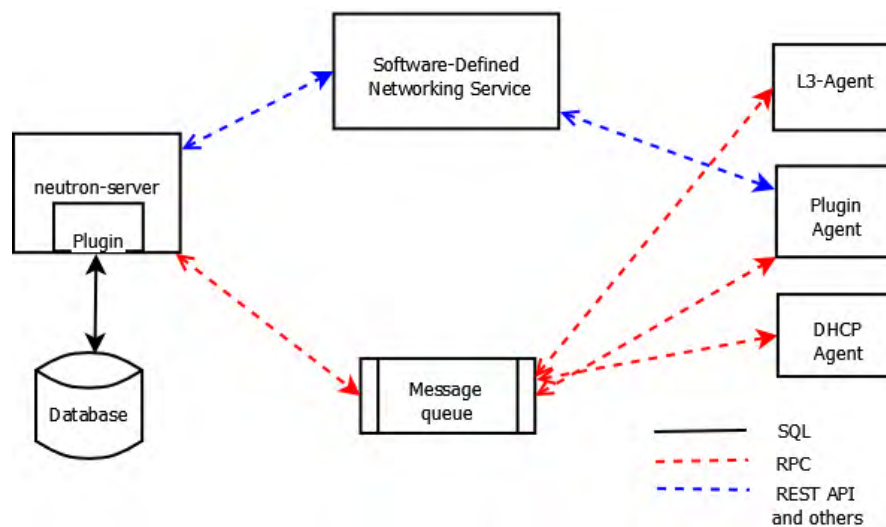
- **Swift:** Είναι μια υπηρεσία αντικειμενοστραφούς αποθήκευσης που παρέχει κλιμακώσιμη και ανθεκτική αποθήκευση δεδομένων. Χρησιμοποιείται για την αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων, όπως εικόνες, βίντεο και αρχεία. Το Swift διαθέτει μηχανισμούς αντοχής σε σφάλματα, καθώς τα δεδομένα αντιγράφονται αυτόματα σε διάφορους κόμβους, εξασφαλίζοντας τη διαθεσιμότητα των δεδομένων ακόμα και σε περιπτώσεις προβλημάτων στο σύστημα.
- **Cinder:** Η υπηρεσία είναι υπεύθυνη για την παροχή υπηρεσιών αποθήκευσης με διάφορους τύπους αποθηκευτικών τόμων (volumes). Αυτό επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν και να συνδέουν επιπλέον χώρο αποθήκευσης στις εικονικές μηχανές τους. Οι αποθηκευτικοί τόμοι μπορούν να διατηρούνται ανεξάρτητα από τις εικονικές μηχανές, επιτρέποντας τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ διαφορετικών μηχανών.
- **Ceilometer:** Παρέχει υπηρεσίες μέτρησης και παρακολούθησης για τη συλλογή δεδομένων από τα διάφορα συστατικά του OpenStack. Βοηθά στην παρακολούθηση της χρήσης πόρων, όπως CPU, μνήμη και δίκτυο, προσφέροντας πληροφορίες για την απόδοση και την απότομη αντίχρευση προβλημάτων.

### 3.6 Δικτυακή υποδομή του OpenStack

Στο πλαίσιο αυτής της ενότητας, θα εξεταστεί η δικτυακή υποδομή του OpenStack, αναδεικνύοντας τα βασικά στοιχεία και τις τεχνολογίες που διαμορφώνουν την αρχιτεκτονική του. Επίσης, θα επισημανθούν οι διάφορες υπηρεσίες δικτύου που παρέχονται από το OpenStack και τον τρόπο με τον οποίο συμβάλλουν στη δημιουργία ευέλικτων και ασφαλών δικτυακών υποδομών. Στη συνέχεια, θα εξεταστούν οι κυριότερες τεχνολογίες μεταγωγέα δικτύου που χρησιμοποιούνται στο OpenStack, καθώς αποτελούν κρίσιμο κομμάτι της δικτυακής υποδομής. Τέλος, θα αναλυθεί ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνεται η ροή κυκλοφορίας δικτύου για τις εικονικές μηχανές.

### 3.6.1 Αρχιτεκτονική του δικτύου του OpenStack

Η δικτύωση του OpenStack παρέχεται ως μία αυτόνομη υπηρεσία που συχνά αναπτύσσει αρκετές διεργασίες σε πολλούς κόμβους. Αυτές οι διεργασίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και με άλλες υπηρεσίες του OpenStack. Η κύρια διεργασία της υπηρεσίας είναι ο Neutron εξυπηρετητής, ένας δαίμονας Python που εκθέτει το δικτυακό OpenStack API και μεταβιβάζει τα αιτήματα των ενοίκων σε μια σουίτα πρόσθετων για περαιτέρω επεξεργασία. Στην Εικόνα 3.2 παρουσιάζεται ένα διάγραμμα αρχιτεκτονικής και ροής δικτύωσης των στοιχείων δικτύωσης του OpenStack.



Εικόνα 22: Αρχιτεκτονική και ροή δικτύωσης των στοιχείων δικτύωσης του OpenStack<sup>16</sup>

Τα συστατικά στοιχεία της δικτύωσης του OpenStack είναι τα εξής:

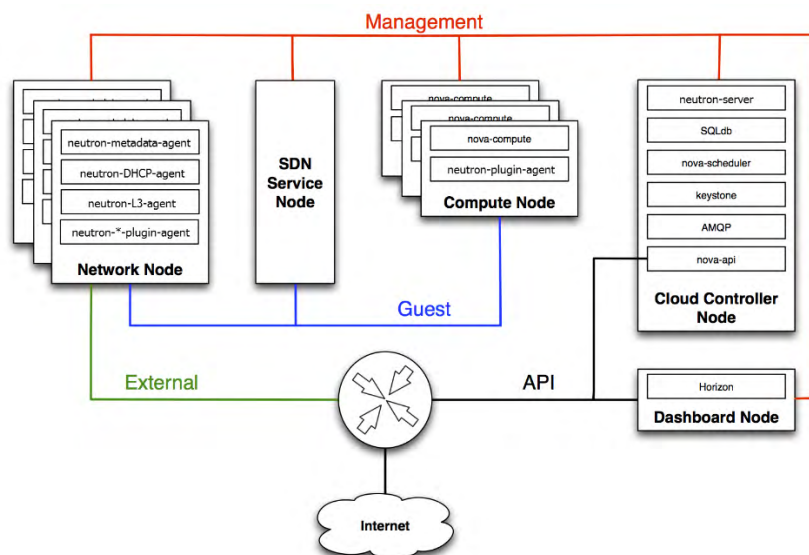
- **Εξυπηρετητής Neutron:** Αυτή η υπηρεσία εκτελείται στον κόμβο δικτύου για την εξυπηρέτηση του API δικτύωσης και των επεκτάσεών του. Επίσης, επιβάλλει το μοντέλο δικτύου και τη διευθυνσιοδότηση IP κάθε θύρας. Ο εξυπηρετητής Neutron απαιτεί έμμεση πρόσβαση σε μια μόνιμη βάση δεδομένων. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω των πρόσθετων, τα οποία επικοινωνούν με τη βάση δεδομένων χρησιμοποιώντας το AMQP.
- **Πράκτορας πρόσθετων:** Εκτελείται σε κάθε υπολογιστικό κόμβο για τη διαχείριση των ρυθμίσεων του τοπικού εικονικού μεταγωγέα. Το πρόσθετο που χρησιμοποιείτε καθορίζει ποιους πράκτορες εκτελούνται. Αυτή η υπηρεσία απαιτεί πρόσβαση στην ουρά μηνυμάτων και εξαρτάται από το πρόσθετο που χρησιμοποιείται. Ορισμένα πρόσθετα όπως το OpenDaylight και το Open Virtual Network δεν απαιτούν πράκτορες python στους υπολογιστικούς κόμβους.
- **Πράκτορας DHCP:** Παρέχει υπηρεσίες DHCP στα δίκτυα των ενοικιαστών. Αυτός ο πράκτορας είναι ο ίδιος σε όλα τα πρόσθετα και είναι υπεύθυνος για τη διατήρηση των ρυθμίσεων DHCP. Ο

<sup>16</sup> Πηγή: <https://docs.OpenStack.org/security-guide/networking/architecture.html>

πράκτορας απαιτεί πρόσβαση στην ουρά μηνυμάτων και είναι προαιρετικός ανάλογα με τα πρόσθετα.

- **Πράκτορας L3):** Παρέχει προώθηση L3/NAT για την πρόσβαση εξωτερικών δικτύων των εικονικών μηχανών σε δίκτυα ενοικιαστή. Ο πράκτορας απαιτεί πρόσβαση στην ουρά μηνυμάτων και είναι προαιρετικός ανάλογα με τα πρόσθετα.
- **Υπηρεσίες παρόχου δικτύου (εξυπηρετητής/υπηρεσίες SDN):** Παρέχει πρόσθετες υπηρεσίες δικτύωσης στα δίκτυα των μισθωτών. Αυτές οι υπηρεσίες SDN μπορούν να αλληλεπιδρούν με τον εξυπηρετητή Neutron, τα πρόσθετα Neutron και τους πράκτορες πρόσθετων μέσω καναλιών επικοινωνίας, όπως τα REST API.

Συνήθως σε μια τυπική αρχιτεκτονική περιλαμβάνετε ένας κεντρικός υπολογιστής ελεγκτή νέφους, ένας κεντρικός υπολογιστής δικτύου και ένα σύνολο υπολογιστικών υπερεποπών για την εκτέλεση εικονικών μηχανών.



Εικόνα 23: Απεικόνιση δικτυακής συνδεσιμότητας των τύπων του OpenStack<sup>17</sup>

Σε μία τέτοια εγκατάσταση δικτύωσης OpenStack διατίθενται έως και τέσσερα διαφορετικά φυσικά δίκτυα κέντρου δεδομένων:

- **Δίκτυο διαχείρισης:** Χρησιμοποιείται για την εσωτερική επικοινωνία μεταξύ των συστατικών του OpenStack. Οι IP διευθύνσεις σε αυτό το δίκτυο θα πρέπει να είναι προσβάσιμες μόνο εντός του κέντρου δεδομένων και θεωρείται ο τομέας ασφαλείας διαχείρισης.
- **Δίκτυο επισκεπτών:** Χρησιμοποιείται για την επικοινωνία δεδομένων των εικονικών μηχανών εντός της εγκατάστασης νέφους. Οι απαιτήσεις διευθύνσεων IP αυτού του δικτύου εξαρτώνται από το

<sup>17</sup> Πηγή: <https://docs.OpenStack.org/security-guide/networking/architecture.html>

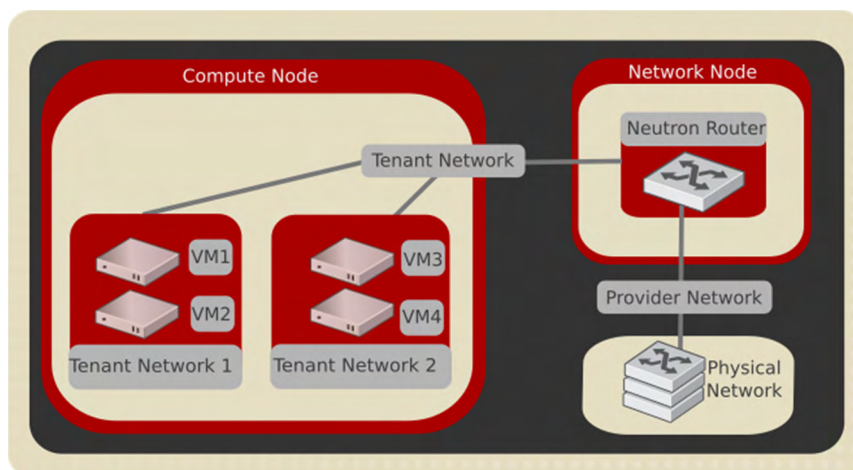


χρησιμοποιούμενο πρόσθετο δικτύωσης OpenStack και τις επιλογές διαμόρφωσης δικτύου των εικονικών δικτύων που πραγματοποιούνται από τον ενοικιαστή. Αυτό το δίκτυο θεωρείται ο τομέας ασφαλείας επισκεπτών.

- **Εξωτερικό δίκτυο:** Χρησιμοποιείται για να παρέχει στις εικονικές μηχανές πρόσβαση στο διαδίκτυο σε ορισμένα σενάρια ανάπτυξης. Οι διευθύνσεις IP σε αυτό το δίκτυο θα πρέπει να είναι προσβάσιμες από οποιονδήποτε στο διαδίκτυο. Αυτό το δίκτυο θεωρείται ότι ανήκει στον τομέα δημόσιας ασφαλείας.
- **Δίκτυο API:** Εκθέτει όλα τα API του OpenStack, συμπεριλαμβανομένου του δικτυακού OpenStack API, στους ενοικιαστές. Οι διευθύνσεις IP σε αυτό το δίκτυο θα πρέπει να είναι προσβάσιμες από οποιονδήποτε στο Διαδίκτυο. Αυτό μπορεί να είναι το ίδιο δίκτυο με το εξωτερικό δίκτυο, καθώς είναι δυνατή η δημιουργία ενός υποδικτύου για το εξωτερικό δίκτυο που χρησιμοποιεί εύρη εκχώρησης IP για να χρησιμοποιεί μόνο λιγότερο από το πλήρες εύρος διευθύνσεων IP σε ένα μπλοκ IP. Αυτό το δίκτυο θεωρείται ο τομέας δημόσιας ασφαλείας.

### 3.6.2 Υπηρεσίες δικτύου στο OpenStack

Υπάρχουν δύο τύποι δικτύων που υλοποιούνται στο Neutron, τα δίκτυα παρόχων και τα δίκτυα ενοικιαστών, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.4. Η κύρια διαφορά μεταξύ τους περιστρέφεται γύρω από το ποιος τα παρέχει. Οι χρήστες δημιουργούν και ρυθμίζουν τα δίκτυα ενοικιαστών για τη συνδεσιμότητα εντός των έργων, ενώ οι διαχειριστές του OpenStack δημιουργούν τα δίκτυα παρόχων που καταναλώνονται από τους ενοικιαστές.



Εικόνα 24: Δίκτυα παρόχων νετρονίων και δίκτυα ενοικιαστών<sup>18</sup>

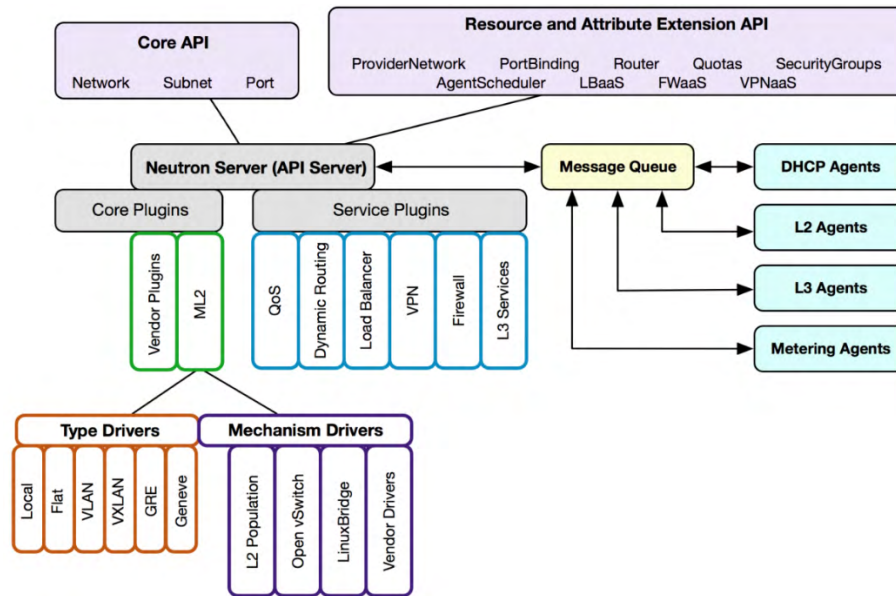
Από προεπιλογή, τα δίκτυα ενοικιαστών είναι πλήρως απομονωμένα και δε διαμοιράζονται μεταξύ έργων. Οι χρήστες έχουν τον πλήρη έλεγχο της τοπολογίας των δικτύων. Οι εικονικοί δρομολογητές

<sup>18</sup> Πηγή: <https://docs.OpenStack.org/liberty/networking-guide/intro-os-networking-overview.html>

είναι υπεύθυνοι για τη δρομολόγηση της κίνησης μεταξύ των δικτύων εντός ενός έργου ή μεταξύ δικτύων ενοικιαστών και εξωτερικών δικτύων. Εντός ενός έργου, το Neutron παρέχει στους χρήστες πλήρως αυτοεξυπηρετούμενα υποδίκτυα, DHCP, DNS, δρομολόγηση επιπέδου 3, τείχος προστασίας, εξισορροπητή φορτίου και εικονικά ιδιωτικά δίκτυα όπου επιτρέπετε η τροποποίηση τους. Τα ενοικιαζόμενα δίκτυα δεν μπορούν να δρομολογηθούν από τον εξωτερικό κόσμο, οπότε οι χρήστες χρησιμοποιούν κυμαινόμενες διευθύνσεις IP για την πρόσβαση σε εικονικές μηχανές. Το OpenStack υποστηρίζει τέσσερις τύπους τεχνολογιών απομόνωσης και επικάλυψης δικτύων: flat, VLAN, GRE και VxLAN. Από την άλλη πλευρά, τα δίκτυα παρόχων αντιστοιχούν απευθείας σε υπάρχοντα φυσικά δίκτυα στο κέντρο δεδομένων. Οι τύποι των δικτύων τους είναι τακτικά επίπεδοι ή VLAN [38].

Το API του Neutron είναι επεκτάσιμο και αυτό σημαίνει ότι οι χρήστες μπορούν να γράψουν και να χρησιμοποιήσουν οποιαδήποτε πρόσθετα και προγράμματα οδήγησης για να επεκτείνουν τη λειτουργικότητα του δικτύου. Το Neutron ταξινομεί τα πρόσθετα σε δύο κατηγορίες: πυρήνα και υπηρεσίας. Τα πρόσθετα πυρήνα υλοποιούν το βασικό API του Neutron. Τα πρόσθετα υπηρεσίας παρέχουν πρόσθετες υπηρεσίες, όπως δρομολογητή επιπέδου 3, εξισορροπητή φορτίου, εικονικά ιδιωτικά δίκτυα, τείχος προστασίας και μέτρηση. Το αρθρωτό επίπεδο 2 (Modular Layer 2) που συνοδεύει το OpenStack είναι το πιο σημαντικό πρόσθετο πυρήνα. Υποστηρίζει μεγάλη ποικιλία τεχνολογιών επιπέδου 2 και επιτρέπει τη συνύπαρξη τεχνολογιών πολλών προμηθευτών. Πριν από την ενσωμάτωση του ML2 στο OpenStack, το Neutron περιοριζόταν στη χρήση ενός μόνο πρόσθετου πυρήνα κάθε φορά [38]. Σκοπός του είναι η αντικατάσταση και η κατάργηση των δύο πρόσθετων linuxbridge και Open vSwitch. Οι πράκτορες L2 τους, ωστόσο, συνεχίζουν να λειτουργούν με το ML2.

Το ML2 εισάγει την έννοια των οδηγών. Οι οδηγοί διαχωρίζουν τα επεκτάσιμα σύνολα τύπων δικτύου που υλοποιούνται και τους μηχανισμούς που υλοποιούν αυτά τα δίκτυα τύπου. Οι οδηγοί χωρίζονται σε οδηγούς τύπων και οδηγούς μηχανισμών, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.5. Οι οδηγοί τύπων διατηρούν την κατάσταση δικτύου συγκεκριμένου τύπου και εκτελούν επικύρωση του δικτύου παρόχου και κατανομή δικτύου ενοικιαστή. Υποστηριζόμενοι τύποι δικτύου περιλαμβάνουν τοπικό, flat, VLAN, VxLAN και GRE. Κάθε οδηγός μηχανισμού διαχειρίζεται ένα μηχανισμό δικτύωσης. Ένα πρόγραμμα οδήγησης μηχανισμού είναι υπεύθυνο για τη λήψη των πληροφοριών που καθορίζονται από τον οδηγό τύπου και διασφαλίζει ότι οι πληροφορίες αυτές εφαρμόζονται σωστά. Πολλαπλοί οδηγοί μηχανισμών μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα. Υπάρχουν τρεις τύποι οδηγών μηχανισμού: βασισμένοι σε πράκτορες, σε ελεγκτή, και επάνω ραφίου [38].



Εικόνα 25: αρχιτεκτονική Αρθρωτού επιπέδου 2 (ML2)<sup>19</sup>

### 3.6.3 Τεχνολογίες μεταγωγέα δικτύου OpenStack

Το Neutron βασίζεται στη χρήση εικονικών μεταγωγέων για την προώθηση πακέτων σε στιγμιότυπα εικονικών μηχανών και σε άλλες εικονικοποιημένες συσκευές που φιλοξενούνται σε κόμβους υποδομών. Αυτοί οι κόμβοι, με τη σειρά τους, συνδέονται με φυσικούς μεταγωγείς που προωθούν την κυκλοφορία μεταξύ των κόμβων και άλλων φυσικών συσκευών, όπως δρομολογητές και τείχη προστασίας. Ο τρόπος με τον οποίο το Neutron διαμορφώνει αυτούς τους εικονικούς μεταγωγείς εξαρτάται από την πλατφόρμα εικονικής μεταγωγής που χρησιμοποιείται στο περιβάλλον και από τον τύπο του δικτύου που ζητά ο χρήστης. Υπάρχουν αρκετά είδη εικονικών μεταγωγέων που μπορούν να ενσωματωθούν στο OpenStack. Τα πιο συνηθισμένα είναι τα Open vSwitch (OVS), LinuxBridge και Open virtual network (ovn).

#### 3.6.3.1 Open vSwitch

Στο πλαίσιο της δικτύωσης του OpenStack, το Open vSwitch λειτουργεί ως μεταγωγέας βασισμένος σε λογισμικό που χρησιμοποιεί εικονικές γέφυρες δικτύου και κανόνες ροής για την προώθηση πακέτων μεταξύ των κεντρικών υπολογιστών. Για την υλοποίηση του νέφους το Open vSwitch έχει επιλεγεί για να εγκατασταθεί ως το κύριο πρόγραμμα οδήγησης του Neutron, το οποίο θα αναφερθεί με λεπτομέρεια στην ενότητα εγκατάστασης του OpenStack. Αν και είναι ικανό να υποστηρίξει πολλές τεχνολογίες και πρωτόκολλα, μόνο ένα υποσύνολο των χαρακτηριστικών του Open vSwitch αξιοποιείται από το Neutron [39].

<sup>19</sup> Πηγή: <https://www.oreilly.com/library/view/learning-OpenStack-networking/9781788392495/b2f8b25a-d590-4313-8d11-2a3f5f16d470.xhtml>

Υπάρχουν τρία κύρια συστατικά του Open vSwitch:

- Μονάδα πυρήνα: Η μονάδα πυρήνα του Open vSwitch είναι το ισοδύναμο των ASICs σε ένα μεταγωγέα υλικού. Επίσης, είναι το επίπεδο δεδομένων του μεταγωγέα όπου γίνεται η επεξεργασία όλων των πακέτων.
- Δαίμονας vSwitch: Ο δαίμονας του Open vSwitch (ovs-vswitchd) είναι μία Linux διαδικασία που εκτελείται στο χώρο του χρήστη σε κάθε φυσικό υπολογιστή και καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο η μονάδα του πυρήνα θα προγραμματιστεί.
- Εξυπηρετητής βάσης δεδομένων: Το Open vSwitch χρησιμοποιεί μια τοπική βάση δεδομένων σε κάθε φυσικό υπολογιστή που ονομάζεται εξυπηρετητής βάσης δεδομένων Open vSwitch (OVSDB) και διατηρεί τη διαμόρφωση των εικονικών μεταγωγέων.

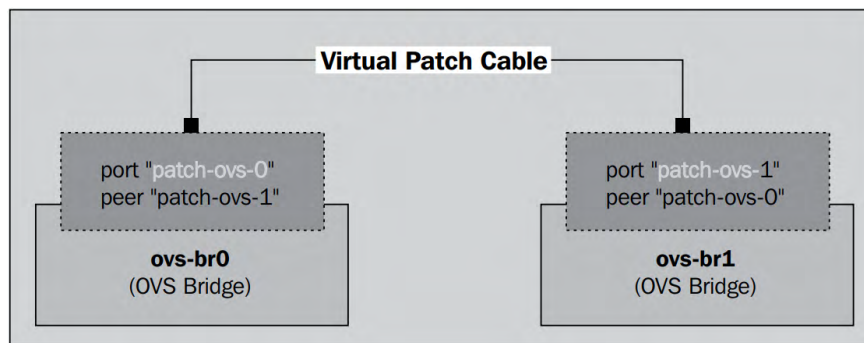
Όταν γίνεται χρήση του πρόσθετου δικτύωσης Open vSwitch, το Neutron βασίζεται στις μονάδες πυρήνα γέφυρας και Open vSwitch, μαζί με βοηθητικά προγράμματα χώρου χρήστη, όπως τα `ovs-vsctl` και `ovs-ofctl`, για τη σωστή διαχείριση της βάσης δεδομένων Open vSwitch και τη σύνδεση στιγμιότυπων και άλλων δικτυακών πόρων σε εικονικούς μεταγωγείς.

Σε μια υλοποίηση δικτύου που βασίζεται στο Open vSwitch, υπάρχουν πέντε διακριτοί τύποι εικονικών συσκευών δικτύωσης:

- Συσκευές tap: Όταν ένα στιγμιότυπο εκτελείται για πρώτη φορά, δημιουργείται μια εικονική διεπαφή δικτύου στον κεντρικό υπολογιστή, η οποία αναφέρεται ως διεπαφή tap. Η διεπαφή tap αντιστοιχεί απευθείας σε μια διεπαφή δικτύου εντός του φιλοξενούμενου στιγμιότυπου. Αυτή η ενέργεια έχει ως αποτέλεσμα ο κεντρικός υπολογιστής να εκθέτει το στιγμιότυπο στο φυσικό δίκτυο. Στο OpenStack, το όνομα της διεπαφής tap αντιστοιχεί στο UUID της θύρας Neutron, ή αλλιώς στο μοναδικό αναγνωριστικό, στο οποίο είναι συνδεδεμένο το στιγμιότυπο. Η συσχέτιση του ονόματος της διεπαφής tap και του UUID της θύρας Neutron είναι απλώς αισθητική και η σύμβαση ονοματοδοσίας σημαίνει ότι τα ονόματα των διεπαφών tap θα πρέπει να διατηρούνται μετά από επανεκκίνηση του κεντρικού υπολογιστή [39].
- Γέφυρες Linux: Είναι μία εικονική διεπαφή που συνδέει πολλαπλές διεπαφές δικτύου. Στο Neutron, μία γέφυρα συνήθως περιλαμβάνει μία φυσική διεπαφή και μία ή περισσότερες εικονικές διεπαφές ή διεπαφές tap [39].
- Εικονικά καλώδια Ethernet (veth): Είναι εικονικές διεπαφές που μιμούνται τα καλώδια patch δικτύου. Ένα πλαίσιο Ethernet που αποστέλλεται στο ένα άκρο του καλωδίου veth λαμβάνεται από το άλλο άκρο, όπως ακριβώς συμβαίνει με ένα πραγματικό καλώδιο patch δικτύου. Το Neutron κάνει χρήση των καλωδίων veth για να πραγματοποιήσει συνδέσεις μεταξύ διάφορων πόρων δικτύου, συμπεριλαμβανομένων των χώρων ονομάτων και των γεφυρών [39].
- Γέφυρες OVS: Μια γέφυρα OVS συμπεριφέρεται όπως ένας φυσικός μεταγωγέας, με τη διαφορά ότι είναι εικονικοποιημένη. Οι συσκευές διεπαφής δικτύου, συμπεριλαμβανομένων των διεπαφών

που χρησιμοποιούνται από τις περιοχές ονομάτων DHCP ή δρομολογητή και των διεπαφών tap του στιγμιότυπου, συνδέονται σε θύρες γέφυρας OVS. Οι ίδιες οι θύρες μπορούν να διαμορφωθούν όπως μια θύρα φυσικού μεταγωγέα. Το OVS διατηρεί πληροφορίες σχετικά με τις συνδεδεμένες συσκευές, συμπεριλαμβανομένων των διευθύνσεων MAC και των στατιστικών στοιχείων διεπαφής [39].

- **Θύρες patch OVS:** Το OVS διαθέτει έναν ενσωματωμένο τύπο θύρας που μιμείται τη συμπεριφορά ενός καλωδίου veth του Linux, αλλά είναι βελτιστοποιημένο για χρήση με γέφυρες OVS. Κατά τη σύνδεση δύο γεφυρών OVS, μια θύρα σε κάθε μεταγωγέα δεσμεύεται ως θύρα patch. Οι θύρες patch ρυθμίζονται με ένα όνομα ομότιμου που αντιστοιχεί στη θύρα patch στον άλλο μεταγωγέα. Ακολουθεί σχετικό παράδειγμα στην Εικόνα 3.6 [39].



**Εικόνα 26:** Διεπαφή δύο γεφυρών OVS μέσω μιας θύρας patch σε κάθε μεταγωγέα [39]

Οι θύρες patch χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση γεφυρών OVS μεταξύ τους, ενώ τα καλώδια veth του Linux χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση γεφυρών OVS με γέφυρες Linux ή γεφυρών Linux με άλλες γέφυρες Linux.

### 3.6.3.2 LinuxBridge

Προκειμένου να προωθηθεί η κίνηση μεταξύ εικονικών μηχανών και στην υποδομή εικονικού μεταγωγέα, υπάρχει πάντα η ανάγκη να δημιουργηθεί μια γέφυρα, καθώς και λειτουργικές μονάδες πυρήνα Linux 802.1q για να διασφαλιστεί η σύνδεση με τα άλλα δίκτυα. Σε μια υλοποίηση δικτύου που βασίζεται στο LinuxBridge, υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι εικονικών συσκευών δικτύωσης:

- Συσκευές tap,
- Διεπαφές VLAN,
- γέφυρες Linux.

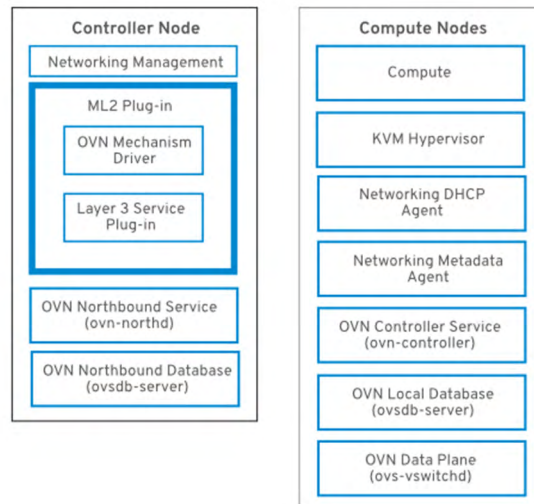
Το Linux υποστηρίζει την 802.1q VLAN ετικέτα μέσω της χρήσης εικονικών διεπαφών VLAN. Ο πυρήνας μπορεί να στέλνει και να λαμβάνει πακέτα με ετικέτα VLAN όταν έχει δημιουργηθεί και ρυθμιστεί σωστά μια διεπαφή VLAN. Η διεπαφή VLAN συσχετίζεται με τη φυσική της διεπαφή.

### 3.6.3.3 Open virtual network

Το OVN είναι μια λύση δικτύωσης που ορίζεται από λογισμικό (SDN) και βασίζεται στο Open vSwitch για την παροχή υπηρεσιών δικτύου σε στιγμιότυπα. Με το OVN, παρέχονται αφαιρέσιες εικονικών δικτύων, όπως εικονικές επικαλύψεις L2 και L3, ομάδες ασφαλείας και υπηρεσίες DHCP. Σχεδιάστηκε για να υποστηρίξει υλοποιήσεις υψηλής κλιμάκωσης και ποιότητας παραγωγής. Παρέχει μια ανοικτή προσέγγιση στις δυνατότητες εικονικής δικτύωσης για κάθε τύπο φόρτου εργασίας σε μια εικονικοποιημένη πλατφόρμα χρησιμοποιώντας το ίδιο API.

Η αρχιτεκτονική OVN αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία και υπηρεσίες:

- Πρόσθετο ML2 με οδηγό μηχανισμού OVN: Το πρόσθετο ML2 μεταφράζει τη διαμόρφωση δικτύωσης του OpenStack στη διαμόρφωση λογικής δικτύωσης του OVN. Συνήθως, εκτελείται στον κόμβο ελεγκτή.
- Βάση δεδομένων OVN Northbound (ovn-nb): Αυτή η βάση δεδομένων αποθηκεύει τη λογική διαμόρφωση δικτύωσης OVN από το πρόσθετο OVN ML2. Συνήθως, εκτελείται στον κόμβο ελεγκτή.
- Υπηρεσία OVN Northbound (ovn-northd): Αυτή η υπηρεσία μετατρέπει τη λογική διαμόρφωση δικτύωσης από τη βάση δεδομένων OVN northbound στις λογικές ροές μονοπατιών δεδομένων και τις συμπληρώνει στη βάση δεδομένων OVN southbound. Συνήθως, εκτελείται στον κόμβο ελεγκτή.
- Βάση δεδομένων OVN Southbound (ovn-sb): Αυτή η βάση δεδομένων αποθηκεύει τις ροές της λογικής διαδρομής δεδομένων που έχουν μετατραπεί. Συνήθως, εκτελείται στον κόμβο ελεγκτή.
- Ελεγκτής OVN (ovn-controller): Αυτός ο ελεγκτής συνδέεται με τη βάση δεδομένων OVN southbound και ενεργεί ως ελεγκτής του Open vSwitch για τον έλεγχο και την παρακολούθηση της κυκλοφορίας δικτύου.
- Διακομιστής βάσεων δεδομένων OVS (OVSDB): Φιλοξενεί τις βάσεις δεδομένων OVN Northbound και Southbound.

Εικόνα 27: Αρχιτεκτονική Open virtual network<sup>20</sup>

### 3.6.4 Ροή κυκλοφορίας δικτύου εικονικών μηχανών

Ένα από τα κυριότερα θέματα δικτύωσης μέσα στην υλοποίηση του OpenStack είναι οι τρόποι με τους οποίους επικοινωνούν οι εικονικές μηχανές, είτε αυτό αφορά τη μεταξύ τους επικοινωνία είτε με τον εξωτερικό κόσμο. Υπάρχουν τέσσερα σενάρια που θα αναλυθούν στην συνέχεια και αφορούν τις μεθόδους του βορρά-νότου και της ανατολής-δύσης. Η κίνηση δικτύου βορρά-νότου ταξιδεύει μεταξύ μιας εικονικής μηχανής και ενός εξωτερικού δικτύου όπως το διαδίκτυο, ενώ η κίνηση του δικτύου ανατολής-δύσης ταξιδεύει μεταξύ εικονικών μηχανών στο ίδιο ή σε διαφορετικά δίκτυα. Σε όλα τα σενάρια, η φυσική υποδομή δικτύου χειρίζεται την εναλλαγή και τη δρομολόγηση μεταξύ δικτύων παρόχων και εξωτερικών δικτύων όπως το διαδίκτυο. Για ένα από τα παρακάτω παραδείγματα περιπτώσεων τα παρακάτω στοιχεία θα θεωρηθούν δεδομένα:

- **Δίκτυο παρόχου (VLAN).**
  - VLAN ID 101 (ετικέτα).
- **Δίκτυο αυτοεξυπηρέτησης 1 (VxLAN).**
  - VxLAN ID (VNI) 101.
- **Δίκτυο αυτοεξυπηρέτησης 2 (VxLAN).**
  - VxLAN ID (VNI) 102.
- **Δρομολογητής αυτοεξυπηρέτησης**
  - Πύλη στο δίκτυο παρόχου.
  - Διεπαφή στο δίκτυο αυτοεξυπηρέτησης 1.
  - Διεπαφή στο δίκτυο αυτοεξυπηρέτησης 2.
- **Εικονική μηχανή 1**

<sup>20</sup> Πηγή: [https://access.redhat.com/documentation/en-us/red\\_hat\\_OpenStack\\_platform/13/html/networking\\_with\\_open\\_virtual\\_network/open\\_virtual\\_network\\_ovn](https://access.redhat.com/documentation/en-us/red_hat_OpenStack_platform/13/html/networking_with_open_virtual_network/open_virtual_network_ovn)

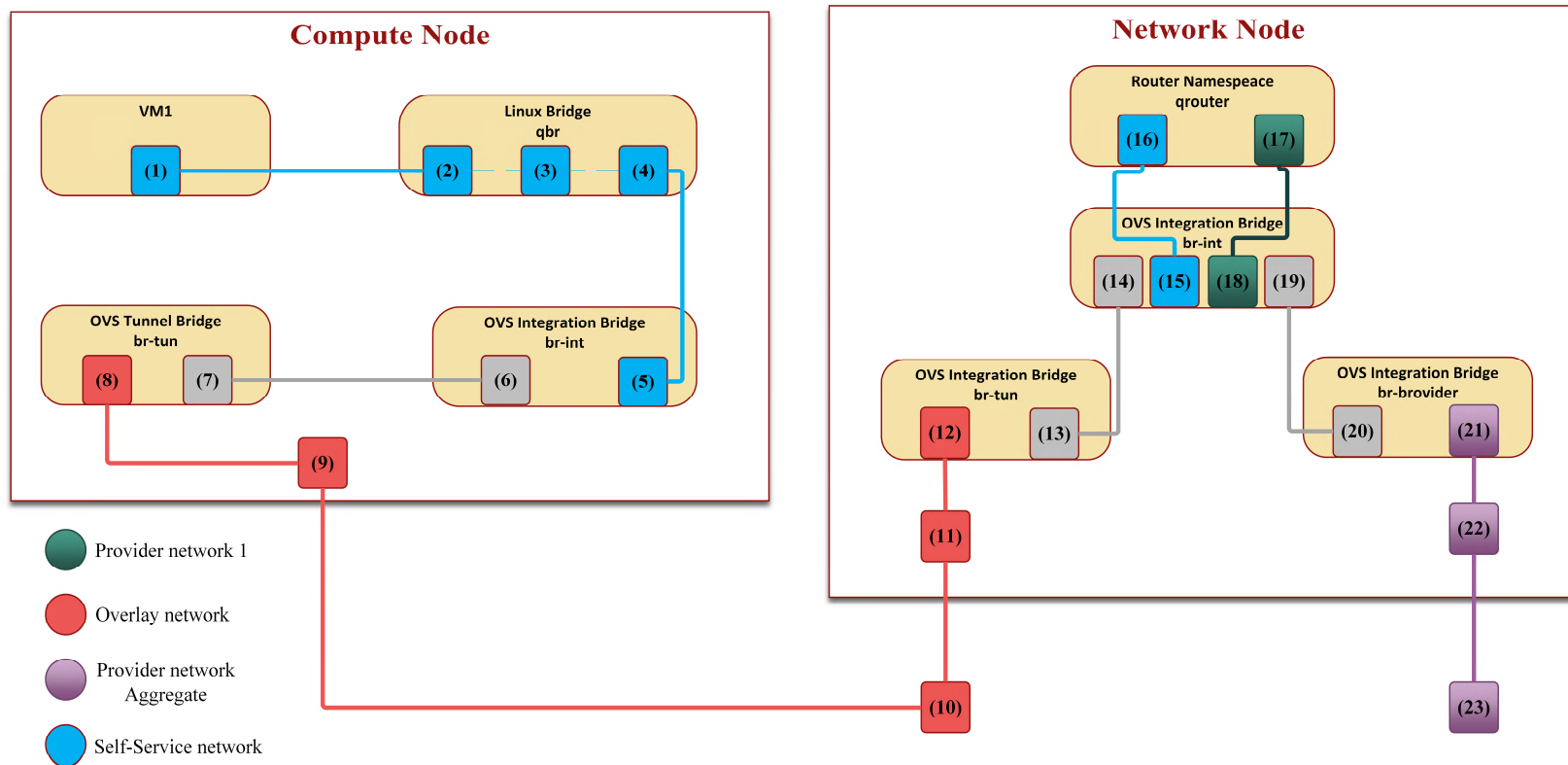
- **Εικονική μηχανή 2**

Σενάριο Βορρά-Νότου 1: Εικονική μηχανή με σταθερή διεύθυνση IPv4:

Για τις περιπτώσεις όπου υπάρχει σταθερή διεύθυνση IPv4, ο κόμβος δικτύου εκτελεί SNAT σε κίνηση βορρά-νότου που περνά από την αυτοεξυπηρέτηση σε εξωτερικά δίκτυα όπως το διαδίκτυο. Για περιπτώσεις με σταθερή διεύθυνση IPv6, ο κόμβος δικτύου εκτελεί συμβατική δρομολόγηση της κυκλοφορίας μεταξύ αυτοεξυπηρέτησης και εξωτερικών δικτύων.

Η εικονική μηχανή βρίσκεται στον κόμβο υπολογισμού και χρησιμοποιεί το δίκτυο αυτοεξυπηρέτησης όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.8. Το παράδειγμα στέλνει ένα πακέτο σε έναν κεντρικό υπολογιστή στο διαδίκτυο.





Εικόνα 28: Σενάριο Βορρά-Νότου 1: Εικονική μηχανή με σταθερή διεύθυνση IPv4

Τα ακόλουθα βήματα περιλαμβάνουν τον κόμβο υπολογισμού (Compute Node) της Εικόνας 3.8:

1. Η διεπαφή της εικονικής μηχανής (1) προωθεί το πακέτο στη θύρα της γέφυρας ομάδας ασφαλείας της εικονικής μηχανής (2) μέσω του ζεύγους εικονικών διεπαφών ethernet (veth) 1 και 2.
2. Οι κανόνες ομάδας ασφαλείας (3) στη γέφυρα ομάδας ασφαλείας χειρίζονται το τείχος προστασίας και την παρακολούθηση σύνδεσης για το πακέτο.

3. Η ομάδα ασφαλείας της γέφυρας θύρας OVS (4) προωθεί το πακέτο στη θύρα ομάδας ασφαλείας της γέφυρας ενσωμάτωσης OVS (5) μέσω του ζεύγους veth 4 και 5.
4. Η γέφυρα ενοποίησης OVS προσθέτει μια εσωτερική ετικέτα VLAN στο πακέτο. Η γέφυρα ενσωμάτωσης OVS ανταλλάσσει την εσωτερική ετικέτα VLAN με ένα εσωτερικό αναγνωριστικό σήραγγας.
5. Η θύρα ενημερωμένης έκδοσης κώδικα γέφυρας OVS (6) προωθεί το πακέτο στη θύρα ενημέρωσης κώδικα γέφυρας σήραγγας OVS (7).
6. Η γέφυρα σήραγγας OVS (8) τυλίγει το πακέτο χρησιμοποιώντας το VNI 101.
7. Η υποκείμενη φυσική διεπαφή (9) για δίκτυα επικάλυψης προωθεί το πακέτο στον κόμβο δικτύου μέσω του δικτύου επικάλυψης (10).

Τα ακόλουθα βήματα περιλαμβάνουν τον κόμβο δικτύου της Εικόνας 3.8:

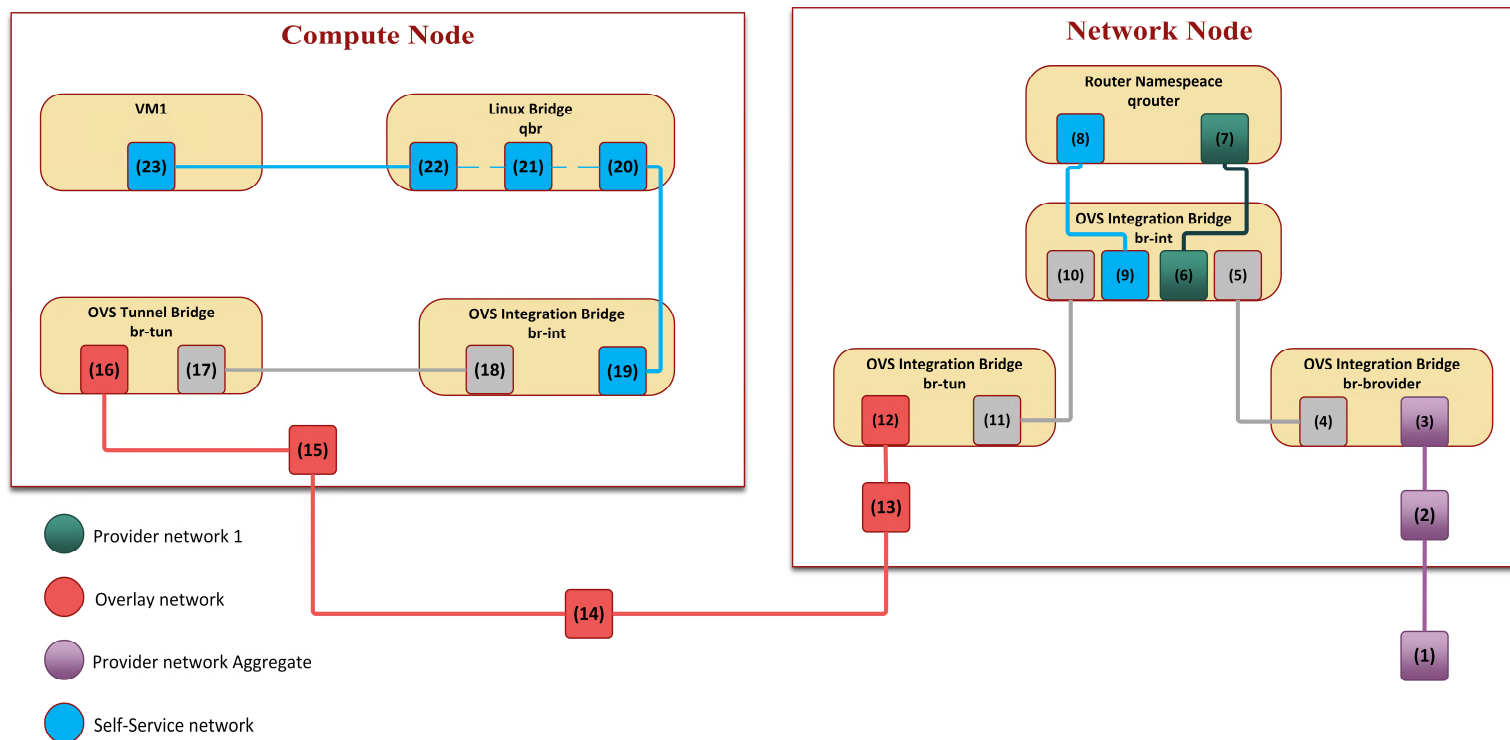
1. Η υποκείμενη φυσική διεπαφή (11) για δίκτυα επικάλυψης προωθεί το πακέτο στη γέφυρα σήραγγας OVS (12).
2. Η γέφυρα σήραγγας OVS ξετυλίγει το πακέτο και προσθέτει ένα εσωτερικό αναγνωριστικό σήραγγας σε αυτό.
3. Η γέφυρα σήραγγας OVS ανταλλάσσει το αναγνωριστικό εσωτερικής σήραγγας με μια εσωτερική ετικέτα VLAN.
4. Η θύρα ενημερωμένης έκδοσης κώδικα γέφυρας σήραγγας OVS (13) προωθεί το πακέτο στη θύρα ενημέρωσης κώδικα γέφυρας ενσωμάτωσης OVS (14).
5. Η θύρα γέφυρας ενοποίησης OVS για το δίκτυο αυτοεξυπηρέτησης (15) αφαιρεί την εσωτερική ετικέτα VLAN και προωθεί το πακέτο στη διεπαφή δικτύου αυτοεξυπηρέτησης (16) στο χώρο ονομάτων του δρομολογητή.
  - 5.1. Για το IPv4, ο δρομολογητής εκτελεί SNAT στο πακέτο που αλλάζει τη διεύθυνση IP προέλευσης στη διεύθυνση IP του δρομολογητή στο δίκτυο παρόχου και τη στέλνει στη διεύθυνση IP της πύλης στο δίκτυο παρόχου μέσω της διεπαφής πύλης στο δίκτυο παρόχου (17).
  - 5.2. Για το IPv6, ο δρομολογητής στέλνει το πακέτο στη διεύθυνση IP επόμενου βήματος, συνήθως τη διεύθυνση IP της πύλης στο δίκτυο παρόχου, μέσω της διεπαφής πύλης παρόχου (17).
6. Ο δρομολογητής προωθεί το πακέτο στη θύρα γέφυρας ενοποίησης OVS για το δίκτυο παρόχου (18).
7. Η γέφυρα ενοποίησης OVS προσθέτει την εσωτερική ετικέτα VLAN στο πακέτο.

8. Η θύρα ενημερωμένης έκδοσης κώδικα γέφυρας ενσωμάτωσης OVS int-br-provider (19) προωθεί το πακέτο στη θύρα ενημερωμένης έκδοσης κώδικα παρόχου OVS physnet1 (20).
9. Η γέφυρα παροχής OVS ανταλλάσσει την εσωτερική ετικέτα VLAN με την πραγματική ετικέτα VLAN 101.
10. Η θύρα δικτύου παρόχου γέφυρας παροχής OVS (21) προωθεί το πακέτο στη φυσική διεπαφή δικτύου (22).
11. Η διεπαφή φυσικού δικτύου προωθεί το πακέτο στο Διαδίκτυο μέσω φυσικής υποδομής δικτύου (23).

#### Σενάριο Βορρά-Νότου 2: Εικονική μηχανή με κινητή διεύθυνση IPv4:

Για εικονικές μηχανές με μια κινητή διεύθυνση IPv4, ο κόμβος δικτύου εκτελεί SNAT σε κίνηση βορρά-νότου που περνά από την εικονική μηχανή σε εξωτερικά δίκτυα όπως το διαδίκτυο και το DNAT σε κίνηση βορρά-νότου που περνά από εξωτερικά δίκτυα στην εικονική μηχανή. Οι κυμαινόμενες διευθύνσεις IP και το NAT δεν ισχύουν για το IPv6. Έτσι, ο κόμβος δικτύου δρομολογεί την κίνηση IPv6 σε αυτό το σενάριο.

Η εικονική μηχανή βρίσκεται στον κόμβο υπολογισμού και χρησιμοποιεί το δίκτυο αυτοεξυπηρέτησης όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.9. Ένας κεντρικός υπολογιστής στο διαδίκτυο στέλνει ένα πακέτο στην εικονική μηχανή.



Εικόνα 29: Σενάριο Βορρά-Νότου 2: Εικονική μηχανή με κινητή διεύθυνση IPv4

Τα ακόλουθα βήματα περιλαμβάνουν τον κόμβο δικτύου της Εικόνας 3.9:

1. Η φυσική υποδομή δικτύου (1) προωθεί το πακέτο στη διεπαφή φυσικού δικτύου του παρόχου (2).
2. Η φυσική διεπαφή δικτύου παρόχου προωθεί το πακέτο στη θύρα δικτύου παρόχου της γέφυρας παρόχου OVS (3).
3. Η γέφυρα παροχής OVS ανταλλάσσει την πραγματική ετικέτα VLAN 101 με την εσωτερική ετικέτα VLAN.

4. Η θύρα παροχής physnet1 γέφυρα OVS (4) προωθεί το πακέτο στη θύρα ενσωμάτωσης της γέφυρας OVS int-br-provider (5).
5. Η θύρα γέφυρας ενοποίησης OVS για το δίκτυο παρόχου (6) αφαιρεί την εσωτερική ετικέτα VLAN και προωθεί το πακέτο στη διεπαφή δικτύου παρόχου (6) στο χώρο ονομάτων του δρομολογητή.
  - 5.1. Για IPv4, ο δρομολογητής εκτελεί DNAT στο πακέτο που αλλάζει τη διεύθυνση IP προορισμού στη διεύθυνση IP εικονικής μηχανής στο δίκτυο αυτοεξυπηρέτησης και τη στέλνει στη διεύθυνση IP της πύλης στο δίκτυο αυτοεξυπηρέτησης μέσω της διεπαφής αυτοεξυπηρέτησης (7).
  - 5.2. Για IPv6, ο δρομολογητής στέλνει το πακέτο στη διεύθυνση IP επόμενου βήματος, συνήθως στη διεύθυνση IP της πύλης στο δίκτυο αυτοεξυπηρέτησης, μέσω της διεπαφής αυτοεξυπηρέτησης (8).
6. Ο δρομολογητής προωθεί το πακέτο στη θύρα γέφυρας ενοποίησης OVS για το δίκτυο αυτοεξυπηρέτησης (9).
7. Η γέφυρα ενοποίησης OVS προσθέτει μια εσωτερική ετικέτα VLAN στο πακέτο.
8. Η γέφυρα ενσωμάτωσης OVS ανταλλάσσει την εσωτερική ετικέτα VLAN με ένα εσωτερικό αναγνωριστικό σήραγγας.
9. Η ενσωμάτωση της γέφυρας OVS patch-tun θύρα patch (10) προωθεί το πακέτο στη θύρα ενημέρωσης κώδικα ενημερωμένης έκδοσης κώδικα γέφυρας σήραγγας OVS (11).
10. Η γέφυρα σήραγγας OVS (12) τυλίγει το πακέτο χρησιμοποιώντας το VNI 101.
11. Η υποκείμενη φυσική διεπαφή (13) για δίκτυα επικάλυψης προωθεί το πακέτο στον κόμβο δικτύου μέσω του δικτύου επικάλυψης (14).

Τα ακόλουθα βήματα περιλαμβάνουν τον κόμβο υπολογισμού της Εικόνας 3.9:

1. Η υποκείμενη φυσική διεπαφή (15) για δίκτυα επικάλυψης προωθεί το πακέτο στη γέφυρα σήραγγας OVS (16).
2. Η γέφυρα σήραγγας OVS ξετυλίγει το πακέτο και προσθέτει ένα εσωτερικό αναγνωριστικό σήραγγας σε αυτό.
3. Η γέφυρα σήραγγας OVS ανταλλάσσει το αναγνωριστικό εσωτερικής σήραγγας με μια εσωτερική ετικέτα VLAN.
4. Η θύρα ενημερωμένης έκδοσης κώδικα της γέφυρας σήραγγας OVS patch-int (17) προωθεί το πακέτο στη θύρα ενημερωμένης έκδοσης κώδικα γέφυρας OVS patch-tun (18).
5. Η γέφυρα ενοποίησης OVS αφαιρεί την εσωτερική ετικέτα VLAN από το πακέτο.
6. Η θύρα ομάδας ασφαλείας της γέφυρας ενσωμάτωσης OVS (19) προωθεί το πακέτο στη θύρα OVS της γέφυρας ομάδας ασφαλείας (20) μέσω του ζεύγους veth 19 και 20.
7. Οι κανόνες ομάδας ασφαλείας (21) στη γέφυρα ομάδας ασφαλείας χειρίζονται το τείχος προστασίας και την παρακολούθηση σύνδεσης για το πακέτο.

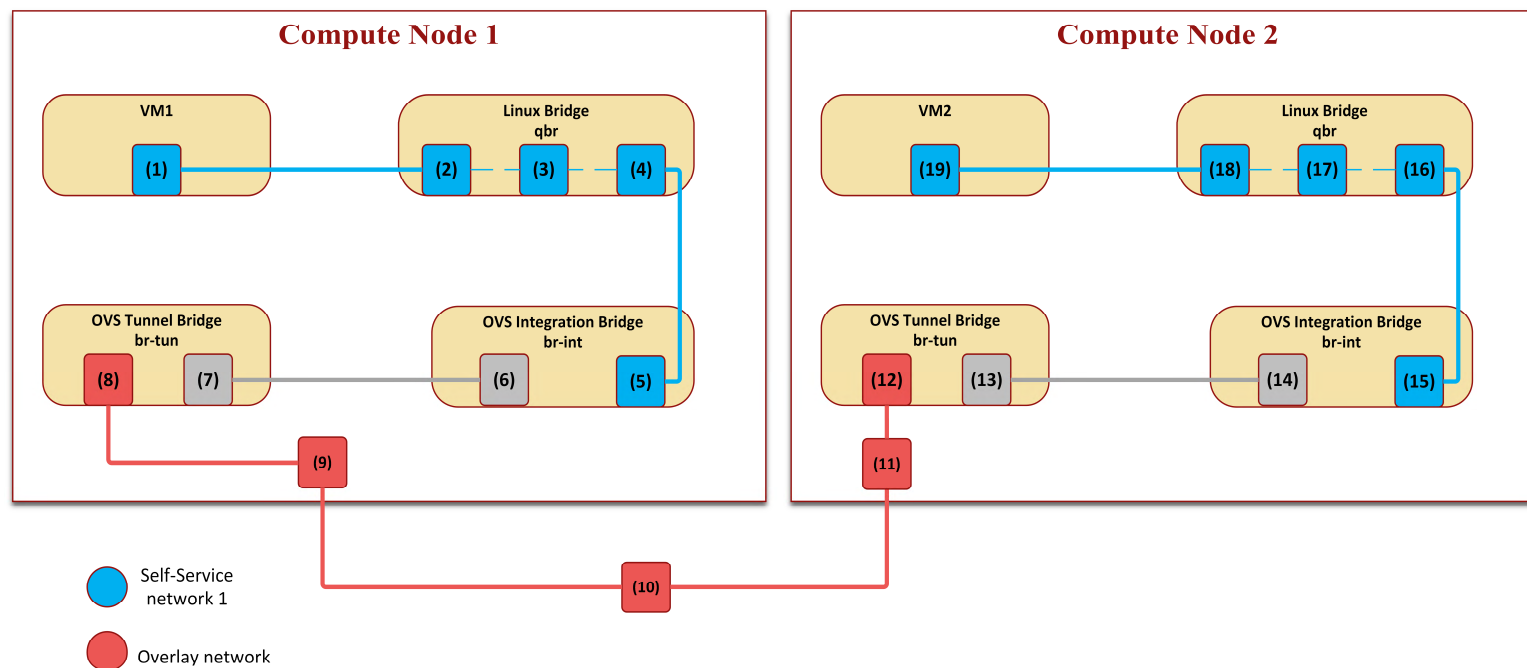
8. Η θύρα εικονικής μηχανής γέφυρας ομάδας ασφαλείας (22) προωθεί το πακέτο στη διεπαφή της εικονικής μηχανής (23) μέσω του ζεύγους veth 22 και 23.

#### Σενάριο ανατολής-δύσης 1: Εικονικές μηχανές στο ίδιο δίκτυο:

Οι εικονικές μηχανές με σταθερή διεύθυνση IPv4/IPv6 ή κινητή διεύθυνση IPv4 στο ίδιο δίκτυο επικοινωνούν απευθείας μεταξύ των υπολογιστικών κόμβων που περιέχουν αυτές τις εικονικές μηχανές.

Από προεπιλογή, το πρωτόκολλο VXLAN στερείται τη γνώση της θέσης στόχου και χρησιμοποιεί πολυεκπομπή (multicast) για να το ανακαλύψει. Μετά την ανακάλυψη, αποθηκεύει την τοποθεσία στην τοπική βάση δεδομένων προώθησης. Σε μεγάλες αναπτύξεις, η διαδικασία ανακάλυψης μπορεί να δημιουργήσει σημαντικό όγκο δικτύου που πρέπει να επεξεργαστούν όλοι οι κόμβοι. Για να εξαλειφθεί το τελευταίο και γενικά να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα, η υπηρεσία δικτύωσης περιλαμβάνει το πρόγραμμα οδήγησης μηχανισμού πληθυσμού επιπέδου 2 που συμπληρώνει αυτόματα τη βάση δεδομένων προώθησης για διασυνδέσεις VXLAN. Το παράδειγμα διαμόρφωσης ενεργοποιεί αυτό το πρόγραμμα οδήγησης.

Η εικονική μηχανή 1 βρίσκεται στον κόμβο υπολογισμού 1 και χρησιμοποιεί το δίκτυο αυτοεξυπηρέτησης όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.10. Η εικονική μηχανή 2 βρίσκεται στον κόμβο υπολογισμού 2 και χρησιμοποιεί το δίκτυο αυτοεξυπηρέτησης. Η εικονική μηχανή 1 στέλνει ένα πακέτο στην εικονική μηχανή 2.



Εικόνα 30: Σενάριο ανατολής-δύσης 1: Εικονικές μηχανές στο ίδιο δίκτυο

Τα ακόλουθα βήματα περιλαμβάνουν τον κόμβο υπολογισμού 1 της Εικόνας 3.10:

1. Η διεπαφή εικονικής μηχανής 1 (1) προωθεί το πακέτο στη θύρα εικονικής μηχανής της γέφυρας ομάδας ασφαλείας (2) μέσω του ζεύγους veth 1 και 2.
2. Οι κανόνες ομάδας ασφαλείας (3) στη γέφυρα ομάδας ασφαλείας χειρίζονται το τείχος προστασίας και την παρακολούθηση σύνδεσης για το πακέτο.
3. Η ομάδα ασφαλείας γέφυρα θύρα OVS (4) προωθεί το πακέτο στη θύρα ομάδας ασφαλείας της γέφυρας ενσωμάτωσης OVS (5) μέσω του ζεύγους veth 4 και 5.

4. Η γέφυρα ενοποίησης OVS προσθέτει μια εσωτερική ετικέτα VLAN στο πακέτο.
5. Η γέφυρα ενσωμάτωσης OVS ανταλλάσσει την εσωτερική ετικέτα VLAN με ένα εσωτερικό αναγνωριστικό σήραγγας.
6. Η θύρα ενημερωμένης έκδοσης κώδικα γέφυρας OVS (6) προωθεί το πακέτο στη θύρα ενημέρωσης κώδικα γέφυρας σήραγγας OVS (7).
7. Η γέφυρα σήραγγας OVS (8) τυλίγει το πακέτο χρησιμοποιώντας το VNI 101.
8. Η υποκείμενη φυσική διεπαφή (9) για δίκτυα επικάλυψης προωθεί το πακέτο στον υπολογιστικό κόμβο 2 μέσω του δικτύου επικάλυψης (10).

Τα ακόλουθα βήματα περιλαμβάνουν τον υπολογισμό του κόμβου 2 της Εικόνας 3.10:

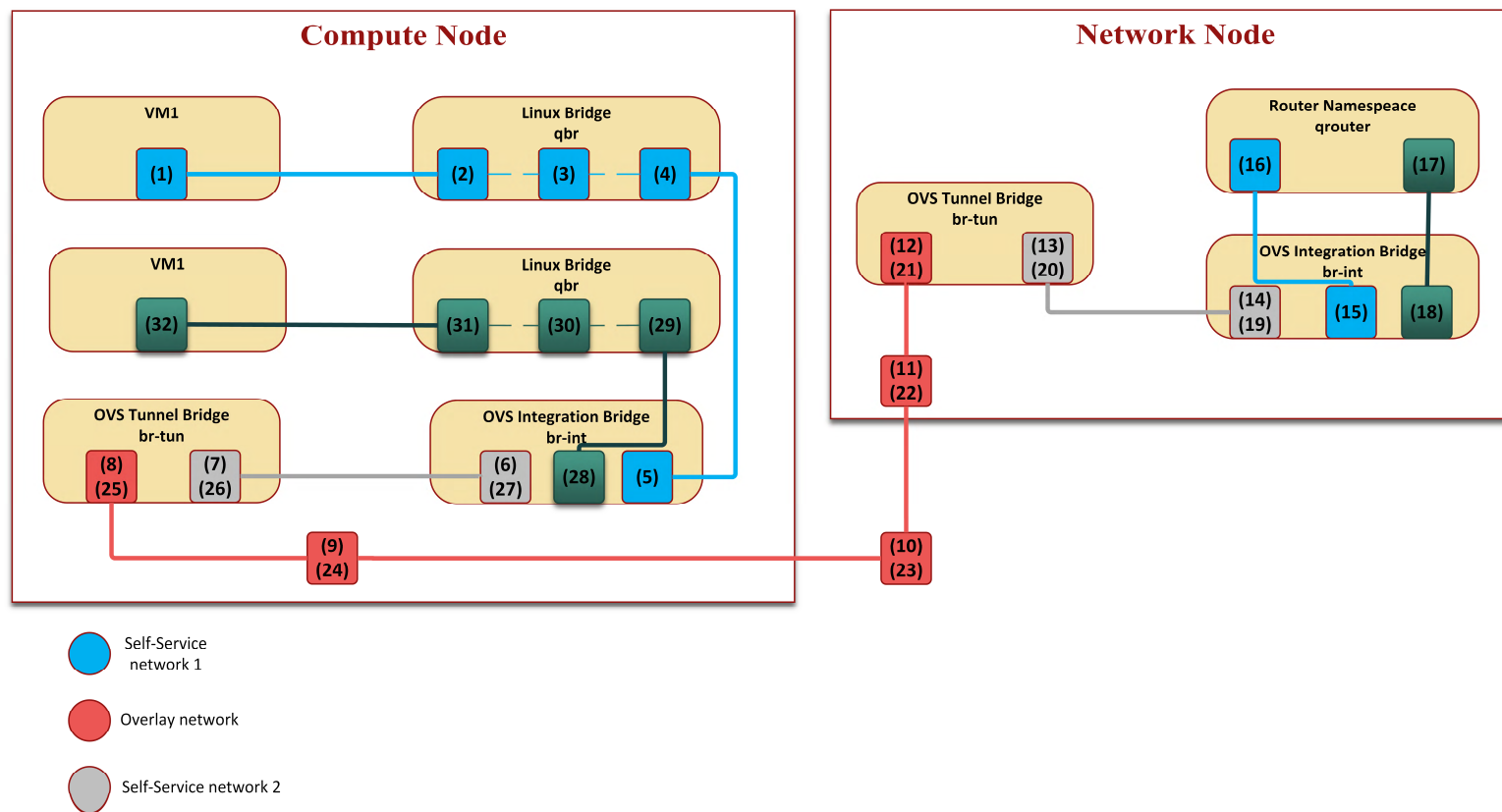
1. Η υποκείμενη φυσική διεπαφή (11) για δίκτυα επικάλυψης προωθεί το πακέτο στη γέφυρα σήραγγας OVS (12).
2. Η γέφυρα σήραγγας OVS ξετυλίγει το πακέτο και προσθέτει ένα εσωτερικό αναγνωριστικό σήραγγας σε αυτό.
3. Η γέφυρα σήραγγας OVS ανταλλάσσει το αναγνωριστικό εσωτερικής σήραγγας με μια εσωτερική ετικέτα VLAN.
4. Η θύρα ενημερωμένης έκδοσης κώδικα της γέφυρας σήραγγας OVS patch-int (13) προωθεί το πακέτο στη θύρα ενημερωμένης έκδοσης κώδικα γέφυρας OVS patch-tun (14).
5. Η γέφυρα ενοποίησης OVS αφαιρεί την εσωτερική ετικέτα VLAN από το πακέτο.
6. Η θύρα ομάδας ασφαλείας της γέφυρας ενσωμάτωσης OVS (15) προωθεί το πακέτο στη θύρα OVS της γέφυρας ομάδας ασφαλείας (16) μέσω του ζεύγους veth 15 και 16.
7. Οι κανόνες ομάδας ασφαλείας (17) στη γέφυρα ομάδας ασφαλείας χειρίζονται το τείχος προστασίας και την παρακολούθηση σύνδεσης για το πακέτο.
8. Η θύρα εικονικής μηχανής γέφυρας ομάδας ασφαλείας (18) προωθεί το πακέτο στη διεπαφή της εικονικής μηχανής 2 (19) μέσω του ζεύγους veth 18 και 19.

#### Σενάριο ανατολής-δύσης 2: Εικονικές μηχανές σε διαφορετικά δίκτυα:

Οι περιπτώσεις που χρησιμοποιούν μία σταθερή διεύθυνση IPv4/IPv6 ή μία κινητή διεύθυνση IPv4 επικοινωνούν μέσω δρομολογητή στον κόμβο δικτύου. Τα δίκτυα αυτοεξυπηρέτησης πρέπει να βρίσκονται στον ίδιο δρομολογητή.

Η εικονική μηχανή 1 βρίσκεται στον κόμβο υπολογισμού 1 και χρησιμοποιεί το δίκτυο αυτοεξυπηρέτησης 1 όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.11. Η εικονική μηχανή 2 βρίσκεται στον κόμβο υπολογισμού 1 και χρησιμοποιεί το δίκτυο αυτοεξυπηρέτησης 2. Η εικονική μηχανή 1 στέλνει ένα πακέτο στην εικονική μηχανή 2.





Εικόνα 31: Σενάριο ανατολής-δύσης 2: Εικονικές μηχανές σε διαφορετικά δίκτυα

τα ακόλουθα βήματα περιλαμβάνουν τον κόμβο υπολογισμού της Εικόνας 3.11:

1. Η διεπαφή εικονικής μηχανής (1) προωθεί το πακέτο στη θύρα εικονικής μηχανής της γέφυρας ομάδας ασφαλείας (2) μέσω του ζεύγους veth 1 και 2.
2. Οι κανόνες ομάδας ασφαλείας (3) στη γέφυρα ομάδας ασφαλείας χειρίζονται το τείχος προστασίας και την παρακολούθηση σύνδεσης για το πακέτο.

3. Η θύρα OVS της γέφυρας ομάδας ασφαλείας (4) προωθεί το πακέτο στη θύρα OVS της γέφυρας ομάδας ασφαλείας της ενσωμάτωσης OVS (5) μέσω ζεύγους veth 4 και 5.
4. Η γέφυρα ενοποίησης OVS προσθέτει μία εσωτερική ετικέτα VLAN στο πακέτο.
5. Η γέφυρα ενσωμάτωσης OVS ανταλλάσσει την εσωτερική ετικέτα VLAN με ένα εσωτερικό αναγνωριστικό σήραγγας.
6. Η ενσωμάτωση της γέφυρας OVS patch-tun θύρα patch (6) προωθεί το πακέτο στη θύρα ενημερωμένης έκδοσης κώδικα γέφυρας σήραγγας OVS patch-int (7).
7. Η γέφυρα σήραγγας OVS (8) τυλίγει το πακέτο χρησιμοποιώντας VNI 101.
8. Η υποκείμενη φυσική διεπαφή (9) για δίκτυα επικάλυψης προωθεί το πακέτο στον κόμβο δικτύου μέσω του δικτύου επικάλυψης (10).

Τα ακόλουθα βήματα περιλαμβάνουν τον κόμβο δικτύου της Εικόνας 3.11:

1. Η υποκείμενη φυσική διεπαφή (11) για δίκτυα επικάλυψης προωθεί το πακέτο στη γέφυρα σήραγγας OVS (12).
2. Η γέφυρα σήραγγας OVS ξετυλίγει το πακέτο και προσθέτει ένα εσωτερικό αναγνωριστικό σήραγγας σε αυτό.
3. Η γέφυρα σήραγγας OVS ανταλλάσσει το αναγνωριστικό εσωτερικής σήραγγας με μία εσωτερική ετικέτα VLAN.
4. Η θύρα patch-int patch της γέφυρας σήραγγας OVS (13) προωθεί το πακέτο στη θύρα patch-tun patch της γέφυρας ενοποίησης OVS (14).
5. Η θύρα γέφυρας ενοποίησης OVS για το δίκτυο αυτοεξυπηρέτησης 1 (15) αφαιρεί την εσωτερική ετικέτα VLAN και προωθεί το πακέτο στη διεπαφή δικτύου αυτοεξυπηρέτησης 1 (16) στο χώρο ονομάτων του δρομολογητή.
6. Ο δρομολογητής στέλνει το πακέτο στη διεύθυνση IP του επόμενου βήματος, συνήθως τη διεύθυνση IP της πύλης στο δίκτυο αυτοεξυπηρέτησης 2, μέσω της διεπαφής δικτύου αυτοεξυπηρέτησης 2 (17).
7. Ο δρομολογητής προωθεί το πακέτο στη θύρα γέφυρας ενοποίησης OVS για δίκτυο αυτοεξυπηρέτησης 2 (18).
8. Η γέφυρα ενοποίησης OVS προσθέτει την εσωτερική ετικέτα VLAN στο πακέτο.
9. Η γέφυρα ενσωμάτωσης OVS ανταλλάσσει την εσωτερική ετικέτα VLAN με ένα εσωτερικό αναγνωριστικό σήραγγας.
10. Η ενσωμάτωση της γέφυρας OVS patch-tun της θύρας patch (19) προωθεί το πακέτο στη θύρα ενημέρωσης κώδικα ενημερωμένης έκδοσης κώδικα σήραγγας OVS (20).
11. Η γέφυρα σήραγγας OVS (21) τυλίγει το πακέτο χρησιμοποιώντας το VNI 102.
12. Η υποκείμενη φυσική διεπαφή (22) για δίκτυα επικάλυψης προωθεί το πακέτο στον κόμβο υπολογισμού μέσω του δικτύου επικάλυψης (23).

Τα ακόλουθα βήματα περιλαμβάνουν τον κόμβο υπολογισμού της Εικόνας 3.11:

1. Η υποκείμενη φυσική διεπαφή (24) για δίκτυα επικάλυψης προωθεί το πακέτο στη γέφυρα σήραγγας OVS (25).
2. Η γέφυρα σήραγγας OVS ξετυλίγει το πακέτο και προσθέτει ένα εσωτερικό αναγνωριστικό σήραγγας σε αυτό.
3. Η γέφυρα σήραγγας OVS ανταλλάσσει το αναγνωριστικό εσωτερικής σήραγγας με μια εσωτερική ετικέτα VLAN.
4. Η θύρα ενημερωμένης έκδοσης κώδικα της γέφυρας σήραγγας OVS patch-int (26) προωθεί το πακέτο στη θύρα ενημερωμένης έκδοσης κώδικα γέφυρας OVS patch-tun (27).
5. Η γέφυρα ενοποίησης OVS αφαιρεί την εσωτερική ετικέτα VLAN από το πακέτο.
6. Η θύρα ομάδας ασφαλείας της γέφυρας ενσωμάτωσης OVS (28) προωθεί το πακέτο στη θύρα OVS της γέφυρας ομάδας ασφαλείας (29) μέσω του ζεύγους veth 28 και 29.
7. Οι κανόνες ομάδας ασφαλείας (30) στη γέφυρα ομάδας ασφαλείας χειρίζονται το τείχος προστασίας και την παρακολούθηση σύνδεσης για το πακέτο.
8. Η θύρα εικονικής μηχανής γέφυρας ομάδας ασφαλείας (31) προωθεί το πακέτο στη διεπαφή της εικονικής μηχανής (32) μέσω του ζεύγους veth 31 και 32.

### 3.7 Επιλεγμένα δομοστοιχεία OpenStack

Για την υλοποίηση της υποδομής ως υπηρεσία θα γίνει χρήση διαφόρων τεχνολογιών και εργαλείων. Στην ενότητα αυτή θα αναλυθούν τα εργαλεία και οι τεχνολογίες αυτές. Αναλυτικά, οι εκδόσεις των δομοστοιχείων της πλατφόρμας IaaS OpenStack παρουσιάζεται στον πίνακα Παρ.Ι.6 που βρίσκεται στο Παράρτημα Ι. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, καταλήγω στα εξής.

#### 3.7.1 Keystone

Η υπηρεσία Keystone παρέχει διαχείριση ταυτότητας και πρόσβασης για όλα τα στοιχεία του OpenStack. Πρόκειται ουσιαστικά για έναν κεντρικό κατάλογο όλων των χρηστών του νέφους, ο οποίος αντιστοιχίζεται με όλες τις υπηρεσίες που παρέχονται από το νέφος και τις οποίες έχουν δικαίωμα χρήσης. Παρέχει πολλαπλά μέσα πρόσβασης, πράγμα που σημαίνει ότι οι προγραμματιστές μπορούν εύκολα να αντιστοιχίσουν τις υπάρχουσες μεθόδους πρόσβασης των χρηστών τους έναντι του Keystone. Οι υπηρεσίες πολιτικής επιτρέπουν τη δημιουργία λεπτομερούς ελέγχου των ενεργειών που επιτρέπονται από έναν χρήστη για μια συγκεκριμένη υπηρεσία.

#### 3.7.2 Skyline

Το Skyline παρέχει ένα ταμπλό για τη διεπαφή του χρήστη στο OpenStack. Επιτρέπει τη διαχείριση του ατομικού λογαριασμού κάθε χρήστη και επομένως τον τρόπο με τον οποίο θα γίνει η διαχείριση πόρων. Μέσα από αυτήν την υπηρεσία ο χρήστης είναι σε θέση να ελέγξει και να διαχειριστεί όλες τις

υπόλοιπες υπηρεσίες που έχουν εγκατασταθεί και προσφέρονται σε αυτόν αρκεί να έχει και τα ανάλογα δικαιώματα. Διαθέτει μια σύγχρονη τεχνολογική στοίβα, και είναι ευκολότερο για τους προγραμματιστές να το συντηρούν και επιπλέον έχει υψηλότερες επιδόσεις ταυτόχρονης λειτουργίας.

### **3.7.3 Nova**

Το εργαλείο Nova είναι υπεύθυνο για τις υπηρεσίες υπολογισμού και τη διαχείριση των εικονικών μηχανών. Προσφέρει ελαστική κλιμάκωση των υπολογιστικών πόρων, δίνοντας τη δυνατότητα για δημιουργία και διαχείριση εικονικών μηχανών σύμφωνα με τις ανάγκες της εφαρμογής.

### **3.7.4 Glance**

Το εργαλείο Glance παρέχει υπηρεσίες εικόνας στο OpenStack. Σε αυτή την περίπτωση, οι "εικόνες" αναφέρονται σε εικονικά αντίγραφα σκληρών δίσκων. Το Glance επιτρέπει τη χρήση αυτών των εικόνων ως προτύπων κατά την ανάπτυξη νέων εικονικών μηχανών.

### **3.7.5 Neutron**

Η υπηρεσία Neutron είναι υπεύθυνη για τη διαχείριση του δικτύου ως υπηρεσία. Παρέχει λειτουργίες δημιουργίας και διαχείρισης δικτύων, συμπεριλαμβανομένων των εικονικών δικτύων και των διαφόρων μορφών δικτύων συνδεσμολογίας. Το Neutron επιτρέπει τη δημιουργία διαφόρων τοπολογιών δικτύου, διασφαλίζοντας την ευελιξία και την ασφάλεια των δικτύων στο OpenStack.

### **3.7.6 Zun**

Η υπηρεσία Zun παρέχει διαχείριση περιέκτη που υποστηρίζονται από διαφορετικές τεχνολογίες περιέκτη. Επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν και να διαχειρίζονται εφαρμογές που εκτελούνται σε περιβάλλοντα ελαφριάς εικονικοποίησης. Στους χρήστες παρέχονται απλοποιημένα API για τη διαχείριση των περιεκτών χωρίς να χρειάζεται να εξερευνήσουν την πολυπλοκότητα των διαφόρων τεχνολογιών περιέκτη.

### **3.7.7 Kuryr**

Το Kuryr είναι μια υπηρεσία που διευκολύνει την ολοκλήρωση των δικτύων του Docker με την υπηρεσία Neutron. Επίσης, επιτρέπει τη διαχείριση και την συνεργασία των δικτύων Docker με την υποδομή δικτύου του OpenStack.

### **3.7.8 Heat**

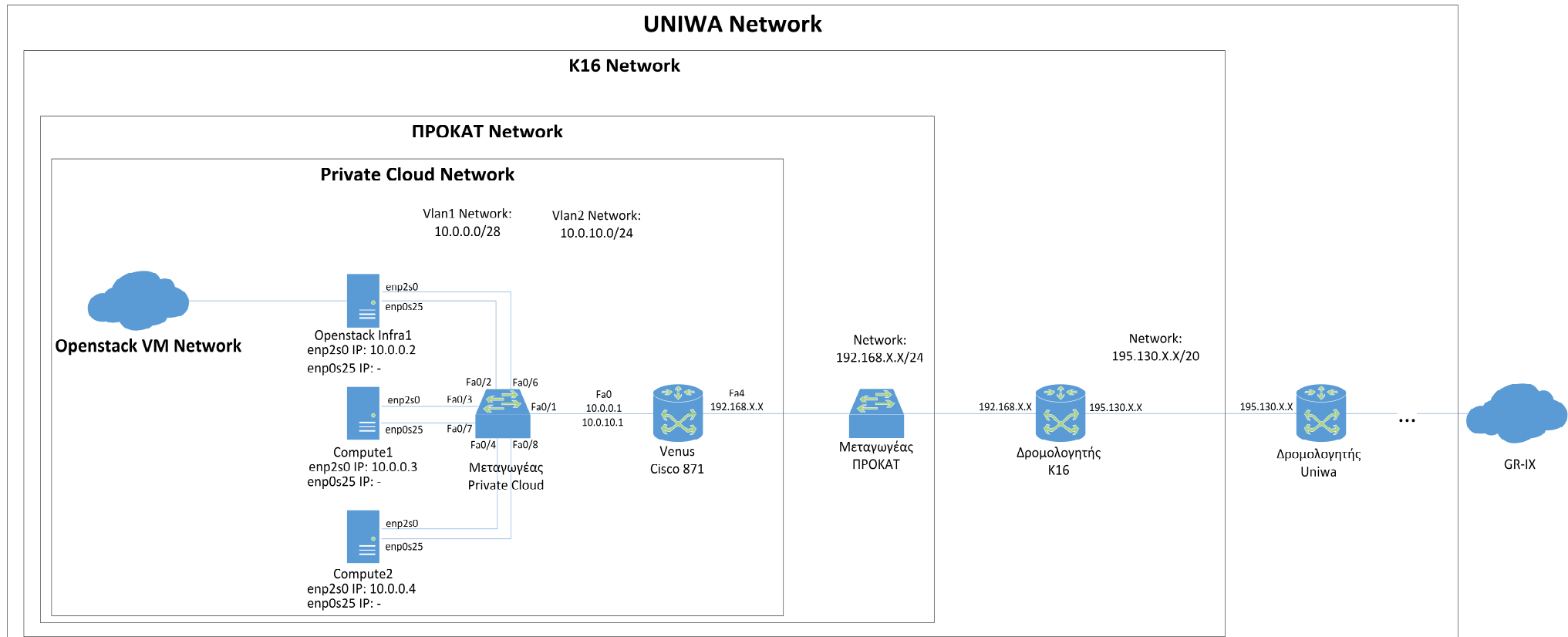
Το Heat είναι μια υπηρεσία ορχηστρώσεων που επιτρέπει τη δημιουργία και τη διαχείριση συνόλων υπηρεσιών του OpenStack ως εφαρμογές. Χρησιμοποιεί πρότυπα ορισμού για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας εγκατάστασης και ρύθμισης υπηρεσιών του OpenStack.

### **3.8 Εγκατάσταση και παραμετροποίηση του δικτύου**

Σε αυτήν την υπό ενότητα, θα εξεταστεί η φυσική υλοποίηση των δικτυακών συνδέσεων μέσω δύο βασικών συσκευών: του δρομολογητή και του μεταγωγέα. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, θα παρουσιαστεί τόσο η υλοποίηση των φυσικών συσκευών όσο και ο αντίστοιχος κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για την εγκατάσταση και την παραμετροποίησή τους.

#### **3.8.1 Εγκατάσταση και παραμετροποίηση του δρομολογητή**

Ο δρομολογητής αποτελεί τον πυρήνα του δικτύου της υποδομής, διευθύνοντας την κίνηση των δεδομένων ανάμεσα στις διάφορες υπηρεσίες και συσκευές. Η φυσική συσκευή του δρομολογητή είναι η Cisco 871, η οποία έχει τροποποιηθεί ώστε να παρέχει ένα ιδιωτικό δίκτυο στους εξυπηρετητές αλλά και στους πελάτες της υποδομής. Παρακάτω στην Εικόνα 3.12 μπορεί να παρατηρηθεί η συνδεσμολογία ολόκληρης της υποδομής, συμπεριλαμβανομένου και του δρομολογητή με το όνομα “Venus Cisco 871”, αναφέροντας συνοπτικά πληροφορίες όπως τα ονόματα κάθε συσκευής, το δίκτυο στο οποίο βρίσκονται, τις επαφές τους, αλλά και τις IP των συσκευών.



Εικόνα 32: Συνδεσμολογία φυσικής υποδομής νέφους

Στην συνέχεια, όσον αφορά τον κώδικα του δρομολογητή έχουν γίνει αλλαγές ώστε να μπορεί να περιοριστεί η κίνηση από μη εξουσιοδοτημένα δίκτυα. Επίσης, έχουν προστεθεί μέθοδοι ασφάλειας όπως είναι η κρυπτογράφηση του κωδικού, λίστες κανόνων προστασίας, ρυθμίσεις δρομολόγησης πακέτων και ρύθμιση του πρωτοκόλλου NAT. Ο κώδικας του δρομολογητή φαίνεται παρακάτω στο Παράρτημα I στον πίνακα Παρ.Ι.5.

### **3.8.2 Εγκατάσταση και παραμετροποίηση του μεταγωγέα**

Ο μεταγωγέας αποτελεί το κομμάτι που επιτρέπει τη σύνδεση των συσκευών μεταξύ τους, διευκολύνοντας τη μετάδοση δεδομένων στο εσωτερικό του δικτύου. Για τη φυσική υλοποίηση, έχει χρησιμοποιηθεί ο μεταγωγέας catalyst 2950. Στην Εικόνα 3.12 μπορεί να παρατηρηθεί ο μεταγωγέας με το όνομα “Μεταγωγέας Private Cloud”.

Στην συνέχεια, όσον αφορά τον κώδικα του μεταγωγέα έχουν γίνει αλλαγές ώστε οι συνδεδεμένοι εξυπηρετητές να βρίσκονται στο ίδιο εικονικό δίκτυο με το οποίο και επικοινωνούν. Ο κώδικας του μεταγωγέα φαίνεται παρακάτω στο Παράρτημα I στον πίνακα Παρ.Ι.6.

### **3.9 Εγκατάσταση και παραμετροποίηση των εξυπηρετητών**

Το επόμενο βήμα μετά της υλοποίησης της φυσικής υποδομής δικτύου, είναι η τοποθέτηση και η παραμετροποίηση των εξυπηρετητών όπου θα φιλοξενήσουν την πλατφόρμα του OpenStack και του υπερεπόπτη KVM.

Για την υλοποίηση έχουν χρησιμοποιηθεί τρεις εξυπηρετητές όπου ο ένας θα χρησιμοποιηθεί ως η κύρια πλατφόρμα διαχείρισης του OpenStack, ενώ οι υπόλοιποι δύο θα λειτουργήσουν ως υπερεπόπτες παρέχοντας τους πόρους τους για το νέφος. Όλοι οι εξυπηρετητές που έχουν χρησιμοποιηθεί αποτελούνται από το μοντέλο Fujitsu Primergy RX100 S7p. Στον πίνακα 18 από το κεφάλαιο των παρατηρημάτων μπορούν να παρατηρηθούν συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των εξυπηρετητών.

Ξεκινώντας με την παραμετροποίηση των εξυπηρετητών, το λογισμικό το οποίο εγκαταστάθηκε σε κάθε server είναι το Centos 9 Stream όπου και είναι συμβατό και με την πλατφόρμα του OpenStack αλλά και με τους υπερεπόπτες. Επίσης, οι δίσκοι αποθήκευσης έχουν ρυθμιστεί σε RAID 1 για την εξασφάλιση και την προστασία των δεδομένων. Στην συνέχεια αξιοποιούνται δύο ethernet πόρτες κάθε server όπου είναι συνδεδεμένες με τον μεταγωγέα, η μία παίρνει IP εντός του εύρους δικτύου και χρησιμοποιείται για την επικοινωνία των εξυπηρετητών μεταξύ τους αλλά και με τον εξωτερικό κόσμο, ενώ η δεύτερη δε χρησιμοποιεί κάποια IP και χρησιμοποιείται για την επικοινωνία στο εσωτερικό του νέφους.

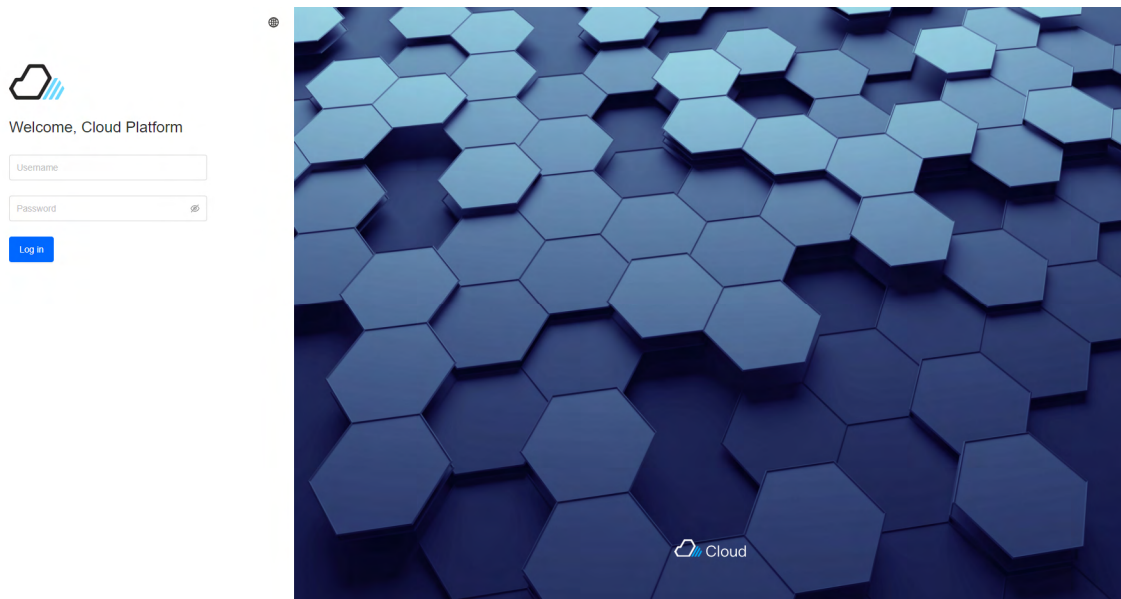
Τέλος, για την προετοιμασία των εξυπηρετητών πριν την εγκατάσταση της πλατφόρμας απαιτήθηκε η ενημέρωση του λογισμικού Linux, καθώς και η εγκατάσταση διάφορων πρόσθετων πακέτων. Τα πακέτα είναι τα εξής: “git”, “python3-devel”, “libffi-devel”, “gcc”, “openssl-devel” και “python3-libselenium”.

### 3.10 Εγκατάσταση και παραμετροποίηση του OpenStack

Για την εγκατάσταση της πλατφόρμας του OpenStack έχει χρησιμοποιηθεί το εργαλείο “Kolla Ansible”. Στόχος του εργαλείου Kolla είναι να παρέχει έτοιμους για παραγωγή περιέκτες και εργαλεία ανάπτυξης για τη λειτουργία νεφών OpenStack. Για την εγκατάσταση χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 2023.1 του OpenStack και λήφθηκε μέσω της σελίδας GitHub, όπου και μεταφέρθηκε σε μονοπάτι επιλογής του χρήστη στον κύριο εξυπηρετητή της πλατφόρμας. Έπειτα, τροποποιήθηκαν αρχεία ρυθμίσεων που αφορούσαν τα εργαλεία του OpenStack και τις ρυθμίσεις εγκατάστασής τους, τις IP των εξυπηρετητών καθώς και τα ονόματα των κεντρικών υπολογιστών, τα πρωτοκόλλα του δικτύου και τις ρυθμίσεις του υπερεπόπτη. Τα κύρια εργαλεία του OpenStack που εγκαταστάθηκαν είναι τα εξής: Nova, Neutron, Skyline, Heat, Keystone, Placement, Glance, Kuryg και Zun. Επιπροσθέτως, το κύριο πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε για τη δικτύωση και την ενσωμάτωση με το εργαλείο του Neutron είναι το Open vSwitch.

Μετά τη διαμόρφωση των απαραίτητων αρχείων, μπορεί να ξεκινήσει η εγκατάσταση μέσω αυτοματοποιημένων αρχείων του “Kolla Ansible” για το OpenStack στον κύριο εξυπηρετητή και παράλληλα η εγκατάσταση του υπερεπόπτη KVM στους υπόλοιπους. Με την ολοκλήρωση της εγκατάστασης, ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει την πλατφόρμα μέσω κάποιου φυλλομετρητή, εισάγοντας τη διεύθυνση IP και την ανάλογη πόρτα της υπηρεσίας. Παρακάτω στην Εικόνα 3.13 φαίνεται η κύρια σελίδα εισόδου για τους χρήστες και τους διαχειριστές.





Εικόνα 33: Σελίδα εισόδου χρήστη OpenStack

### 3.10.1 Διαμόρφωση των ρόλων και των δικαιωμάτων πρόσβασης

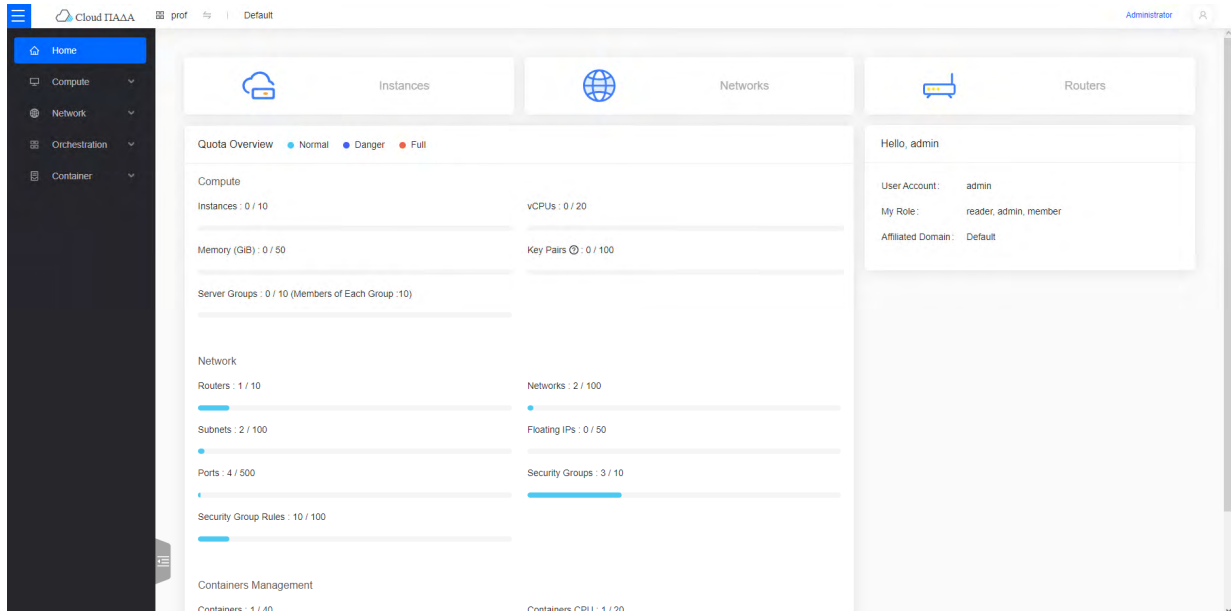
Η πλατφόρμα του OpenStack παρέχει στους διαχειριστές την πλήρη τροποποίηση του, είτε μέσω κώδικα είτε μέσω της γραφικής διεπαφής. Μετά την εγκατάσταση η πλατφόρμα βρίσκεται σε μία βασική μορφή όπου δε διαφοροποιούνται με κάποιον τρόπο οι απλοί χρήστες από τους διαχειριστές στη βασική καρτέλα. Αυτό σημαίνει ότι και οι δύο τύποι χρηστών έχουν σχεδόν τις ίδιες δυνατότητες από το σύστημα στην βασική μορφή του.

Ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιήθηκαν οι αλλαγές ήταν μέσω κανόνων RBAC και τροποποίησης κώδικα καθεμιάς από τις υπηρεσίες του OpenStack. Οι αλλαγές που έγιναν για τους απλούς χρήστες ήταν οι εξής:

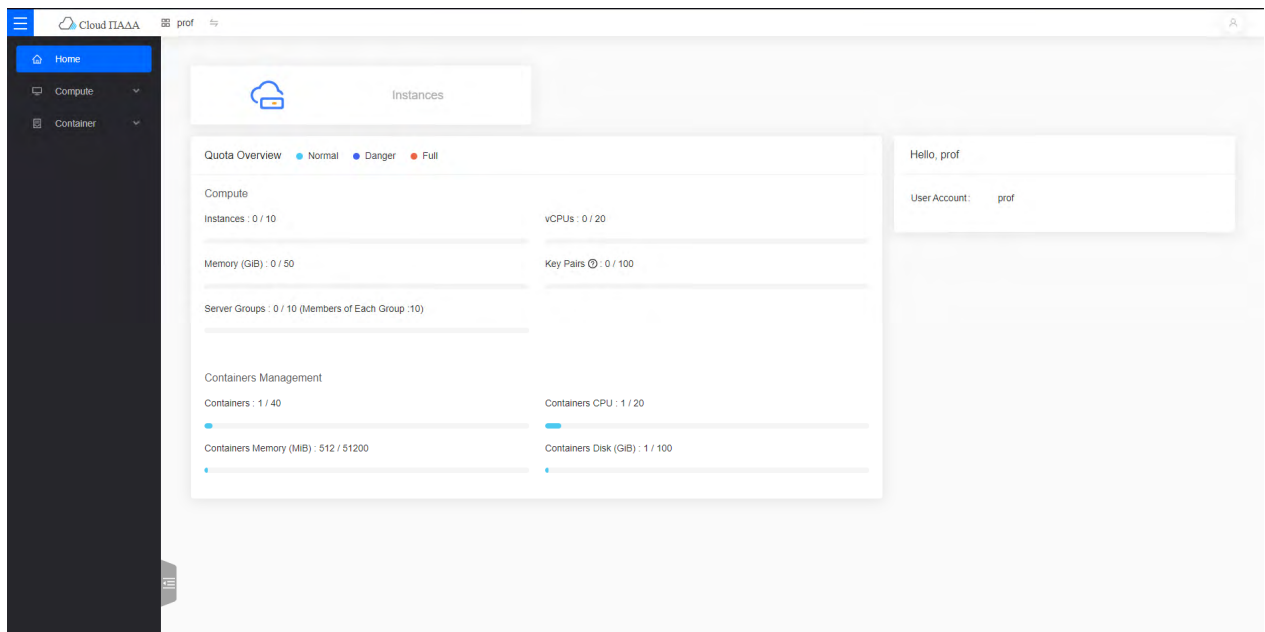
- Απόκρυψη δημιουργίας και διαχείρισης εικονικών δικτύων, δρομολογητών, κανόνων ασφαλείας και ενεργών πορτών.
- Απόκρυψη δημιουργίας και διαχείρισης εικόνων, στιγμιότυπων και πακέτων πόρων.
- Απόκρυψη δημιουργίας και διαχείρισης στοιβάς της λειτουργίας της ενορχήστρωσης.
- Απόκρυψη δημιουργίας και διαχείρισης κάψουλας της λειτουργίας των περιεκτών.
- Έγινε απόκρυψη ευαίσθητων πληροφοριών όπως είναι τα αναγνωριστικά των εικονικών μηχανών, των εικόνων, των δικτύων, των ομάδων ασφαλείας, των δρομολογητών και των περιεκτών, και ιδιωτικές IP των εικονικών μηχανών και περιεκτών.
- Απενεργοποίηση της λειτουργίας του κουπονιού και της ζήτησης του διαχειριστικού αρχείου “OpenRC” που περιέχει πληροφορίες σύνδεσης μέσω κονσόλας.
- Απενεργοποίηση της δημιουργίας προσωρινών λογαριασμών συγκεκριμένου διαστήματος με ρόλους που θα επέλεγε ο χρήστης για την παράδοση τους σε τρίτους.

- Αλλαγή της λειτουργίας της ανάθεσης πόρων κάθε χρήστη σε ατομικούς αντί για ομαδικούς, όπως ήταν τροποποιημένο από την υπηρεσία.

Το τελικό αποτέλεσμα του κεντρικού μενού της γραφικής διεπαφής για τους δύο τύπους χρηστών μπορεί να παρατηρηθεί στις εικόνες 35 και 36.



Εικόνα 34: Γραφική διεπαφή OpenStack για διαχειριστές



Εικόνα 35: Γραφική διεπαφή OpenStack για απλούς χρήστες

### 3.11 Δημιουργία και διαχείριση εικονικών μηχανών

Η χρήση των εικονικών μηχανών αποτελεί τη βασική λειτουργία του νέφους για κάθε χρήστη μέσα στο σύστημα. Για τη δημιουργία τους ο χρήστης αφού συνδεθεί στην πλατφόρμα πρέπει να μετακινηθεί στην καρτέλα “Compute” αριστερά του μενού και έπειτα στην υποκατηγορία “Instances”. Πατώντας το κουμπί “Create Instance” αρχίζει η διαδικασία για τη ρύθμιση της καινούριας εικονικής μηχανής. Ο χρήστης θα πρέπει να επιλέξει το μέγεθος των πόρων της μηχανής από τα διαθέσιμα πακέτα, το λογισμικό σύστημα, το ιδιωτικό δίκτυο, την ομάδα ασφαλείας, το όνομα της μηχανής και τέλος τον κωδικό ή το ζεύγος κλειδιού που θα αντιστοιχηθεί στην εικονική μηχανή. Μετά την επιλογή των ρυθμίσεων ο χρήστης πατάει το κουμπί “Confirm” και αναμένει μέχρι η εικονική μηχανή να είναι ενεργή.

Κατόπιν της δημιουργίας της μηχανής, δίνονται στο χρήστη διάφορες δυνατότητες τροποποίησης τους ανάλογα με τις ανάγκες του. Οι διαθέσιμες λειτουργίες για τους χρήστες αποτελούν τις εξής:

- Δημιουργία στιγμιότυπου,
- Ανάθεση κινητής IP,
- Ανάθεση καινούριας IP ενός υπάρχων δικτύου από τις διαθέσιμες λίστες,
- Διαγραφή μιας υπάρχων IP από τις διαθέσιμες λίστες,
- Τροποποίηση της εικονικής μηχανής,
- Τροποποίηση των ομάδων ασφαλείας,
- Λειτουργία διάσωσης,
- Αναστολή της εικονικής μηχανής,
- Διακοπή της εκτέλεσης εικονικής,
- Λειτουργία ραφιού,
- Αλλαγή διαμόρφωσης πόρων,
- Ρύθμιση κλειδώματος,
- Ελαφριά επανεκκίνηση,
- Σκληρή επανεκκίνηση,
- Τερματισμός,
- Αναδημιουργία εικονικής μηχανής,
- Μετανάστευση μηχανής,
- Ζωντανή μετακίνηση,
- Αλλαγή κωδικού πρόσβασης,
- Διαγραφή εικονικής μηχανής.

### 3.12 Αποδοτική χρήση των πόρων

Η διαχείριση των εικονικών δικτύων στο OpenStack επιτρέπει τη δημιουργία, την επέκταση και την προσαρμογή δικτυακών υποδομών σύμφωνα με τις ανάγκες των χρηστών. Αυτή η ευελιξία είναι ουσιώδης για την αποτελεσματική λειτουργία των υπηρεσιών που τροφοδοτούνται από το OpenStack. Τα εικονικά δίκτυα επιτρέπουν την απομόνωση των χρηστών και των εφαρμογών, προσφέροντας ταυτόχρονα εύκολη διαχείριση και διόρθωση σε περίπτωση προβλημάτων.

Στην τελική πλατφόρμα του OpenStack, οι διαχειριστές δικτύων έχουν τη δυνατότητα να καθορίσουν τα διάφορα επίπεδα ασφάλειας, ελέγχοντας την πρόσβαση στους πόρους και περιορίζοντας τυχόν απειλές. Η διαδικασία αυτή απαιτεί λεπτομερή σχεδιασμό και παρακολούθηση της κυκλοφορίας των δεδομένων σε όλα τα επίπεδα του δικτύου. Επιπλέον, η δυνατότητα δημιουργίας πολιτικών ασφαλείας και η εφαρμογή προληπτικών μέτρων είναι κρίσιμες πτυχές της διαχείρισης εικονικών δικτύων στο OpenStack.

### 3.13 Παρακολούθηση και βελτιστοποίηση των πόρων

Η παρακολούθηση των πόρων αποτελεί βασικό στοιχείο της αποδοτικής διαχείρισης. Μέσω του OpenStack, οι διαχειριστές μπορούν να παρακολουθούν τη χρήση των εικονικών μηχανών, της αποθήκευσης, και των δικτύων. Αυτή η πληροφορία επιτρέπει την πρόβλεψη προβλημάτων, την ανακάλυψη φόρτους εργασίας και τη βελτιστοποίηση της χρήσης πόρων. Οι διαχειριστές μπορούν να παρακολουθούν τον χρόνο απόκρισης μιας εικονικής μηχανής, τη χρήση των επεξεργαστών, τη μνήμη και τη χρήση του αποθηκευτικού χώρου. Αυτές οι πληροφορίες βοηθούν στον εντοπισμό προβλημάτων απόδοσης και τη βελτιστοποίηση των πόρων για την αποφυγή συνωστισμού.

Έπειτα, η βελτιστοποίηση των πόρων στο OpenStack αφορά την αποτελεσματική κατανομή, εκμετάλλευση και διαχείριση των υπολογιστικών, αποθηκευτικών και δικτυακών πόρων. Η αυτοματοποίηση της κατανομής πόρων, με τη χρήση της τεχνολογίας αποκλειστικών μηχανών, επιτρέπει την αυτόματη εκχώρηση πόρων στις εφαρμογές κατά τη δημιουργία τους και την εναρμόνιση των πόρων με τις ανάγκες των εφαρμογών. Η χρήση εργαλείων όπως το Heat του OpenStack χρησιμοποιείται για την αυτοματοποίηση της παραμετροποίησης και του κυκλοφορικού ελέγχου.

## Κεφάλαιο 4. Βελτιστοποίηση

### 4.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα εξεταστούν προσεκτικά οι αδυναμίες του συστήματος υποδομής ως υπηρεσία που έχει υλοποιηθεί, καθώς και τρόποι που μπορεί να βελτιστοποιηθεί η υποδομή. Η επικείμενη ανάλυση θα αναδείξει τα σημαντικά προβλήματα και τις ανεπάρκειες που παρουσιάστηκαν κατά τη λειτουργία του συστήματος, καθώς και τις επιπτώσεις τους στην απόδοση και την ασφάλεια του. Επιπλέον, θα παρουσιαστούν πιθανές λύσεις και βελτιώσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων και τη βελτίωση της συνολικής απόδοσης και ασφάλειας του συστήματος. Τέλος, θα εξεταστούν τα απαραίτητα κριτήρια για την φυσική εγκατάσταση των συστημάτων της υποδομής.

### 4.2 Προβλήματα και προκλήσεις

Κατά τη διάρκεια της υλοποίησης και λειτουργίας του συστήματος υποδομής του OpenStack, αντιμετωπίστηκαν κάποια σημαντικά προβλήματα και προκλήσεις που απαιτούν άμεση προσοχή και αντιμετώπιση.

#### 4.2.1 Αναγνώριση και ανάλυση των προβλημάτων

Τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν περιλαμβάνουν τη μη ορθή λειτουργία εικόνων λογισμικού συστήματος Windows σε εικονικές μηχανές μέσα στην υποδομή του OpenStack. Αυτό περιορίζει σημαντικά την ευελιξία του συστήματος, καθώς πολλοί χρήστες και εφαρμογές απαιτούν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν το λειτουργικό σύστημα Windows για τις ανάγκες τους. Το πρόβλημα αφορούσε την εκκίνηση της συγκεκριμένης εικόνας συστήματος, καθώς το σύστημα εμφάνιζε μήνυμα λάθους “no bootable device”. Για την επίλυση του προβλήματος χρησιμοποιήθηκαν διάφορες τεχνικές όπως: (α) επεξεργασία της βασικής εικόνας των windows σε διαφορετικές μορφές αρχείου που υποστηρίζει η υποδομή και (β) τροποποίηση της προκαθορισμένης εικόνας με την προσθήκη επιπλέον εργαλείων οδηγών επισκεπτών. Παρόλο τις επίμονες προσπάθειες, το συγκεκριμένο πρόβλημα δεν διορθώθηκε.

Επιπλέον, το δεύτερο πρόβλημα που υπήρξε στο σύστημα ήταν η διαχείριση των ποσοστώσεων (quotas) των περιεκτών. Δεν πραγματοποιήθηκε αποτελεσματική διαχείριση των ποσοστώσεων που αφορούν τους περιέκτες στο σύστημα για κάθε χρήστη ξεχωριστά. Αυτό σημαίνει ότι οι χρήστες μπορούν να βλέπουν τις συνολικές ποσοστώσεις που ισχύουν για ολόκληρο το έργο στο οποίο ανήκουν, αντί να έχουν πρόσβαση και έλεγχο στις ατομικές τους ποσοστώσεις. Αυτή η έλλειψη ελέγχου μπορεί να οδηγήσει σε ανισότητες και προβλήματα διαχείρισης των πόρων. Για τη λύση του προβλήματος

υπήρξαν αλλαγές στον πηγαίο κώδικα των υπηρεσιών του OpenStack, αλλά εν τέλη το πρόβλημα συνέχισε να υφίσταται.

Η αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων είναι κρίσιμη για τη βελτίωση της λειτουργίας και της ασφάλειας του συστήματος IaaS.

#### **4.2.2 Προκλήσεις στη βελτιστοποίηση της υποδομής**

Η βελτιστοποίηση ενός περιβάλλοντος OpenStack αποτελεί μια προκλητική διαδικασία, καθώς έχει πολλές πολυπλοκότητες και απαιτεί διεξοδικό σχεδιασμό και εκτέλεση. Παρόλο που η βελτιστοποίηση αυτή είναι ουσιώδης για την επίτευξη αποδοτικής και ασφαλούς λειτουργίας, υπάρχουν πολλές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν.

Αρχικά, η πολυπλοκότητα του OpenStack, το οποίο αποτελείται από πολλά διαφορετικά υποσυστήματα και συστατικά, επιβάλλει την ανάγκη για λεπτομερή κατανόηση και διαχείριση. Αυτό δυσκολεύει την εύρεση βέλτιστων πρακτικών και τη διαχείριση των προβλημάτων.

Στη συνέχεια, η διαχείριση των υπολογιστικών, αποθηκευτικών και δικτυακών πόρων απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό και ρύθμιση. Ανεπαρκής χρήση πόρων μπορεί να οδηγήσει σε σπατάλη, ενώ υπερβολική χρήση μπορεί να προκαλέσει προβλήματα απόδοσης.

Παράλληλα, η αύξηση της απόδοσης και η διαχείριση του φορτίου σε κλιμακούμενα περιβάλλοντα OpenStack αποτελεί ένα κρίσιμο ζήτημα. Είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι η υποδομή μπορεί να ανταποκριθεί σε αυξημένες απαιτήσεις.

Η ασφάλεια αποτελεί μια ακόμη βασική πρόκληση. Πρέπει να προστατεύονται τα δεδομένα και να αποτρέπονται απειλές όπως διαρροές και επιθέσεις, ενώ η διαχείριση της πρόσβασης πρέπει να γίνεται σωστά.

Τέλος, η βελτιστοποίηση πρέπει να διατηρεί τη συμβατότητα και την ολοκληρωσιμότητα με τα υπάρχοντα συστήματα και εφαρμογές. Όλα αυτά απαιτούν προσεκτικό σχεδιασμό και υλοποίηση για να επιτευχθεί μια βελτιωμένη και ασφαλής υποδομή OpenStack.

### **4.3 Βελτιστοποίηση των δικτυακών παραμέτρων**

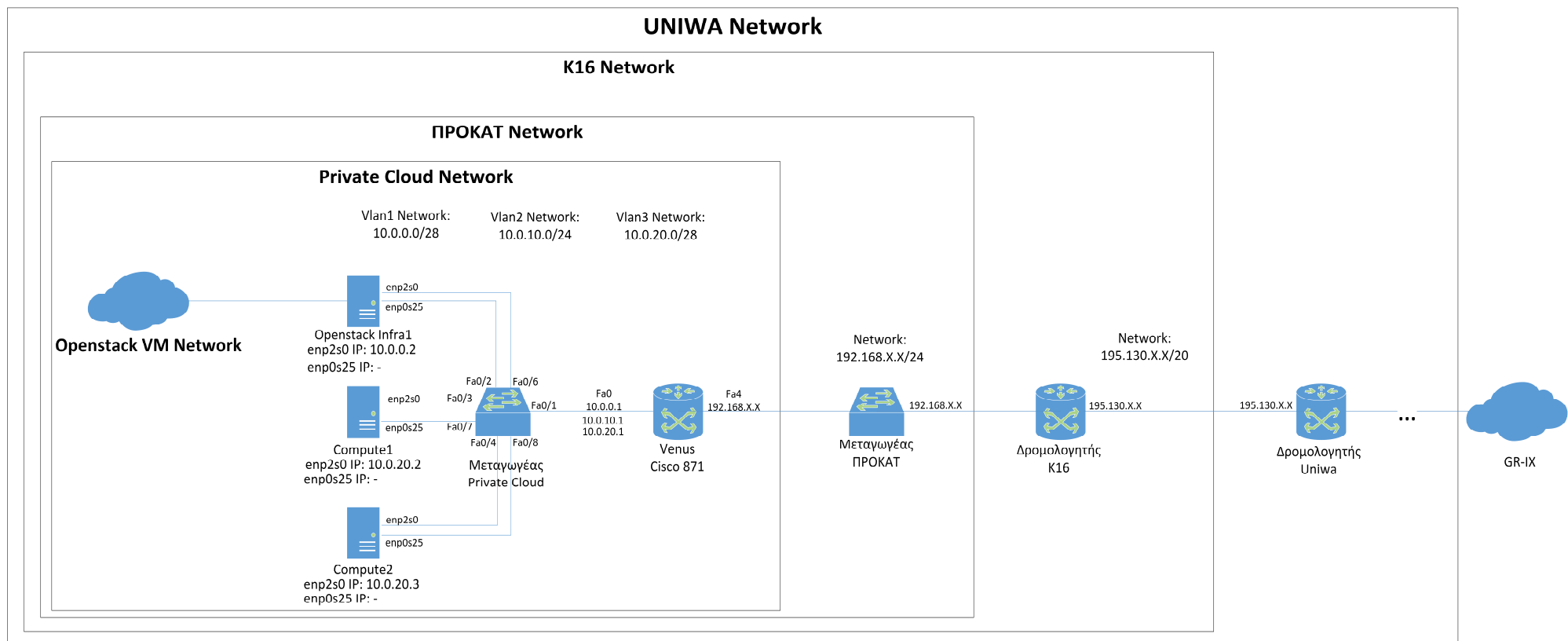
Η διαχείριση και η βελτιστοποίηση των δικτυακών συσκευών, όπως οι δρομολογητές και οι μεταγωγείς, είναι θεμελιώδης για την ομαλή και αποτελεσματική λειτουργία μιας υποδομής δικτύου. Παρόλο, που η υπάρχουσα υποδομή είναι πλήρως λειτουργική και επαρκής στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής, υπάρχουν τρόποι έτσι ώστε να μπορεί να αναβαθμιστεί καθώς και να γίνει πιο ασφαλής από πιθανές απειλές. Στόχος είναι να βελτιστοποιηθεί η υπάρχουσα υποδομή ενσωματώνοντας εικονικά τοπικά δίκτυα (VLANs) και μεταβαίνοντας από τις διευθύνσεις πρωτοκόλλου IPv4 σε εκείνες του πρωτοκόλλου IPv6.

### 4.3.1 Εικονικά τοπικά δίκτυα

Τα εικονικά τοπικά δίκτυα αποτελούν σημαντικό τμήμα της δικτυακής αρχιτεκτονικής και προσφέρουν έναν πολύ ισχυρό τρόπο διαχείρισης και οργάνωσης του δικτύου. Στην υπάρχουσα υποδομή χρησιμοποιείται ένα τοπικό δίκτυο στο οποίο συνδέονται οι εξυπηρετητές και ένα δίκτυο με το οποίο συνδέονται οι εικονικές μηχανές του OpenStack.

Όσον αφορά τη βελτιστοποίηση των εικονικών τοπικών δικτύων, η κύρια αλλαγή που μπορεί να γίνει, είναι η οργάνωση των εξυπηρετητών σε διαφορετικά εικονικά τοπικά δίκτυα ανάλογα με τον τύπο τους. Οι τύποι αφορούν τους εξυπηρετητές υπολογισμού και τους εξυπηρετητές υποδομής. Με την εφαρμογή αυτής της αλλαγής, επιτυγχάνεται απομόνωση και αυξημένη ασφάλεια μεταξύ των εξυπηρετητών. Αυτή η αναδιάταξη επιτρέπει την αποτελεσματικότερη διαχείριση των δικτύων και των πόρων, ενισχύοντας την ασφάλεια και την απόδοση της υποδομής. Επιπλέον, παρέχει τη δυνατότητα ευελιξίας και ανταπόκρισης στις ανάγκες των διαφόρων εξυπηρετητών, επιτρέποντας την προσαρμογή της δομής του δικτύου σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής.

Στην Εικόνα 4.1, μπορούμε να δούμε μία αναπαράσταση του βελτιωμένου δικτύου της συνολικής υποδομής. Στο εικονικό δίκτυο 1 έχει συνδεθεί ο εξυπηρετητής υποδομής “Infra1”, ενώ στο εικονικό δίκτυο 3 έχουν συνδεθεί οι εξυπηρετητές υπολογισμού “Compute1” και “Compute2”.



Εικόνα 36: Συνδεσμολογία φυσικής υποδομής νέφους με προσθήκη εικονικών τοπικών δικτύων

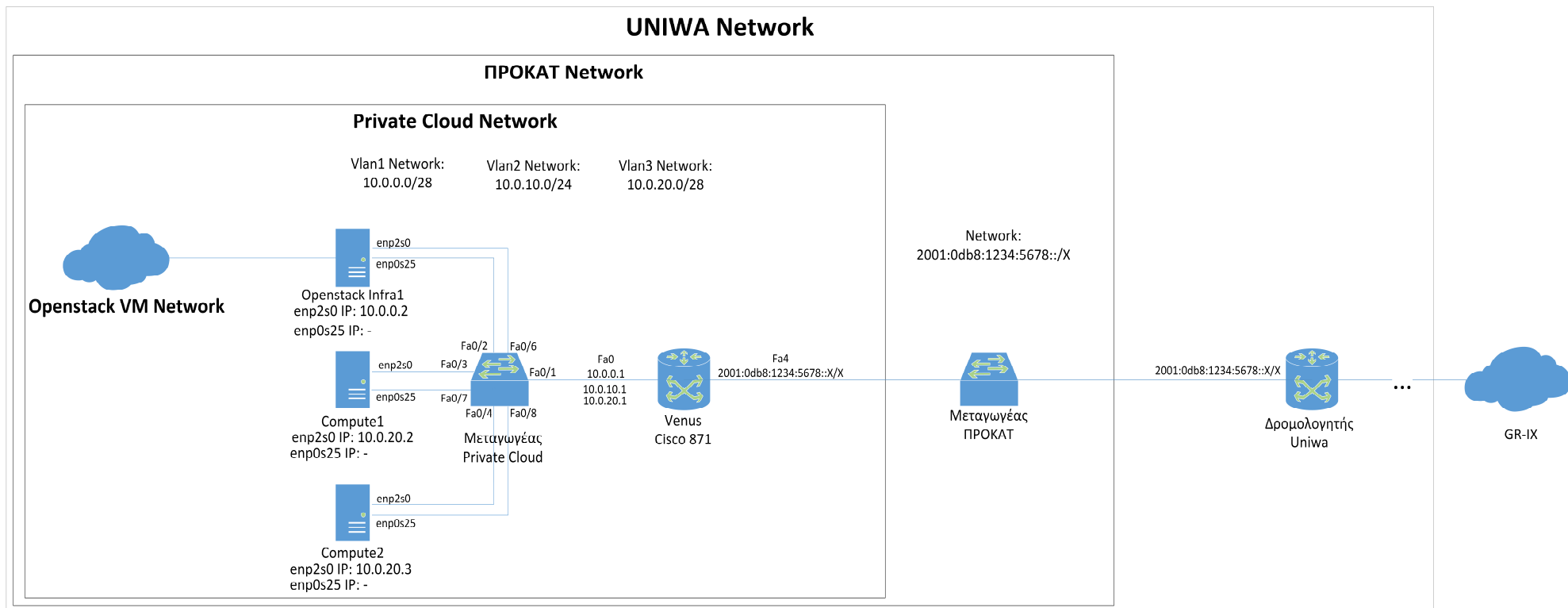


### 4.3.2 Επέκταση διευθύνσεων IPv6

Επόμενο κομμάτι για τη βελτιστοποίηση των δικτυακών της υποδομής αποτελεί η επέκταση των διευθύνσεων IPv6. Για την υλοποίηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα μικτό σχήμα όπου θα αφορά κάποιες από ήδη υπάρχουσες διευθύνσεις πρωτοκόλλων IPv4 και IPv6.

Η μέθοδος η οποία θα χρησιμοποιηθεί είναι αυτή της μετάφρασης από διευθύνσεις πρωτοκόλλου IPv4 σε εκείνες του πρωτοκόλλου IPv6. Η κύρια αλλαγή που πρέπει να ενσωματωθεί, είναι η αλλαγή της IP του δρομολογητή Cisco 871 σε IPv6 όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.2. Αυτή η IP θα ανατεθεί από κάποιο υπάρχον δίκτυο που βρίσκεται μέσα στον χώρο του πανεπιστημίου από δρομολογητή όπου επιτρέπει την κίνηση αυτής της έκδοσης πρωτοκόλλου. Οι υπόλοιπες συσκευές μπορούν να παραμείνουν ίδιες, καθώς θα βγαίνει στα εξωτερικά δίκτυα με μετάφραση μέσω αυτής της IP. Με αυτήν την αλλαγή επιτυγχάνεται μεγαλύτερο εύρος διευθύνσεων, καλύτερη συνδεσιμότητα από άκρο σε άκρο λόγω της μικρότερης εξάρτησης από τη μετάφραση διευθύνσεων δικτύου, αυτόματη διαμόρφωση διευθύνσεων χωρίς κατάσταση και χρήση πολυεκπομπής.

Δεδομένου ότι υπάρχουν διαθέσιμες δημόσιες διευθύνσεις IPv6 από το πανεπιστήμιο καθώς και η απαραίτητη υποδομή για την υποστήριξη τους, σημαίνει ότι η τροποποίηση των δικτυακών συσκευών της υποδομής του νέφους για την ενσωμάτωση της διεύθυνσης IPv6 δεν αποτελεί κάποια ιδιαίτερη δυσκολία. Επομένως, αποτελεί μία σημαντική αναβάθμιση για την υπηρεσία, καθώς και της ποιότητας και της ασφάλειάς της.



Εικόνα 37: Συνδεσμολογία φυσικής υποδομής νέφους με προσθήκη εικονικών τοπικών δικτύων και διεύθυνσης IPv6

## 4.4 Φυσική Εγκατάσταση

Η φυσική εγκατάσταση ενός ερμαρίου αποτελεί κρίσιμη διαδικασία στον κόσμο της πληροφορικής, καθώς εξαρτήματα όπως δικτυακά συστήματα, εξυπηρετητές και τροφοδοτικά αδιάληπτης λειτουργίας, απαιτούν σωστή τοποθέτηση και διαχείριση για να διασφαλιστεί η ασφάλεια, η απόδοση και η αξιοπιστία τους. Σε αυτό το υποκεφάλαιο, θα γίνει μελέτη για τη σωστή διαδικασία εγκατάστασης των προαναφερθέντων εξαρτημάτων σε ένα ερμάριο, καθώς και τους υπολογισμούς που απαιτούνται για τη διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας, τη διατήρηση της κατάλληλης θερμοκρασίας και τη διασφάλιση της σωστής ροής του αέρα σε αυτό το περιβάλλον.

### 4.4.1 Στέγαση του εξοπλισμού στο ερμάριο

Η επιλογή του κατάλληλου ερμαρίου για τη φυσική εγκατάσταση εξοπλισμού σε ένα δίκτυο πληροφορικής είναι μία κρίσιμη απόφαση που επηρεάζει την ασφάλεια, την απόδοση και τη διαχείριση του εξοπλισμού.

Καταρχάς, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι διαστάσεις του ερμαρίου. Το πλάτος, το ύψος και το βάθος του πρέπει να είναι συμβατά με τον εξοπλισμό που πρόκειται να φιλοξενηθεί. Στην περίπτωση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας έχουμε διαθέσιμους 3 εξυπηρετητές, 1 μεταγωγέα και 1 δρομολογητή, πρέπει να γίνει επιλογή ενός ερμαρίου με αρκετά "U", όπως είναι ο όρος των υποδοχών, για την τοποθέτησή τους. Επιπλέον, πρέπει να ληφθεί υπόψη η δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης, προσθέτοντας περισσότερο εξοπλισμό στο ερμάριο.

Βάση του κατασκευαστή ο κάθε εξυπηρετητής καταλαμβάνει 1U [40], ενώ ο μεταγωγέας και ο δρομολογητής είναι ικανοί να τοποθετηθούν σε ράφι θέσεως 1U. Όμως, δεδομένων των αναγκών μίας τέτοιας υποδομής πρέπει να γίνει μελέτη για επιπλέον εξοπλισμό, όπως τροφοδοτικού αδιάληπτης λειτουργίας, επιπλέον εξυπηρετητών, πλαισίου συνδέσεων (patch panel - 1U) και πλαίσια οδηγού καλωδίων (1U). Ένα τυπικό τροφοδοτικό αδιάληπτης λειτουργίας συνήθως καταλαμβάνει 1U έως 4U, ανάλογα αν είναι δαπέδου ή ραφιού. Επομένως στο σύνολο της εγκατάστασης θα χρειαζόταν ένα ερμάριο ύψους τουλάχιστον 12U.

Στη συνέχεια, όσον αφορά το πλάτος και το βάθος του ερμαρίου, πρέπει και σε αυτή την περίπτωση να μπορούν να ανταπεξέλθουν στα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού. Καθώς, οι εξυπηρετητές καταλαμβάνουν τον μεγαλύτερο χώρο, το πλάτος και το βάθος θα εξαρτηθούν από αυτούς τους παράγοντες. Επομένως, βάσει του φύλλου δεδομένων (data sheet) του κατασκευαστή [40] απαιτείται για το πλάτος του ερμαρίου 48,26 εκατοστά και τουλάχιστον 43,1 εκατοστά για το βάθος του.

Επιπλέον, πρέπει να γίνει επιλογή ανάμεσα στους δύο τύπους ερμαρίου. Οι δύο κύριοι τύποι ερμαρίου είναι του ανοιχτού πλαισίου και του κλειστού πλαισίου και προσφέρουν διαφορετικά πλεονεκτήματα και εφαρμογές ανάλογα με τις ανάγκες. Τα ανοιχτά ερμάρια είναι γνωστά για την απλότητα και την ευκολία στην πρόσβαση. Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι επιτρέπουν τον εύκολο

προσδιορισμό και την αντικατάσταση του εξοπλισμού, καθώς και τον αποτελεσματικό αερισμό. Είναι κατάλληλα για περιβάλλοντα όπου η απόδοση του αερισμού και η ευκολία πρόσβασης είναι κρίσιμοι παράγοντες, όπως σε μικρά γραφεία ή εργαστήρια. Αντίθετα, τα κλειστά ερμάρια προσφέρουν αυξημένη ασφάλεια και προστασία για τον εξοπλισμό. Συγκεκριμένα, προσφέρεται πρόσθετη προστασία από σκόνη, υγρασία και ανεπιθύμητη πρόσβαση. Επίσης, παρέχουν καλύτερη διαχείριση καλωδίων σύμφωνα με τα πρότυπα δομημένης καλωδίωσης.

Για αυτή την υποδομή διατίθεται ένας μικρός χώρος, οπότε η επιλογή του τύπου ερμαρίου πρέπει να εξαρτηθεί τη ασφάλεια της πρόσβασης στο χώρο, τη ροή αέρα και τη σωστή ψύξη όπου θα υπάρχει.

#### 4.4.2 Ρεύματα

Κατά την εγκατάσταση ενός ερμαρίου, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού που θα φιλοξενηθούν σε αυτό, όπως επίσης και ο απαιτούμενος χρόνος λειτουργίας για την εγκατάσταση. Μπορεί το σύστημα να υποστεί κάποια διακοπή λειτουργίας;

Υπάρχουν τρεις κύριες ιεραρχίες για το σχεδιασμό ηλεκτρικών κέντρων δεδομένων: N, N+1 και 2N. Το σύστημα σχεδιασμού N χρησιμοποιεί τον ήδη υφιστάμενο πλήθος εξοπλισμού ή συστημάτων χωρίς ενσωματωμένο πλεονασμό. Ο σχεδιασμός N+1 διαθέτει ένα πρόσθετο σύστημα ενσωματωμένο για πλεονασμό, ενώ το 2N αναφέρεται σε σχέδια που έχουν το διπλάσιο απαιτούμενο εξοπλισμό, ο οποίος παρέχει το μέγιστο δυνατό πλεονασμό [41]. Η εγκατεστημένη υπηρεσία του νέφους βασίζεται σε συνεχή ροή λειτουργίας και όσο το δυνατόν μικρότερο χρόνο διακοπής της. Οπότε, πρέπει να γίνει χρήση τουλάχιστον ενός τροφοδοτικού αδιάληπτης λειτουργίας καλύπτοντας έτσι τη βασική κατηγορία N.

Στη συνέχεια, ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή είναι η συνολική κατανάλωση της ισχύς. Βάσει των ρευμάτων λειτουργίας των συσκευών που περιλαμβάνει το ερμάριο, έχουμε τα εξής:

- 3 εξυπηρετητές με μέγιστη απαίτηση ισχύς 193 Watt για το καθένα [40],
- Ο μεταγωγέας με μέγιστη απαίτηση ισχύς 30 watt,
- Ο δρομολογητής με μέγιστη απαίτηση ισχύς 26 watt.

Όποτε η συνολική ισχύς για την παρούσα υποδομή βρίσκεται στα 635 watt.

Δεδομένων αυτών των χαρακτηριστικών μπορεί να γίνει έρευνα για την εγκατάσταση ενός τροφοδοτικού αδιάληπτης λειτουργίας για την συνεχή ασφάλεια και προστασία των συσκευών. Παρόλο, που έχει υπολογιστεί η συνολική ισχύς για την υποδομή πρέπει να υπάρχει μέριμνα για τυχόν πρόσθετες συσκευές, όπως επιπλέον εξυπηρετητές. Σε αυτήν την περίπτωση ο υπολογισμός 2 ακόμα εξυπηρετητών κατ' ελάχιστον θα θεωρηθεί απαραίτητος. Οπότε η συνολική ισχύς ανέρχεται συνολικά στα 1021 watt. Επομένως, ένα τροφοδοτικό αδιάληπτης λειτουργίας των 1200 watt θα είναι επαρκές για αυτήν την εγκατάσταση.

Έπειτα, πρέπει να επιλεγεί η κατάλληλη διάσταση των ασφαλειών του ηλεκτρικού πίνακα που θα προστατεύσουν τον εξοπλισμό. Βάσει των ρευμάτων λειτουργίας των συσκευών που περιλαμβάνει το ερμάριο, έχουμε τα εξής:

- 3 εξυπηρετητές με μέγιστη απαίτηση ρεύματος 6 A για το καθένα [40],
- Ο μεταγωγέας με μέγιστη απαίτηση ρεύματος 4.5 A,
- Ο δρομολογητής με μέγιστη απαίτηση ρεύματος 2 A.

Όμως, στην περίπτωση εγκατάστασης τροφοδοτικού αδιάληπτης λειτουργίας και επιπλέον εξυπηρετητών θα πρέπει να υπάρχουν και οι απαραίτητες υποδομές. Για ένα τροφοδοτικό αδιάληπτης λειτουργίας των 1200 watt με τάση στα 240 V, βάση του νόμου του Ohm θα απαιτεί 5 A. Επιπροσθέτως, όπως και προηγουμένως ο υπολογισμός θα γίνει για 2 επιπλέον εξυπηρετητές. Άρα, θα χρειαστούν συνολικά 41.5 A για την κάλυψη ολόκληρης της υποδομής, Ωστόσο, για λόγους ασφαλείας και ανοχής, συνήθως επιλέγετε η επόμενη υψηλότερη αξιολόγηση ασφάλειας. Έτσι, μπορεί να γίνει επιλογή μιας ασφάλειας 45 A, προσφέροντας αρκετό περιθώριο για τυχόν αυξήσεις του ρεύματος στο μέλλον ή ανοχές.

#### 4.4.3 Ροή αέρα

Η ψύξη είναι ένα από τα κρίσιμα στοιχεία για κάθε κέντρο δεδομένων. Χωρίς σύστημα ψύξης, το κέντρο δεδομένων δεν θα λειτουργούσε σωστά. Θα μπορούσε να καταστραφεί γρήγορα. Είναι πολύ σημαντικό, αλλά και δαπανηρό. Για ορισμένα κέντρα δεδομένων υψηλής πυκνότητας, οι κεφαλαιουχικές δαπάνες ψύξης θα μπορούσαν να φτάσουν το 50% του συνολικού κόστους του έργου. Επομένως, αν μπορέσει να γίνει εξοικονόμηση κόστους στην ψύξη, τότε μπορεί να γίνει εξοικονόμηση μεγάλου ποσοστού του κόστους στο κέντρο δεδομένων [42].

Η ροή του αέρα παρέχει σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό και τη λειτουργία ενός σύγχρονου ερμαρίου. Καθώς οι ανάγκες για υπολογιστική ισχύ, αποθήκευση δεδομένων και δικτυακή συνδεσιμότητα αυξάνονται συνεχώς, η αποτελεσματική διαχείριση του αέρα και η χρήση κατάλληλων ερμαρίων γίνονται αναγκαία για τη διασφάλιση της ακεραιότητας και της απόδοσης των συστημάτων. Τα ερμάρια είναι σχεδιασμένα με μεγάλη προσοχή προκειμένου να παρέχουν την καλύτερη δυνατή ροή αέρα. Αυτό είναι κρίσιμο για τη ψύξη των ενσωματωμένων συσκευών και την πρόληψη από υπερθέρμανση. Ένα καλό σύστημα ψύξης με ροή αέρα διασφαλίζει τη σταθερή λειτουργία των εξαρτημάτων και επιτρέπει τη μέγιστη απόδοση.

Κατά την εγκατάσταση των διακομιστών στο ερμάριο, είναι σημαντικό να τηρούνται ορισμένες βασικές οδηγίες για τη βέλτιστη απόδοση και την αποφυγή προβλημάτων. Καταρχάς, πρέπει να αποφεύγετε η υπερφόρτωση του ερμαρίου, κρατώντας το στο 75% έως 80% της χωρητικότητάς του. Επιπλέον, πρέπει να διατηρείται τουλάχιστον 1U χώρου μεταξύ των σειρών των διακομιστών για εξαερισμό από εμπρός προς τα πίσω. Επίσης, είναι σημαντικό να διατηρείται απόσταση τουλάχιστον 4

εκατοστών μεταξύ του εξοπλισμού και του μπροστινού και πίσω μέρους του ντουλαπιού, προκειμένου να διασφαλίζετε η καλή κυκλοφορία του αέρα. Τέλος, είναι σημαντικό να κλείνετε ο αχρησιμοποίητος χώρος του ερμαρίου με ειδικά κενά πάνελ, προκειμένου να αποφεύγεται η ανάμιξη θερμού και ψυχρού αέρα.

Για τη βελτίωση του εξαερισμού, μπορούν να εγκατασταθούν ανεμιστήρες στο ερμάριο που θα διευκολύνουν την ενεργή κυκλοφορία του αέρα. Οι ανεμιστήρες ερμαρίων, συνήθως τοποθετούνται στην κορυφή του και μπορούν να τραβούν αέρα από το κάτω μέρος ή από τις πόρτες του. Σε περιπτώσεις που απαιτείται σημειακή ψύξη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας ανεμιστήρας ή ένα πάνελ ανεμιστήρα που τοποθετείται στο εσωτερικό του ντουλαπιού.

#### **4.4.4 Κλιματισμός**

Ο κλιματισμός αποτελεί ζωτικής σημασίας παράγοντα στη διαχείριση του ερμαρίου μέσα στο χώρο. Η θερμοκρασία επηρεάζει την απόδοση και την αξιοπιστία των εξοπλισμών, καθώς υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να προκαλέσουν υπερθέρμανση και προβλήματα λειτουργίας. Για τον λόγο αυτό, είναι απαραίτητο να διατηρείται σταθερή θερμοκρασία εντός του δωματίου, προσαρμόζοντας τον κλιματισμό ανάλογα με τις απαιτήσεις του εξοπλισμού.

Σύμφωνα με τις οδηγίες των κατασκευαστών, οι διακομιστές απαιτούν θερμοκρασίες περιβάλλοντος λειτουργίας που κυμαίνονται από 15°C έως 35°C [40], ενώ ο δρομολογητής και ο μεταγωγέας διαθέτουν διαφορετικά εύρη θερμοκρασίας, που κυμαίνονται από 0°C έως 40°C. Επομένως, για να μπορέσει να γίνει σωστή ψύξη των συσκευών η θερμοκρασία του δωματίου πρέπει να οριστεί τουλάχιστον στις μέσες τιμές, δηλαδή από 25°C έως 28°C.

Επιπλέον, η συντήρηση του κλιματιστικού είναι καθοριστικής σημασίας για τη διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας του. Ο επαρκής καθαρισμός και η τακτική συντήρηση του συστήματος κλιματισμού είναι απαραίτητα για την αποφυγή βλαβών και τη διατήρηση της αποδοτικότητάς του. Ακόμα, η παρακολούθηση και η αξιολόγηση της απόδοσης των κλιματιστικών μέσω συστημάτων ελέγχου είναι μια σημαντική πρακτική για τη διασφάλιση της συνεχούς λειτουργίας και την αύξηση της απόδοσης, συμβάλλοντας παράλληλα στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

## Κεφάλαιο 5. Επίλογος και Μελλοντική Εργασία

### 5.1 Συμπεράσματα και αξιολόγηση της υλοποίησης

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως στόχο να διερευνήσει σε βάθος τα διάφορα συστήματα υποδομής ως υπηρεσία. Σκοπός της ήταν να αναλυθούν και να αξιολογηθούν οι διάφορες πτυχές της δημιουργίας και λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος, παρέχοντας παράλληλα βαθύτερη κατανόηση των απαραίτητων εργαλείων και τεχνολογιών που απαιτούνται για την επίτευξη αυτού του στόχου.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε μία εκτενής έρευνα για το θεωρητικό υπόβαθρο των βασικών εννοιών της υπολογιστικής νέφους και έπειτα για την ανάλυση και την αξιολόγηση διαφόρων συστημάτων υποδομής ως υπηρεσία, προκειμένου να εντοπιστεί το καταλληλότερο για τις συγκεκριμένες ανάγκες. Στη συνέχεια, επιλέχθηκε το σύστημα OpenStack ως το κατάλληλο πλαίσιο για την υλοποίηση του επιθυμητού IaaS. Η απόφαση αυτή βασίστηκε σε πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της ευελιξίας, της κοινότητας υποστήριξης και της ευρείας υιοθέτησης του OpenStack στον κόσμο της τεχνολογίας.

Κατά τη φάση της υλοποίησης, δοκιμάστηκαν και εφαρμόστηκαν οι βασικές αρχές και τεχνικές του OpenStack για τη δημιουργία ενός συστήματος IaaS. Αυτή η διαδικασία περιελάμβανε τη σωστή ρύθμιση των διακομιστών, τη διαχείριση των εικονικών μηχανών και των αποθηκευτικών χώρων, καθώς και την ανάπτυξη της απαιτούμενης λειτουργικότητας.

Με βάση την υλοποίηση και τη λειτουργία του συστήματος, οδηγούμαστε σε σημαντικά συμπεράσματα. Πρώτον, η επιλογή του OpenStack ως βάση για την ανάπτυξη του συστήματος υποδομής αποδείχθηκε επιτυχής, διασφαλίζοντας την ευελιξία, την απόδοση και την επεκτασιμότητα που απαιτούνται. Δεύτερον, η διαδικασία υλοποίησης αποκάλυψε τη σημασία της σωστής διαμόρφωσης και της διαχείρισης της υποδομής, καθώς και την ανάγκη για διαρκή παρακολούθηση και επισκευές.

Συνολικά, η εργασία ανέδειξε την αξία της έρευνας, της προετοιμασίας και της σωστής εκτέλεσης κατά την ανάπτυξη ενός συστήματος IaaS. Επιπλέον, αποδείχθηκε ότι το OpenStack είναι ένα ισχυρό εργαλείο για την ανάπτυξη προηγμένων υποδομών νέφους που μπορούν να προσαρμοστούν σε πολύ διαφορετικές ανάγκες και απαιτήσεις.

Αναλυτικά, οι συνολική εκτίμηση της εργασίας μπορεί να παρατηρηθεί στο παράρτημα II του Πίνακα Παρ.II.1 και των Εικόνων Παρ.II.1, Παρ.II.2 και Παρ.II.3 μέσω τις αναλυτικής δομής εργασίας (WBS), του σχήματος εργασιών WBS και του διαγράμματος Gantt.

## 5.2 Προοπτικές για μελλοντική επέκταση και βελτίωση του συστήματος

Στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας, προκύπτουν ενδιαφέρουσες προοπτικές για τη μελλοντική επέκταση και βελτίωση του συστήματος υποδομής του OpenStack. Αυτές οι προοπτικές αντικατοπτρίζουν τη συνεχή προσπάθεια για την αξιοποίηση νέων δυνατοτήτων και την εξέλιξη της υποδομής νέφους, ώστε να αντιμετωπίζονται με ακόμα μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα οι απαιτήσεις των χρηστών και των εφαρμογών.

Ένα από τα ζητήματα που προκύπτουν είναι η ενδυνάμωση των λειτουργιών παρακολούθησης και διαχείρισης των πόρων και της λειτουργίας των συστημάτων. Το OpenStack παρέχει ήδη εργαλεία που μπορούν να αναπτυχθούν περαιτέρω για τη διευκόλυνση της παρακολούθησης και της βελτιστοποίησης της απόδοσης των υποδομών, επιτρέποντας την έγκαιρη ανίχνευση προβλημάτων και τη λήψη αποτελεσματικών μέτρων.

Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα επέκτασης της υποδομής μέσω της προσθήκης νέων εξυπηρετητών ή της επέκτασης των υαρχόντων. Αυτό επιτρέπει την αντιμετώπιση αυξανόμενων φορτίων και αναγκών, διασφαλίζοντας την αποτελεσματική διαχείριση των πόρων και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του συστήματος.

Τέλος, ένα ενδιαφέρον ζήτημα αποτελεί η μετάβαση ολόκληρου του συστήματος υποδομής για την υποστήριξη του πρωτοκόλλου IPv6. Η αναθεώρηση της διευθυνσιοδότησης και η αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων του IPv6 μπορεί να ενισχύσει την ασφάλεια και την απόδοση του συστήματος σε μακροπρόθεσμο διάστημα.

## 5.3 Τελικές σκέψεις και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξέτασε εκτενώς το σύστημα OpenStack και τη σημασία του στον χώρο της υπολογιστικής νέφους. Κατά τη διάρκεια της εφαρμοσμένης έρευνας, αναδείχθηκαν πολλές ενδιαφέρουσες πτυχές και προκλήσεις. Μερικές προτάσεις για περαιτέρω έρευνα σχετικά με το σύστημα του OpenStack μπορούν να αποτελέσουν οι παρακάτω ιδέες.

Αρχικά, ένας από τους σημαντικότερους τομείς που χρήζει περαιτέρω έρευνας είναι η ασφάλεια του OpenStack. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας ασφάλειας για την προστασία των υποδομών νέφους και των δεδομένων πελατών παραμένει προτεραιότητα. Μελέτες για την ανίχνευση ευπαθειών, την αυτόματη αντίδραση σε απειλές και την ενίσχυση της ασφάλειας των δικτύων είναι απαραίτητες.

Ακόμα, πρέπει να προσεγγίσει τα ζητήματα απόδοσης και επεκτασιμότητας με ακόμα μεγαλύτερη επιτυχία. Επιπλέον έρευνα σε θέματα όπως η βελτιωμένη διαχείριση των πόρων, η αυτόματη κλιμάκωση, και η βέλτιστη διανομή των εργασιών είναι απαραίτητες.



Στο σύνολο, το OpenStack αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι του συγκροτήματος της υπολογιστικής νέφους και παρέχει ανεκτίμητη αξία για επιχειρήσεις και οργανισμούς. Η συνεχής έρευνα και ανάπτυξη σε αυτό το πεδίο είναι ουσιώδης για τη διατήρηση και την εξέλιξη αυτού του κρίσιμου εργαλείου.

## Βιβλιογραφία

- [1] P. M. Mell and T. Grance, “The NIST definition of cloud computing,” Gaithersburg, MD, 2011. doi: 10.6028/NIST.SP.800-145.
- [2] T. Erl, Z. Mahmood, and R. Puttini, *Cloud Computing Αρχές, Τεχνολογία & Αρχιτεκτονική*. 2013.
- [3] J. Tate, N. Bogard, M. Holenia, S. Oglaza, and S. Tong, *IBM b-type Data Center Networking: Design and Best Practices Introduction*. 2010.
- [4] D. C. Marinescu, *Theory and Practice Second Edition*. 2019.
- [5] K. Hwang, J. Dongarra, and G. C. Fox, *Distributed and Cloud Computing*. 2012.
- [6] D. Barrett and G. K. Syngress, *Virtualization and Forensics A Digital Forensic Investigator’s Guide to Virtual Environments*. 2010. [Online]. Available: [www.elsevier.com/permissions](http://www.elsevier.com/permissions).
- [7] VMware, “Understanding Full Virtualization, Paravirtualization and Hardware Assist.” Accessed: Jul. 11, 2023. [Online]. Available: [https://www.vmware.com/content/dam/digitalmarketing/vmware/en/pdf/techpaper/VMware\\_paravirtualization.pdf](https://www.vmware.com/content/dam/digitalmarketing/vmware/en/pdf/techpaper/VMware_paravirtualization.pdf)
- [8] J. T. Lim and J. Nieh, “Optimizing nested virtualization performance using direct virtual hardware,” in *International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems - ASPLOS*, Association for Computing Machinery, Mar. 2020, pp. 557–574. doi: 10.1145/3373376.3378467.
- [9] K. A. Scarfone, M. P. Souppaya, and P. Hoffman, “Guide to security for full virtualization technologies,” Gaithersburg, MD, 2011. doi: 10.6028/NIST.SP.800-125.
- [10] Huawei Technologies Co., Ltd., *Cloud Computing Technology*. Springer Nature Singapore, 2023. doi: 10.1007/978-981-19-3026-3.
- [11] OpenStack, “OpenStack License.” Accessed: Aug. 10, 2023. [Online]. Available: <https://docs.openstack.org/2023.1/>
- [12] Openstack, “Openstack Host Machine Minimum Requirements.” Accessed: Aug. 01, 2023. [Online]. Available: <https://docs.openstack.org/kolla-ansible/latest/user/quickstart.html>
- [13] Openstack, “Openstack Supported Operating Systems.” Accessed: Aug. 01, 2023. [Online]. Available: <https://docs.openstack.org/kolla-ansible/latest/user/support-matrix.html>
- [14] Eucalyptus, “Eucalyptus Minimum System Requirements.” Accessed: Aug. 01, 2023. [Online]. Available: [https://docs.eucalyptus.cloud/eucalyptus/5/install\\_guide/intro/system\\_requirements/](https://docs.eucalyptus.cloud/eucalyptus/5/install_guide/intro/system_requirements/)
- [15] Eucalyptus, “Eucalyptus Supported Operating Systems.” Accessed: Aug. 01, 2023. [Online]. Available: [https://docs.eucalyptus.cloud/eucalyptus/5/install\\_guide/intro/](https://docs.eucalyptus.cloud/eucalyptus/5/install_guide/intro/)
- [16] CloudStack, “CloudStack’s History.” Accessed: Aug. 01, 2023. [Online]. Available: <https://cloudstack.apache.org/history.html>

- [17] CloudStack, “CloudStack License.” Accessed: Aug. 10, 2023. [Online]. Available: <https://cloudstack.apache.org>
- [18] CloudStack, “CloudStack Minimum System Requirements.” Accessed: Aug. 01, 2023. [Online]. Available: [https://docs.cloudstack.apache.org/en/latest/installguide/overview/\\_requirements.html](https://docs.cloudstack.apache.org/en/latest/installguide/overview/_requirements.html)
- [19] CloudStack, “CloudStack Compatibility Matrix.” Accessed: Aug. 01, 2023. [Online]. Available: <https://docs.cloudstack.apache.org/en/latest/releasenotes/compat.html>
- [20] OpenNebula, “OpenNebula License.” Accessed: Aug. 10, 2023. [Online]. Available: <https://openebula.io/legal/>
- [21] OpenNebula, “OpenNebula Supported Operating Systems.” Accessed: Aug. 01, 2023. [Online]. Available: [https://docs.openebula.io/6.4/intro\\_release\\_notes/release\\_notes\\_enterprise/platform\\_notes\\_ee.html#uspng](https://docs.openebula.io/6.4/intro_release_notes/release_notes_enterprise/platform_notes_ee.html#uspng)
- [22] VMware, “VMware Deployment Requirements.” Accessed: Aug. 01, 2023. [Online]. Available: <https://docs.vmware.com/en/VMware-vCloud-Availability/3.5/on-prem-install-config-vcloud-availability/GUID-B60E073E-D857-4B6E-B17B-3978C3F7874B.html>
- [23] oVirt, “oVirt License.” Accessed: Aug. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.ovirt.org/community/about/licensing.html>
- [24] oVirt, “oVirt Engine Requirements.” Accessed: Aug. 01, 2023. [Online]. Available: [https://www.ovirt.org/documentation/installing\\_ovirt\\_as\\_a\\_standalone\\_manager\\_with\\_remote\\_databases/#RHV-manager-requirements](https://www.ovirt.org/documentation/installing_ovirt_as_a_standalone_manager_with_remote_databases/#RHV-manager-requirements)
- [25] NimbusProject, “Nimbus Lisence.” Accessed: Aug. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.nimbusproject.org/docs/2.4/faq.html#license>
- [26] NimbusProject, “Major Features.” Accessed: Aug. 01, 2023. [Online]. Available: <https://www.nimbusproject.org/docs/current/features.html#ctx>
- [27] RedHat, “KVM System Requirements.” Accessed: Aug. 01, 2023. [Online]. Available: [https://access.redhat.com/documentation/en-us/red\\_hat\\_enterprise\\_linux/7/html/virtualization\\_deployment\\_and\\_administration\\_guide/chap-requirements#sect-host\\_requirements](https://access.redhat.com/documentation/en-us/red_hat_enterprise_linux/7/html/virtualization_deployment_and_administration_guide/chap-requirements#sect-host_requirements)
- [28] XenServer, “Citrix Hypervisor License.” Accessed: Aug. 10, 2023. [Online]. Available: <https://docs.xenserver.com/en-us/citrix-hypervisor/overview-licensing.html>
- [29] Citrix, “Citrix XenServer System Requirements.” Accessed: Aug. 01, 2023. [Online]. Available: <https://docs.xenserver.com/en-us/citrix-hypervisor/system-requirements.html>
- [30] LinuxContainers, “LXC License.” Accessed: Aug. 10, 2023. [Online]. Available: <https://linuxcontainers.org/lxc/introduction/>
- [31] Ubuntu, “LXD License.” Accessed: Aug. 10, 2023. [Online]. Available: [https://documentation.ubuntu.com/lxd/en/latest/?\\_ga=2.123887501.641144413.1693443493-26165302.1691368764](https://documentation.ubuntu.com/lxd/en/latest/?_ga=2.123887501.641144413.1693443493-26165302.1691368764)

- [32] Ubuntu, “LXD/LXC Supported Operating Systems.” Accessed: Aug. 05, 2023. [Online]. Available: <https://documentation.ubuntu.com/lxd/en/latest/architectures/>
- [33] Canonical, “LXD/LXC System Requirements.” Accessed: Aug. 01, 2023. [Online]. Available: <https://documentation.ubuntu.com/lxd/en/latest/requirements/>
- [34] Firecracker, “Firecracker License.” Accessed: Aug. 31, 2023. [Online]. Available: <https://firecracker-microvm.github.io>
- [35] Amazon, “AWS Firecracker System Requirements.” Accessed: Aug. 01, 2023. [Online]. Available: <https://github.com/firecracker-microvm/firecracker/blob/main/SPECIFICATION.md>
- [36] VMware, “VMware ESXi 7 System Requirements.” Accessed: Aug. 01, 2023. [Online]. Available: <https://docs.vmware.com/en/VMware-vSphere/7.0/com.vmware.esxi.install.doc/GUID-DEB8086A-306B-4239-BF76-E354679202FC.html>
- [37] Microsoft, “Hyper-V Minimum System Requirements.” Accessed: Aug. 01, 2023. [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/en-us/virtualization/hyper-v-on-windows/reference/hyper-v-requirements>
- [38] H. Le, “OpenStack and Software-Defined Networking The Enormous Potential of Open Source Software Collaboration,” 2017.
- [39] J. Denton, *Learning OpenStack Networking (Neutron)*. Packt Publishing, 2014.
- [40] Fujitsu, “PRIMERGY RX100 S7p Datasheet.” Accessed: Sep. 17, 2023. [Online]. Available: <https://www.fujitsu.com/tw/Images/ds-py-rx100-s7.pdf>
- [41] H. Geng, *Data Center Handbook*. Wiley, 2014.
- [42] C. Wu, R. Buyya, T. Green, and M. Limbert, *Cloud data centers and cost modeling : a complete guide to planning, designing and building a cloud data center*.

## Παράρτημα Ι.

**Πίνακας Παρ.Ι.1:** Χαρακτηριστικά εξυπηρετητών νέφους [40]

<b>Μητρική κάρτα - Επεξεργαστής</b>	
Chipset	Intel C202
Μοντέλο επεξεργαστή	1 x Intel Xeon processor E3-1200 V2
Συνολικοί πυρήνες	4
Συνολικά νήματα	4
Βασική συχνότητα επεξεργαστή	3.10 GHz
Intel® Virtualization Technology (VT-x)	Ναι
<b>Μνήμη</b>	
Χωρητικότητα μνήμης	2 x 4 GB (8 GB)
Τύπος υποδοχής μνήμης	DIMM (DDR3) UDIMM
Ταχύτητα μνήμης	1600 MHz
<b>Διεπαφές</b>	
Αριθμός USB 2.0 πορτών	6
Γραφικά (15-pin)	1 x VGA (15-pin)
Σειριακή σύνδεση	1 x Serial RS-232-C
LAN / Ethernet (RJ-45)	2 x Gbit/s Ethernet
Management LAN (RJ45)	1 x Αποκλειστική θύρα LAN για iRMC S3 (10/100/1000 Mbit/s). Η κίνηση της θύρας διαχείρισης LAN μπορεί να αλλάξει σε κοινόχρηστη ενσωματωμένη θύρα Gbit LAN.
<b>Κάρτα γραφικών</b>	
Μοντέλο κάρτας γραφικών	NVIDIA Quadro NVS 300 LP, PCIe x1
Μέγεθος μνήμης	512 MB
Τύπος μνήμης	DDR3
Memory Bus	64 bit
<b>Ενσωματωμένοι ελεγκτές</b>	
Ελεγκτής RAID	Ενσωματωμένο RAID 0/1.

Ελεγκτής SATA	Intel C202, 1 θύρα που χρησιμοποιείται για προσβάσιμη μονάδα δίσκου, 4 θύρες για εσωτερικούς σκληρούς δίσκους SATA με RAID 0, 1, 10.
Ελεγκτής LAN	Intel 82574L + Intel 82579LM (ενσωματωμένο), 2 x 10/100/1000 Mbit/s Ethernet (TCP/IP acceleration), iSCSI και PXE-Boot.
<b>Αποθηκευτικός χώρος</b>	
Θήκες δίσκων αποθήκευσης	2 x 3.5-inch hot-plug SAS/SATA

Πίνακας Παρ.1.2: Πλατφόρμες διαχείρισης νέφους

ΟΝΟΜΑ	Θετικά	Αρνητικά	Απαιτήσεις Συστήματος	Δομοστοιχεία		Υποστήριξη Container
OpenStack	<b>Άδεια:</b> OpenSource	<b>Προβλήματα:</b> Οι χρήστες αναφέρουν προβλήματα δικτύου όταν χρησιμοποιούν το VMWare μαζί με το OpenStack.	<b>Operating system:</b> Ubuntu Jammy (22.04), CentOS 9 stream, Rocky Linux 9, Debian 11, openEuler 22.03 LTS.	<b>Web Frontend</b>	<b>Horizon:</b> Παρέχει Dashboard Interface.	Το Openstack προσφέρει αρκετές μεθόδους για την αξιοποίηση των containers και αυτό μπορεί να διαπιστωθεί από την δομοστοιχεία του. Όπως, Με το Magnum παρέχει παράδοση container Frameworks σαν το Kubernetes. Επίσης το Zun, προσφέρει υπηρεσία container ελαφρύτερου βάρους για τη διαχείρισή τους.
	<b>License:</b> Apache License 2.0		<b>64-bit architecture.</b>		<b>Workload Provisioning</b>	
	<b>HyperVisors:</b> KVM, Xen, XenServer, LXC, VMWare vSphere, Hyper-V, VMWare Esxi.	<b>Εγκατάσταση:</b> Περίπλοκη εγκατάσταση. Κάθε component εγκαθιστάτε ξεχωριστά.	<b>CPU:</b> 4 Cores with 2.4GHz.	<b>Trove:</b> Είναι βάση δεδομένων ως υπηρεσία.		
	<b>Storage:</b> Μέσω του Swift.	<b>Documentation:</b> Παρέχει βάθος εγκατάστασης και εναλλακτικές των επιλογών. Σε κάθε component δίνεται οδηγός για εγκατάσταση.	<b>RAM:</b> 8GB	<b>Application Lifecycle</b>	<b>Sahara:</b> Παρέχει Frameworks επεξεργασίας δεδομένων (όπως Hadoop, Spark και Storm).	
	<b>Security:</b> Keystone, LDAP, Tokens(APIs), X.509 Πιστοποιητικό και HTTPD.	<b>Υποστήριξη πελατών:</b> Δεν υπάρχει αποκλειστική υποστήριξη πελατών.	<b>HDD:</b> 40 GB		<b>Masakari:</b> Είναι σχεδιασμένο για την εξασφάλιση υψηλής διαθεσιμότητας (HA) των instances και των υπολογιστικών διεργασιών που εκτελούνται σε hosts.	
	<b>Database:</b> PostgreSQL, MySQL και MongoDB.		<b>2 NIC.</b>		<b>Murano:</b> Το Murano είναι ένα project OpenStack ανοιχτού κώδικα που συνδυάζει έναν κατάλογο εφαρμογών με ευέλικτα εργαλεία για να	

<p><b>Αυτοματοποίηση:</b> Εύκολη καθώς, παρέχει αρκετά εργαλεία που μπορούν να συνεργαστούν μεταξύ τους αλλά και με την Ansible για λύσεις με ένα κλικ.</p>				<p>απλοποιήσει και να επιταχύνει τη συσκευασία και την ανάπτυξη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με σχεδόν οποιαδήποτε εφαρμογή και υπηρεσία στο OpenStack.</p>
<p><b>Live Migration:</b> Υποστήριξη VM και Storage.</p>			<p><b>Orchestration</b></p>	<p><u>Blazar</u>: Είναι υπηρεσία παροχής κρατήσεων πόρων στο OpenStack cloud για διαφορετικούς τύπους πόρων, τόσο εικονικούς όσο και φυσικούς.</p>
<p><b>User Management:</b> Ναι</p>				<p><u>Heat</u>: Είναι υπηρεσία για την ενorchήστρωση σύνθετων εφαρμογών cloud χρησιμοποιώντας μία μορφή Template μέσω ενός OpenStack-native REST API.</p>
				<p><u>Mistral</u>: Είναι υπηρεσία ροής εργασιών, όπου προσφέρει δυνατότητες αυτοματοποίησης.</p>
				<p><u>Senlin</u>: Είναι μια υπηρεσία δημιουργίας και διαχείρισης Cluster πολλαπλών πόρων cloud.</p>
				<p><u>Zaqar</u>: Είναι υπηρεσία ανταλλαγής μηνυμάτων και ειδοποιήσεων cloud πολλαπλών ενοικιαστών για προγραμματιστές ιστού και κινητών.</p>



				<p><b>Compute</b></p> <p><u>Nova</u>: Εφαρμογή υπηρεσιών και σχετικών βιβλιοθηκών για την παροχή μαζικής επεκτασιμότητας, κατόπιν ζήτησης, αυτοεξυπηρέτηση πρόσβασης σε υπολογιστικούς πόρους, συμπεριλαμβανομένων bare metal, virtual machines, και containers.</p> <p><u>Zun</u>: Έναρξη και διαχείριση containers.</p>
			<p><b>Storage</b></p> <p><u>Cinder</u>: Είναι υπηρεσία Block Storage για την παροχή volumes σε εικονικές μηχανές Nova, Ironic bare metal hosts, containers και άλλα.</p> <p><u>Swift</u>: Είναι υπηρεσία Object Storage όπου παρέχει λογισμικό αποθήκευσης και ανάκτησης δεδομένων μέσω HTTP.</p>	
			<p><b>Networking</b></p> <p><u>Designate</u>: Είναι DNS ως υπηρεσία πολλαπλών ενοικιαστών.</p> <p><u>Neutron</u>: Παρέχει συνδεσιμότητα δικτύου ως υπηρεσία μεταξύ συσκευών διασύνδεσης (π.χ. vNIC) που διαχειρίζονται άλλες υπηρεσίες OpenStack.</p> <p><u>Octavia</u>: Χειρίζεται την εξισορρόπηση φορτίου στο δίκτυο.</p>	

				<p><b>Hardware Lifecycle</b></p> <p><u>Ironic</u>: Είναι ένα project OpenStack που παρέχει μηχανές γυμνού μετάλλου (σε αντίθεση με τις εικονικές). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα ή ως μέρος ενός OpenStack Cloud και ενσωματώνεται με τις υπηρεσίες OpenStack Identity (keystone), Compute (nova), Network (νετρόνιο), Image (glance) και Object (swift).</p> <p><u>Cyborg</u>: Παρέχει ένα πλαίσιο διαχείρισης γενικού σκοπού για επιταχυντές (συμπεριλαμβανομένων των GPU, FPGA, συσκευών που βασίζονται σε ASIC, κ.λπ.).</p>
			<p><b>Shared Services</b></p> <p><u>Placement</u>: Είναι υπηρεσία OpenStack που παρέχει ένα HTTP API για την παρακολούθηση των αποθεμάτων και των χρησιμοποιούμενων cloud πόρων για να βοηθήσει άλλες υπηρεσίες να διαχειρίζονται αποτελεσματικά και να κατανέμουν τους πόρους τους.</p> <p><u>Barbican</u>: Είναι υπηρεσία Key Manager που παρέχει ασφαλή αποθήκευση, παροχή και διαχείριση μυστικών δεδομένων.</p> <p><u>Glance</u>: Παρέχει υπηρεσία όπου οι χρήστες μπορούν να ανεβάσουν και να ανακαλύψουν στοιχεία δεδομένων που προορίζονται να χρησιμοποιηθούν με άλλες υπηρεσίες.</p>	

					<p><u>Keystone</u>: Είναι υπηρεσία που παρέχει έλεγχο ταυτότητας πελάτη API, ανακάλυψη υπηρεσίας και κατανεμημένη εξουσιοδότηση πολλαπλών εντοικιαστών.</p>	
				<b>Monitoring</b>	<p><u>Ceilometer</u>: Στόχος του είναι η συλλογή, κανονικοποίηση και μετατροπή δεδομένων που παράγονται από τις υπηρεσίες OpenStack.</p>	
					<p><u>Cloudkitty</u>: Είναι ένα έργο αξιολόγησης ως υπηρεσία όπου έχει σχεδιαστεί για να μεταφράζει τις μετρήσεις σε τιμές.</p>	
					<p><u>Rally</u>: Είναι ένα εργαλείο συγκριτικής αξιολόγησης και ανάλυσης απόδοσης.</p>	
<b>Eucalyptus</b>	<b>Άδεια:</b> OpenSource.	<b>Προβλήματα:</b> Η επιλογή του Esxi είναι διαθέσιμη μόνο στη Commercial επιλογή.	<b>Operating system:</b> CentOS 7.9 και RHEL 7.9.	<b>Web Frontend</b>	<p><u>Management Console</u>: Είναι μία εύχρηστη διεπαφή ιστού που επιτρέπει τη διαχείριση του Eucalyptus cloud.</p>	Δεν παρέχετε λειτουργία.
	<b>License:</b> GNU General Public License V3	<b>Εγκατάσταση:</b> -	<b>64-bit architecture.</b>	<b>Workload Provisioning</b>	-	

	<b>HyperVisors:</b> Vmware vSphere, Xen και KVM.	<b>Documentation:</b> To documentation δεν προσφέρει βάθος των επιλογών του εργαλείου.	<b>CPU:</b> 4 Cores with 2GHz.	<b>Application Lifecycle</b>	<u>User-Facing Services (UFS):</u> Χρησιμεύουν ως endpoints για τις AWS-compatible υπηρεσίες που προσφέρονται από το Eucalyptus: EC2 (υπολογισμός), AS (Αυτόματη κλιμάκωση), CW (CloudWatch), ELB (LoadBalancing), IAM (Euare) και STS (tokens).
	<b>Storage:</b> Μέσω του Warlus.	<b>Υποστήριξη πελατών:</b> Μέσω ticket.	<b>RAM:</b> 16GB		
	<b>Security:</b> Basic Auth, X.509 πιστοποιητικό, SOAP και WS-Security.		<b>HDD:</b> 160 GB	<b>Orchstration</b>	<u>Node Controller (NC):</u> Ελέγχει τις δραστηριότητες των VM, συμπεριλαμβανομένης της εκτέλεσης, επιθεώρησης και τερματισμού παρουσιών VM.
	<b>Database:</b> PostgreSQL		<b>NIC:</b> -	<b>Compute</b>	<u>Cluster Controller (CC):</u> Συλλέγουν πληροφορίες σχετικά με ένα σύνολο NC και προγραμματίζουν την εκτέλεση εικονικής μηχανής σε συγκεκριμένα NC.
	<b>Αυτοματοποίηση:</b> -				<u>Cloud Controller (CLC):</u> Διαχειρίζεται εικονικούς πόρους όπως διακομιστές, δίκτυο και αποθήκευση. Επίσης, χειρίζεται τον έλεγχο ταυτότητας, τη λογιστική, την αναφορά και τη διαχείριση quotas στο cloud.
	<b>Live Migration:</b> Υποστήριξη VM.				
	<b>User Management:</b> Ναι				<b>Storage</b>

				<p><u>Object Storage Provider(OSP)</u>: Είναι είτε το backend Eucalyptus Walrus, είτε το Riak CS ή το Ceph-RGW. Το Walrus προορίζεται για ελαφριά χρήση S3 και είναι μια ενιαία υπηρεσία. Το Riak είναι μία κλιμακούμενη πλατφόρμα δεδομένων γενικού σκοπού ανοιχτού κώδικα και προορίζεται για αναπτύξεις με βαριά χρήση S3. Το Ceph-RGW είναι μία διεπαφή αποθήκευσης αντικειμένων χτισμένη πάνω από το Librados.</p>
				<p><u>Object Storage Gateway (OSG)</u>: Διαβιβάζει αιτήματα σε παρόχους αποθήκευσης αντικειμένων και συνομιλεί με το persistence layer (DB) για τον έλεγχο ταυτότητας αιτημάτων.</p>
			<b>Networking</b>	<p><u>Eucanetd</u>: Διαχειρίζεται τη δικτύωση του Eucalyptus cloud.</p>
				<p>Το Eucalyptus παρέχει υπηρεσία DNS που αντιστοιχίζει ονόματα υπηρεσιών, ονόματα κάδου και άλλα σε διευθύνσεις IP.</p>
			<b>Hardware Lifecycle</b>	-
			<b>Shared Services</b>	-

				<b>Monitoring</b>	CloudWatch: Δίνει τη δυνατότητα να παρακολουθούμε, να διαχειριζόμαστε και να δημοσιεύουμε διάφορες μετρήσεις, καθώς και να διαμορφώνουμε ενέργειες συναγερμού με βάση δεδομένα από μετρήσεις.	
				<b>Database</b>	Χρησιμοποιεί την PostgreSQL.	
CloudStack	<b>Άδεια:</b> OpenSource	<b>Προβλήματα:</b> Τα αρχεία καταγραφής διακομιστή δεν είναι τόσο φιλικά και οι αναβαθμίσεις είναι περίπλοκες.	<b>Operating system:</b> CentOS 7, RHEL 7, 8 και 9, Ubuntu 18.04 LTS, 20.04 LTS και 22.04 LTS, Rocky Linux 8 και 9, Alma Linux 8 και 9, openSUSE Leap 15, SUSE Linux Enterprise Server 15 .	<b>Web Frontend</b>	Το CloudStack προσφέρει μια διεπαφή ιστού διαχειριστών που χρησιμοποιείται για την παροχή και τη διαχείριση του cloud, καθώς και μια διεπαφή Ιστού τελικού χρήστη, που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση εικονικών μηχανών και τη διαχείριση εικονικών προτύπων.	Το Cloudstack προσφέρει τη δυνατότητα ενεργοποίησης της υπηρεσίας "CloudStack Kubernetes Service". Είναι ενσωματωμένη ήδη στο πακέτο του Cloudstack και δίνει στους τελικούς χρήστες τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν πολλαπλές μηχανές κοντέινερ, όπως το Docker με CoreOS.
	<b>License:</b> Apache License 2.0	<b>Εγκατάσταση:</b> -	<b>64-bit architecture.</b>			
	<b>HyperVisors:</b> Vmware vSphere, Hyper-V, KVM, Citrix XenServer, Xen Cloud Platform (XCP) και LXC.	<b>Documentation:</b> Έλλειψη εμπάθυνας στο εργαλείο.	<b>CPU:</b> Περισσότεροι πυρήνες έχουν ως αποτέλεσμα καλύτερη απόδοση	<b>Workload Provisioning</b>	-	
	<b>Storage:</b> Μέσω του UNIX συστήματος αρχείων.	<b>Υποστήριξη πελατών:</b> Μέσω ticket.	<b>RAM:</b> 4 GB	<b>Application Lifecycle</b>	Το CloudStack διαθέτει λειτουργίες για να αυξήσει τη διαθεσιμότητα του συστήματος. Ο ίδιος ο διακομιστής διαχείρισης μπορεί να αναπτυχθεί σε μια εγκατάσταση πολλών κόμβων όπου	

<p><b>Security:</b> Μέσω των SAML και LDAP πρωτοκόλλων.</p>	<p><b>HDD:</b> 250 GB</p>	<p>οι διακομιστές είναι εξισορροπημένοι στο φορτίο. Η MySQL μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να χρησιμοποιεί αναπαραγωγή (replication) για να παρέχει ανακατεύθυνση σε περίπτωση απώλειας της βάσης δεδομένων. Για τους κεντρικούς υπολογιστές, το CloudStack υποστηρίζει τη σύνδεση NIC και τη χρήση ξεχωριστών δικτύων για αποθήκευση καθώς και iSCSI Multipath.</p>
<p><b>Database:</b> MySQL</p>	<p><b>1 NIC.</b></p>	
<p><b>Αυτοματοποίηση:</b> Με τη συνεργασία του εργαλείου Terraform μέσω αρχείων HCL για τη διαχείριση του Cloud.</p>		<p><u>Pods:</u> Είναι μία επιλογή υλικού που έχει διαμορφωθεί για να σχηματίζει clusters.</p>
<p><b>Live Migration:</b> Υποστήριξη VM και Storage.</p>		<p><u>Zones:</u> Είναι η μεγαλύτερη οργανωτική μονάδα σε μία ανάπτυξη CloudStack. Συνήθως, μια υλοποίηση datacenter περιέχει ένα zone.</p>
<p><b>User Management:</b> Ναι</p>		<p><u>Hosts:</u> Παρέχουν τους υπολογιστικούς πόρους που εκτελούν εικονικές μηχανές επισκέπτη.</p>
		<p><u>Clusters:</u> Είναι μια ομάδα πανομοιότυπων κεντρικών υπολογιστών που εκτελούν έναν κοινό Hypervisor.</p>
		<p><b>Compute</b> <u>Management Server:</u> Ενορχηστρώνει και εκχωρεί τους πόρους στην ανάπτυξη του cloud.</p>

					<p><b>Storage</b></p> <p><u>Primary Storage</u>: Φιλοξενεί τα VM instances.</p> <p><u>Secondary Storage</u>: Χρησιμοποιείται για την αποθήκευση VM Templates , εικόνων ISO και στιγμιότυπων.</p>
					<p>Παρέχονται υπηρεσίες DNS και DHCP στους επισκέπτες. Ο DNS τροποποιείται στο Availability Zone.</p>
					<p><b>Networking</b></p> <p><u>Βασικός τύπος</u>: Παρέχει ένα ενιαίο δίκτυο επιπέδου-2 όπου η απομόνωση επισκέπτη παρέχεται στο επίπεδο-3 από τη συσκευή γέφυρας hypervisors.</p>
					<p><u>προχωρημένος τύπος</u>: Συνήθως χρησιμοποιεί απομόνωση επιπέδου 2, όπως τα VLAN, αν και αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει επίσης τεχνολογίες SDN όπως το Nicira NVP.</p>
					<p><b>Hardware Lifecycle</b></p> <p>-</p>



				<p><b>Shared Services</b></p> <p><u>OVS Plugin</u>: Μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το CloudStack για την υλοποίηση απομονωμένων δικτύων επισκεπτών και για την παροχή πρόσθετων υπηρεσιών όπως NAT, port forwarding και load balancing.</p> <p>Το CloudStack παρέχει ένα API τύπου REST για τη λειτουργία, τη διαχείριση και τη χρήση του cloud.</p> <p><u>CloudStack API</u>: Είναι ένα API χαμηλού επιπέδου που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση των διεπαφών χρήστη ιστού CloudStack. Επίσης, είναι μία καλή βάση για την εφαρμογή άλλων δημοφιλών API όπως το EC2/S3 και τα πρότυπα DMTF.</p>	
				<p><b>Monitoring</b></p> <p>Παρέχονται plugins για τον έλεγχο του συστήματος και τον λειτουργιών αλλά μπορούν να ενσωματωθούν και λογισμικά τρίτων.</p>	
				<p><b>Database</b></p> <p>Ο διακομιστής διαχείρισης CloudStack χρησιμοποιεί έναν διακομιστή βάσης δεδομένων MySQL για την αποθήκευση των δεδομένων του.</p>	
<p><b>OpenNebula</b></p>	<p><b>Άδεια:</b> OpenSource</p>	<p><b>Προβλήματα:</b> Ο συγχρονισμός της διαμόρφωσης διακομιστή HA με την εντολή onezone serversync δεν λειτουργεί</p>	<p><b>Operating system:</b> CentOS 7 or 8, Debian 9 or 10, Ubuntu 18.04 or 20.04.</p>	<p><b>Web Frontend</b></p> <p><u>Sunstone</u>: Είναι η γραφική διεπαφή χρήστη του OpenNebula.</p>	<p>Το OpenNebula δίνει τη δυνατότητα προσθήκης του Firecracker ως hypervisor (host). Το οποίο προσφέρει ελαφριές εικονικές</p>

<b>License:</b> Apache License 2.0	για τα PostgreSQL και SQLite DB Back-end. Επίσης στο vCenter 7.0 όταν εντοπιστεί οποιαδήποτε αλλαγή στον αριθμό των δίσκων που είναι συνδεδεμένοι σε ένα VM, καθαρίζει αυτόματα όλα τα στιγμιότυπα VM.	<b>64-bit architecture.</b>		<u>FireEdge:</u> προσθέτει επιπλέον λειτουργικότητα στο Sunstone.	μηχανές αλλά με την ταχύτητα των containers.
<b>Hypervisors:</b> Vmware vSphere, LXD/LXC, KVM και AWS Firecracker.		<b>CPU:</b> 2 Cores.	<b>Workload Provisioning</b>	-	Επίσης, μέσω του Sunstone (GUI) μπορούμε να εγκαταστήσουμε υπηρεσίες container όπως docker Hub και Kubernetes cluster οι οποίες είναι ενσωματωμένες στο πακέτο του OpenNebula.
<b>Storage:</b> Μέσω του Storpool.		<b>RAM:</b> 4 GB	<b>Application Lifecycle</b>	<u>Virtual Machines High Availability:</u> Παρέχει πληροφορίες για την προετοιμασία βλαβών των εικονικών μηχανών ή των κεντρικών υπολογιστών και την ανάκτηση τους από αυτές.	
<b>Security:</b> Auth Driver, Basic Auth, Open Nubula Auth, x.509 Πιστοποιητικό και LDAP.	<b>Εγκατάσταση:</b> -	<b>HDD:</b> 20 GB		<u>OpenNebula Front-end HA:</u> Το OpenNebula παρέχει έναν ενσωματωμένο μηχανισμό για τη διασφάλιση υψηλής διαθεσιμότητας (HA) των βασικών υπηρεσιών Front-end - Opennebula και opennebula-scheduler.	
<b>Database:</b> SQLite (Default), MySQL/MariaDB και PostgreSQL.	<b>Documentation:</b> Εμβαθύνει επαρκώς.	<b>2 NICS.</b>			
<b>Αυτοματοποίηση:</b> Παρέχονται επεκτάσεις που ενοποιούνται με το OpenNebula, όπως Ansible, Terraform, Docker Machine και Rancher.	<b>Υποστήριξη πελατών:</b> Παρέχουν commercial λύσεις, καθώς και δωρεάν μέσω ticket.		<b>Orchstration</b>	<u>Scheduler:</u> Είναι υπεύθυνος για τον προγραμματισμό των εκκρεμών VM σε διαθέσιμους κόμβους hypervisor.	
<b>Live Migration:</b> Υποστήριξη VM και Storage.				<u>OneFlow:</u> Ενορχηστρώνει υπηρεσίες πολλαπλών VM στο σύνολό τους, καθορίζοντας dependencies και πολιτικές αυτόματης κλιμάκωσης για τα στοιχεία της εφαρμογής.	

	<p><b>User Management:</b> Ναι</p>				<p>OneGate: επιτρέπει στις Εικονικές Μηχανές να αντλούν και να προωθούν πληροφορίες από/προς το OpenNebula.</p>	
				<p><b>Compute</b></p>	<p><u>Edge Cluster Provision:</u> Δημιουργεί πλήρως λειτουργικούς OpenNebula clusters σε δημόσιους cloud ή edge παρόχους.</p>	
				<p><b>Storage</b></p>	<p><u>Image Datastore:</u> Αποθηκεύει το αποθετήριο εικόνας.</p>	
					<p><u>System Datastore:</u> περιέχει αποθηκευτικό χώρο για την εκτέλεση εικονικών μηχανών, που συνήθως κλωνοποιούνται από το Image Datastore.</p>	
					<p><u>Files &amp; Kernels Datastore:</u> Αποθηκεύει απλά αρχεία που χρησιμοποιούνται στη δημιουργία συμφραζομένων (contextualization) ή πυρήνες εικονικής πραγματικότητας που χρησιμοποιούνται από ορισμένους hypervisors.</p>	

				<p><b>Networking</b></p> <p><u>Networking Driver</u>: Κατά την εκκίνηση μιας νέας VM, το OpenNebula θα συνδέσει τις διεπαφές εικονικού δικτύου με τις συσκευές σύνδεσης δικτύου των hypervisors όπως ορίζονται στο αντίστοιχο Εικονικό Δίκτυο. Αυτό θα επιτρέψει στο VM να έχει πρόσβαση σε δημόσια και ιδιωτικά δίκτυα.</p>
				<p><b>Hardware Lifecycle</b></p> <p>-</p>
				<p><b>Shared Services</b></p> <p><u>XML-RPC API</u>: Διαχειρίζεται και ελέγχει τους πόρους του OpenNebula.</p> <p><u>OpenNebula Cloud API</u>: Παρέχει έναν απλοποιημένο και βολικό τρόπο διασύνδεσης με το OpenNebula core XML-RPC API.</p> <p><u>OpenNebula OneFlow API</u>: Είναι μια υπηρεσία RESTful για δημιουργία, έλεγχο και παρακολούθηση υπηρεσιών που αποτελούνται από διασυνδεδεμένες VMs με dependencies ανάπτυξης μεταξύ τους.</p>

				<b>Monitoring</b>	Μέσω εξωτερικού λογισμικού. Συλλέγει πληροφορίες σχετικές με τους κεντρικούς υπολογιστές και τις εικονικές μηχανές.	
				<b>Database</b>	Διατηρεί την κατάσταση του cloud στην επιλεγμένη βάση δεδομένων SQL.	
Vmware vCloud	<b>Άδεια:</b> Commercial	<b>Προβλήματα:</b> Δεν υπάρχει ενοποίηση μεταξύ του vSphere HA και vCloud Director.	<b>Operating system:</b> Επάνω από Esxi, vCenter server.	<b>Web Frontend</b>	<u>vCloud Director Web Console:</u> Web-Based console για διαχειριστές και χρήστες.	Το Vmware παρέχει το extension "VMware Tanzu Kubernetes Grid" όπου μπορεί να εγκατασταθεί στην υπηρεσία για την ενεργοποίηση Kubernetes cluster.
	<b>License:</b> ιδιόκτητη	<b>Εγκατάσταση:</b> -	<b>64-bit architecture.</b>		<u>vCloud Availability Portal:</u> Είναι μια εικονική εφαρμογή που παρέχει γραφική διεπαφή χρήστη στους ενοικιαστές για να διευκολύνει τη διαχείριση του vCloud Availability για τις λειτουργίες του vCloud Director.	
	<b>Hypervisors:</b> ESXi	<b>Documentation:</b> Επαρκές και περίπλοκο λόγο των πολλών επεκτάσεων.	<b>CPU:</b> 4 Cores.	<b>Workload Provisioning</b>	<u>VMware Cloud Director Availability:</u> Είναι μία λύση Disaster Recovery-as-a-Service. Ανάμεσα σε σύννεφα πολλαπλών ενοικιαστών και εσωτερικής εγκατάστασης, με ασύγχρονες επαναλήψεις, το VMware Cloud Director Availability προστατεύει, μεταναστεύει, αποτυγχάνει και αντιστρέφει την αποτυχία των vApps και των VMs.	
	<b>Storage:</b> Μέσω της επέκτασης από την Vmware "Object Storage".	<b>Υποστήριξη πελατών:</b> Παράπονα για την υποστήριξη πελατών από την κοινότητα.	<b>RAM:</b> 4 GB			
	<b>Security:</b> LDAP, SAML και X509 πιστοποιητικό.		<b>HDD:</b> 10 GB			

<p><b>Database:</b> PostgreSQL και MySQL.</p>	<p><b>1 NIC</b> τουλάχιστον 1 Gbps.</p>	<p><b>Application Lifecycle</b></p>	<p>-</p>
<p><b>Αυτοματοποίηση:</b> Δημιουργώντας λογαριασμό νέφους VMware Cloud Director στο vRealize Automation μας παρέχετε ανάπτυξη εικονικών μηχανών Cloud Director χρησιμοποιώντας αγνωστικά αντικείμενα cloud.</p>		<p><b>Orchstration</b></p>	<p><u>Vmware vShield Manager:</u> Διαχειρίζεται και αναπτύσσει τις vShield Edge συσκευές που ζητούνται από τον Vcloud Director.</p> <p><u>RabbitMQ:</u> Χρησιμοποιείται για την επέκταση API vCloud για την παροχή επικοινωνίας μεταξύ των vCloud Director cells και της υπηρεσίας vSphere Replication Cloud.</p>
<p><b>Live Migration:</b> Υποστήριξη VM και Storage.</p>		<p><b>Compute</b></p>	<p><u>vSphere Replication Cloud Service:</u> Είναι μια εικονική εφαρμογή που παρέχει τη λειτουργικότητα διαχείρισης και τα API για τη vCloud Availability για το vCloud Director.</p>
<p><b>User Management:</b> Ναι</p>		<p><b>Storage</b></p>	<p><u>Vcloud Director Cell:</u> Μοιράζονται μια ενιαία βάση δεδομένων vCloud Director και έναν χώρο αποθήκευσης διακομιστή μεταφοράς και συνδέονται με το vSphere και τους πόρους δικτύου.</p>

					<p><u>Object Storage Extension:</u> Επιτρέπει στους χρήστες ενοικιαστών του Cloud Director να χρησιμοποιούν την αποθήκευση αντικειμένων μέσω της διεπαφής χρήστη και να υποστηρίζουν τους πελάτες S3 να καταναλώνουν την αποθήκευση αντικειμένων από τα API S3.</p>
				<p><b>Networking</b></p>	<p><u>vShield Edge:</u> Είναι το Firewall και το Router που παρέχει δικτύωση και υπηρεσίες ασφάλειας.</p>
					<p>Το VMware Cloud Director επιτρέπει την επεξεργασία του DNS.</p>
					<p>Το VMware Cloud Director υποστηρίζει εξισορρόπηση φορτίου σε L4 και L7 και μπορούμε να διαμορφώσουμε σε μία NSX-T Κέντρου Δεδομένων πύλη άκρης.</p>
				<p><b>Hardware Lifecycle</b></p>	-

				<b>Shared Services</b> VMware Platform Service Controller: Παρέχει υπηρεσία αναζήτησης για τον εντοπισμό του vCloud Availability για δομοστοιχεία vCloud Director και παρέχει ασφαλή υπηρεσία διακριτικού για τον έλεγχο ταυτότητας των χρηστών στο vCloud Director.	
				<b>Monitoring</b> Παρέχονται ενσωματωμένα εργαλεία για την δημιουργία και διαχείριση ενεργειών συναγερμού αλλά και την προβολή πληροφοριών χρήσης και συμβάντων.	
				<b>Database</b> Χρησιμοποιεί την PostgreSQL ή την MySQL.	
<b>oVirt</b>	<b>Άδεια:</b> OpenSource	<b>Προβλήματα:</b> Έλλειψη προσαρμογής και δύσκολος εντοπισμός προβλημάτων.	<b>Operating system:</b> Enterprise Linux 8.7+.	<b>Web Frontend</b> oVirt Engine Admin Portal: Web-based UI εφαρμογή πάνω από τη μηχανή, που χρησιμοποιούν οι sysadmin για την εκτέλεση προηγμένων ενεργειών.	Το oVirt δίνει τη δυνατότητα του container support, για την εκτέλεση containers παράλληλα με τα VMs.
	<b>License:</b> Apache License 2.0	<b>Εγκατάσταση:</b> -	<b>64-bit architecture.</b>	<b>Workload Provisioning</b> -	
	<b>Hypervisors:</b> KVM	<b>Documentation:</b> Έλλειψη και κακή οργάνωση.	<b>CPU:</b> 2 Cores	<b>Application Lifecycle</b> High Availability: Είναι ενσωματωμένη λειτουργία του oVirt Engine και επανεκκινεί τα VMs των επισκεπτών από αποτυχημένους κεντρικούς υπολογιστές αυτόματα σε άλλους κεντρικούς υπολογιστές.	
	<b>Storage:</b> Μέσω του Glance.	<b>Υποστήριξη πελατών:</b> -	<b>RAM:</b> 4 GB		



	<p><b>Security:</b> Keycloak, X.509 πιστοποιητικό, Bearer Auth και SSO.</p>		<p><b>HDD:</b> 25 GB</p>		<p><u>System Scheduler:</u> Είναι ενσωματωμένη λειτουργία του oVirt Engine. Παρέχει συνεχής load balancing VM με βάση τη χρήση πόρων/πολιτικών.</p>	
	<p><b>Database:</b> PostgreSQL</p>		<p><b>1 NIC</b> τουλάχιστον 1 Gbps.</p>		<p><b>Orchstration</b></p>	<p><u>QEMU Guest Agent:</u> Τρέχει μέσα στο VM και παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη χρήση πόρων στη μηχανή oVirt.</p>
	<p><b>Αυτοματοποίηση:</b> Με το εργαλείο Cloud-Init αυτοματοποιείτε η διαμόρφωση εικονικών μηχανών και Template στην αρχική εκτέλεση.</p>					<p><u>SDK:</u> Παρέχει επικοινωνία μεταξύ της μηχανής και αρχείων τύπου Script.</p>
	<p><b>Live Migration:</b> Υποστήριξη VM και Storage.</p>				<p><b>Compute</b></p>	<p><u>oVirt Engine:</u> Διαχειρίζεται τους κεντρικούς υπολογιστές και επιτρέπει στους διαχειριστές συστήματος να δημιουργούν και να αναπτύσσουν νέα VM.</p>
	<p><b>User Management:</b> Ναι</p>					<p><u>Host agent (VDSM):</u> Η μηχανή επικοινωνεί με το VSDM για να ζητήσει ενέργειες που σχετίζονται με το VM στους κόμβους.</p>
				<p><b>Storage</b></p>	<p><u>Storage Management:</u> Είναι ενσωματωμένη λειτουργία του oVirt Engine. Είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση του τομέα αποθήκευσης (NFS/iSCSI/Local) και των εικονικών δίσκων VM.</p>	

					<p><u>Block Storage</u>: Υποστηρίζεται μέσω εξωτερικού API και επιτρέπει την εκτέλεση γρήγορων ενεργειών από πλευράς αποθήκευσης με ελάχιστη χρήση δικτύου από την πλευρά της διαχείρισης virt. Τέτοια API είναι ήδη ενσωματωμένα στο Cinder (Openstack).</p>
				<p><b>Networking</b></p>	<p><u>Network Management</u>: Είναι ενσωματωμένη λειτουργία του oVirt Engine. Προσθήκη λογικών δικτύων και προσάρτησή τους σε κεντρικούς υπολογιστές.</p>
					<p>Υπάρχει δυνατότητα επεξεργασίες του DNS αναλυτή στον Host.</p>
				<p><b>Hardware Lifecycle</b></p>	-
				<p><b>Shared Services</b></p>	<p><u>REST API</u>: Επιτρέπει στις εφαρμογές να εκτελούν ενέργειες εικονικοποίησης.</p>
					<p><u>SPICE client</u>: Βοηθητικό πρόγραμμα που επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στα VM.</p>

				<p><b>Monitoring</b></p> <p><u>Collectd</u>: Συλλέγει στατιστικά στοιχεία από τη μηχανή του oVirt και τους hypervisors και μεταφέρει τα δεδομένα στο fluentd.</p> <p><u>Fluentd</u>: Συλλέγει αρχεία καταγραφής από τη μηχανή oVirt και τους hypervisors.</p>		
				<p><b>Database</b></p> <p><u>Database</u>: Η PostgreSQL χρησιμοποιείται από τη μηχανή για να παρέχει persistence layer για τη διαμόρφωσή της ανάπτυξης του onvirt.</p> <p><u>DWH (Data Warehouse)</u>: Εκτελεί ETL σε δεδομένα που εξάγονται από τη βάση δεδομένων χρησιμοποιώντας το Talend και τα εισάγει στο ιστορικό της βάσης.</p> <p><u>DB Broker</u>: Είναι ενσωματωμένη λειτουργία του Engine core και είναι υπεύθυνο για όλες τις ενέργειες που σχετίζονται με τη βάση δεδομένων.</p>		
Nimbus	<b>Άδεια:</b> OpenSource	<b>Προβλήματα:</b> Η υποδομή δεν είναι πλέον υπό ανάπτυξη.	<b>Operating system:</b> Linux 64-bit, Windows 64-bit, macOS X 10.15+.	<b>Web Frontend</b>	<u>Cumulus</u> : Είναι το Frontend του Nimbus Cloud VM image Repository.	Δεν παρέχετε λειτουργία.
	<b>License:</b> Apache License 2.0	<b>Εγκατάσταση:</b> -	<b>CPU:</b> 2		<u>Nimbus Web</u> : Είναι η εξελισσόμενη διεπαφή ιστού για το Nimbus. Στόχος του είναι να παρέχει λειτουργίες διαχείρισης και χρήστη σε μια φιλική διεπαφή.	
	<b>Hypervisors:</b> KVM και Xen.	<b>Documentation:</b> Έλλειψη και κακή οργάνωση.	<b>RAM:</b> 4 GB			

	<b>Storage:</b> Μέσω του Cumulus.	<b>Υποστήριξη πελατών:</b> Δεν παρέχεται.	<b>HDD:</b> 200 GB	<b>Workload Provisioning</b>	<u>Web Service Resource Framework (WSRF):</u> Επιτρέπει στους πελάτες να αναπτύσσουν και να διαχειρίζονται εικονικούς χώρους εργασίας.
	<b>Security:</b> Basic Auth και X.509 Πιστοποιητικό.		<b>1 NIC</b> τουλάχιστον 1 Gbps.		
	<b>Database:</b> Apache Derby		<b>Application Lifecycle</b>	-	
	<b>Αυτοματοποίηση:</b> -			<u>Context Broker:</u> Η υπηρεσία επιτρέπει στους πελάτες να συντονίζουν τις εκκινήσεις μεγάλων εικονικών συμπλεγμάτων αυτόματα και επαναλαμβανόμενα.	
	<b>Live Migration:</b> -			<b>Orchstration</b>	<u>Context Agent:</u> Επικοινωνεί με ασφάλεια με το Context Broker χρησιμοποιώντας ένα μυστικό κλειδί.
	<b>User Management:</b> Ναι				<u>Reference client:</u> Εκθέτει ολόκληρο το σύνολο χαρακτηριστικών στο πρωτόκολλο WSRF ως γραμμή εντολών πελάτη.
				<b>Compute</b>	<u>Workspace Service:</u> Είναι VM manager όπου μπορεί να εκτελέσει λειτουργίες μέσω του Web Frontend.

					<p><u>workspace control</u>: Χρησιμοποιείται για την εκκίνηση, διακοπή και παύση των VM. Υλοποιεί την ανακατασκευή και τη διαχείριση των VM, αλλά και τις συνδέει με ασφάλεια στο δίκτυο.</p>
					<p><u>Workspace Pilot</u>: Επιτρέπει την ενσωμάτωση πόρων σε VM που έχουν ήδη διαμορφωθεί για τη διαχείριση εργασιών.</p>
				<p><b>Storage</b></p>	<p><u>Per-user Storage Quota</u>: Το Cumulus μπορεί να διαμορφωθεί για να επιβάλλει όρια χρήσης αποθηκευτικού χώρου ανά χρήστη.</p>
					<p><u>Storage Cloud Service</u>: Το Cumulus είναι η υπηρεσία cloud αποθήκευσης που είναι συμβατή με το S3 REST API.</p>
				<p><b>Networking</b></p>	<p><u>workspace control</u>: Υλοποιεί την ανακατασκευή και τη διαχείριση των VM, αλλά και τις συνδέει με ασφάλεια στο δίκτυο.</p>
				<p><b>Hardware Lifecycle</b></p>	-

				<p><b>Shared Services</b></p> <p><u>Phantom</u>: Είναι φιλοξενούμενη υπηρεσία που διευκολύνει την αξιοποίηση πόρων κατ' απαίτηση που παρέχονται από τα cloud υποδομής.</p>
				<p><b>Monitoring</b></p> <p><u>Cloudinit.d</u>: Είναι ένα εργαλείο για την εκκίνηση, τον έλεγχο και την παρακολούθηση εφαρμογών cloud.</p>
				<p><b>Database</b></p> <p>Χρησιμοποιεί την Apache Derby.</p>

Πίνακας Παρ.Ι.3: Χαρακτηριστικά υπερεποπών

ΟΝΟΜΑ	Θετικά	Αρνητικά	Απαιτήσεις Συστήματος
KVM	<b>Άδεια:</b> OpenSource	<b>Προβλήματα:</b> Η δυνατότητα του Live migration είναι εφικτή μόνο με CPU ίδιου προμηθευτή (δηλαδή Intel σε Intel ή AMD σε AMD μόνο).	<b>Operating system:</b> Linux-Based (όπως Red Hat Enterprise Linux 7.2+, Ubuntu, CentOs), Windows.
	<b>License:</b> GNU General Public License		
	<b>Live Migration:</b> Ναι	<b>Δικτύωση:</b> Απαιτεί αρκετές τεχνικές γνώσεις.	<b>64-bit architecture.</b>
	<b>Storage Migration:</b> Ναι	<b>Περιορισμοί:</b> Έχει περιορισμένη υποστήριξη επεξεργαστών.	<b>CPU:</b> 2 Cores
	<b>Power Management:</b> Ναι		<b>RAM:</b> 2 GB
	<b>Dynamic Resource Allocation:</b> Όχι		<b>HDD:</b> 60 GB
	<b>Τύπος Hypervisor:</b> 1ος Τύπος		<b>1 NIC τουλάχιστον 1 Gbps.</b>
	<b>Thin Provisioning:</b> Ναι		
	<b>CPU Overcommit:</b> Ναι		
	<b>Memory Management:</b> Ναι		
	<b>Max Powered-on VMs:</b> 600 VMs		
	<b>Fault Tolerance:</b> Όχι		
	<b>Full Virtualization:</b> Ναι		
	<b>Para-Virtualization:</b> Όχι		
	<b>Hardware-Assisted Virtualization:</b> Ναι		
<b>Operating system-level virtualization:</b> Όχι			
Xen Cloud Platform (XCP)	<b>Άδεια:</b> OpenSource		<b>Προβλήματα:</b> Χρειάζεται ξεχωριστό λογισμικό για την διαχείριση μέσω webUI
	<b>License:</b> GNU General Public License		
	<b>Live Migration:</b> Ναι	<b>Δικτύωση:</b> -	<b>64-bit architecture.</b>
	<b>Storage Migration:</b> Ναι	<b>Περιορισμοί:</b> Χρειάζεται ο διακομιστής να παρέχει hardware virtualization support.	<b>CPU:</b> 1 Cores με 1.5 GHz
	<b>Power Management:</b> Ναι		<b>RAM:</b> 1 GB
	<b>Dynamic Resource Allocation:</b> Ναι		<b>HDD:</b> 16 GB

	<b>Τύπος Hypervisor:</b> 1ος Τύπος		<b>1 NIC τουλάχιστον 100 Mbit/s</b>
	<b>Thin Provisioning:</b> Ναι		
	<b>CPU Overcommit:</b> -		
	<b>Memory Management:</b> Ναι		
	<b>Max Powered-on VMs:</b> -		
	<b>Fault Tolerance:</b> Ναι		
	<b>Full Virtualization:</b> Ναι		
	<b>Para-Virtualization:</b> Ναι		
	<b>Hardware-Assisted Virtualization:</b> Ναι		
	<b>Operating system-level virtualization:</b> Όχι		
<b>Citrix XenServer</b>	<b>Άδεια:</b> OpenSource / Commercial	<b>Προβλήματα:</b> Χρειάζεται ξεχωριστό λογισμικό για την διαχείριση μέσω webUI	<b>Operating system:</b> BareMetal.
	<b>License:</b> ιδιόκτητη	<b>Δικτύωση:</b> -	
	<b>Live Migration:</b> Ναι	<b>Περιορισμοί:</b> Στην δωρεάν έκδοση δεν υποστηρίζονται μερικές λειτουργίες που υπάρχουν στην commercial όπως Dynamic Resource Allocation, live patching και Thin provisioning για shared block συσκευές αποθηκευτικού χώρου.	<b>64-bit architecture.</b>
	<b>Storage Migration:</b> Ναι		<b>CPU:</b> 1 Core με 1.5 GHz
	<b>Power Management:</b> Ναι		<b>RAM:</b> 2 GB
	<b>Dynamic Resource Allocation:</b> Ναι, στην commercial έκδοση		<b>HDD:</b> 46 GB
	<b>Τύπος Hypervisor:</b> 1ος Τύπος		<b>1 NIC τουλάχιστον 100 Mbit/s</b>
	<b>Thin Provisioning:</b> Ναι		
	<b>CPU Overcommit:</b> Ναι, έχει περιορισμό στον παράγοντα να μην είναι μεγαλύτερος του 4.		
	<b>Memory Management:</b> Ναι		
	<b>Max Powered-on VMs:</b> 450 VMs (Windows), 650 VMs (Linux-based)		
	<b>Fault Tolerance:</b> Ναι		
	<b>Full Virtualization:</b> Ναι		
	<b>Para-Virtualization:</b> Ναι		
<b>Hardware-Assisted Virtualization:</b> Ναι			
<b>Operating system-level virtualization:</b> Όχι			



<b>LXD/LXC</b>	<b>Άδεια:</b> OpenSource	<b>Προβλήματα:</b> Τα κοντέινερ μοιράζονται τον πυρήνα του λειτουργικού συστήματος, οπότε αν ο πυρήνας γίνει ευάλωτος, όλα τα κοντέινερ θα είναι επίσης ευάλωτα.	<b>Operating system:</b> Linux-Based
	<b>License:</b> GNU Lesser General Public License v.2.1		<b>64-bit architecture.</b>
	<b>Live Migration:</b> Ναι		<b>CPU:</b> 2 Cores
	<b>Storage Migration:</b> Ναι	<b>Δικτύωση:</b> Περίπλοκη διαχείριση υποδικτύων.	<b>RAM:</b> 4 GB
	<b>Power Management:</b> Ναι	<b>Περιορισμοί:</b> -	<b>HDD:</b> -
	<b>Dynamic Resource Allocation:</b>		<b>1 NIC</b>
	<b>Τύπος Hypervisor:</b> 2ος Τύπος		
	<b>Thin Provisioning:</b> Ναι		
	<b>CPU Overcommit:</b> Ναι		
	<b>Memory Management:</b> -		
	<b>Max Powered-on VMs:</b> -		
	<b>Fault Tolerance:</b> Ναι		
	<b>Full Virtualization:</b> Όχι		
	<b>Para-Virtualization:</b> Όχι		
<b>Operating system-level virtualization:</b> Ναι			
<b>Hardware-Assisted Virtualization:</b> Όχι			
<b>AWS Firecracker</b>	<b>Άδεια:</b> OpenSource	<b>Προβλήματα:</b> Τα κοντέινερ μοιράζονται τον πυρήνα του λειτουργικού συστήματος, οπότε αν ο πυρήνας γίνει ευάλωτος, όλα τα κοντέινερ θα είναι επίσης ευάλωτα.	<b>Operating system:</b> Linux-Based
	<b>License:</b> Apache 2.0		<b>64-bit architecture.</b>
	<b>Live Migration:</b> Όχι		<b>CPU:</b> 1 Core
	<b>Storage Migration:</b> Όχι	Η διαμόρφωση προτύπων CPU υποστηρίζεται μόνο για microVM με δυνατότητα Intel.	<b>RAM:</b> 128 MiB
	<b>Power Management:</b> Όχι		<b>HDD:</b> -
	<b>Dynamic Resource Allocation:</b> -	<b>Δικτύωση:</b> Περίπλοκη διαχείριση υποδικτύων.	<b>NIC:</b> -
	<b>Τύπος Hypervisor:</b> 1ος Τύπος	<b>Περιορισμοί:</b> -	
	<b>Thin Provisioning:</b> Ναι		
	<b>CPU Overcommit:</b> Ναι		
	<b>Memory Management:</b> Ναι		
	<b>Max Powered-on VMs:</b> -		
<b>Fault Tolerance:</b> Ναι			

	<p><b>Full Virtualization:</b> Όχι</p> <p><b>Para-Virtualization:</b> Όχι</p> <p><b>Hardware-Assisted Virtualization:</b> Όχι</p> <p><b>Operating system-level virtualization:</b> Όχι</p>		
Vmware ESXI 7	<p><b>Άδεια:</b> Commercial</p>	<p><b>Προβλήματα:</b> Απαιτεί αρκετό χρόνο εκμάθησης του λογισμικού.</p>	<p><b>Operating system:</b> Linux-Based (Red Hat Enterprise Linux, ubuntu, CentOS), MacOS, Windows-based, Bare-Metal.</p>
	<p><b>License:</b> ιδιόκτητη</p>	<p><b>Δικτύωση:</b> Περίπλοκη διαχείριση υποδικτύων.</p>	
	<p><b>Live Migration:</b> Ναι</p>	<p><b>Περιορισμοί:</b> Δεν υποστηρίζεται το SATA RAID από τους Server μας (PRIMERGY RX100 S7p).</p>	<p><b>64-bit architecture.</b></p>
	<p><b>Storage Migration:</b> Ναι</p>		<p><b>CPU:</b> 2 Cores</p>
	<p><b>Power Management:</b> Ναι</p>		<p><b>RAM:</b> 4 GB</p>
	<p><b>Dynamic Resource Allocation:</b> Ναι</p>		<p><b>HDD:</b> 32 GB</p>
	<p><b>Τύπος Hypervisor:</b> 1ος Τύπος</p>		<p><b>1 NIC τουλάχιστον 1 Gbps</b></p>
	<p><b>Thin Provisioning:</b> Ναι (συμπεριλαμβανομένου του SE Sparse disk)</p>		
	<p><b>CPU Overcommit:</b> Ναι</p>		
	<p><b>Memory Management:</b> Ναι</p>		
	<p><b>Max Powered-on VMs:</b> 1024</p>		
	<p><b>Fault Tolerance:</b> Ναι</p>		
	<p><b>Full Virtualization:</b> Ναι</p>		
	<p><b>Para-Virtualization:</b> Μπορεί να υποστηρίξει την λειτουργία με την εγκατάσταση του VMware PVSCSI driver.</p>		
<p><b>Hardware-Assisted Virtualization:</b> Ναι</p>			
<p><b>Operating system-level virtualization:</b> Όχι</p>			
Hyper-V	<p><b>Άδεια:</b> Commercial</p>		<p><b>Προβλήματα:</b> Χρειάζεται εις βάθος γνώσεις για την διαχείριση των εικονικών μηχανών.</p>
	<p><b>License:</b> ιδιόκτητη</p>		
	<p><b>Live Migration:</b> Ναι</p>	<p>Σε περίπτωση κατάρρευσης του κύριου λειτουργικού συστήματος, θα καταρρεύσουν και όλα τα VMs.</p>	<p><b>64-bit architecture με Second Level Address Translation (SLAT).</b></p>
	<p><b>Storage Migration:</b> Ναι</p>	<p><b>Δικτύωση:</b> Περίπλοκη διαχείριση υποδικτύων.</p>	<p><b>CPU:</b> Χρειάζεται υποστήριξη για VM Monitor Mode Extension.</p>

<b>Power Management:</b> Ναι	<b>Περιορισμοί:</b> Κάθε host απαιτεί ξεχωριστή άδεια.	<b>RAM:</b> 4 GB
<b>Dynamic Resource Allocation:</b> -		<b>HDD:</b> -
<b>Τύπος Hypervisor:</b> 1ος Τύπος		<b>NIC:</b> -
<b>Thin Provisioning:</b> Ναι		
<b>CPU Overcommit:</b> Ναι		
<b>Memory Management:</b> Ναι		
<b>Max Powered-on VMs:</b> 1024		
<b>Fault Tolerance:</b> Όχι		
<b>Full Virtualization:</b> Ναι		
<b>Para-Virtualization:</b> Μπορεί να υποστηρίξει την λειτουργία με την εγκατάσταση του Microsoft VMBus driver.		
<b>Hardware-Assisted Virtualization:</b> Ναι		
<b>Operating system-level virtualization:</b> Όχι		

**Πίνακας Παρ.Ι.4:** Έκδοση προγράμματος δομοστοιχείας

<b>Infra1 Services</b>	<b>VERSION</b>
Deployed Openstack	ZED (26.0.1)
openstackclient	6.0.0
<b>Δομοστοιχεία Openstack Projects</b>	
aodh	15.0.0
barbican	15.0.0
cinder	21.0.0
cloudkitty	17.0.0
cyborg	9.0.0
designate	15.0.0
glance	25.0.0
heat	19.0.0
horizon	22.2.0
ironic	20.2.0
keystone	22.0.0
magnum	15.0.0
manila	15.0.0
masakari	14.0.0
mistral	15.0.0
murano	14.0.0

neutron	21.0.0
nova	26.0.0
octavia	11.0.0
placement	8.0.0
sahara	17.0.0
senlin	14.0.0
swift	2.30.0
trove	18.0.0
vitrage	9.0.0
watcher	9.0.0
zaqar	15.0.0
zun	10.0.0
<b>Δομοστοιχεία Openstack Clients</b>	
aodhclient	3.0.0
barbicanclient	5.4.0
cinderclient	9.1.0
cloudkittyclient	4.6.0
cyborgclient	2.0.0
designateclient	5.0.0
glanceclient	4.1.0
heatclient	3.1.0
ironicclient	5.0.1
keystoneauth1	5.0.0
keystoneclient	5.0.1
magnumclient	4.0.0
manilaclient	4.1.1
masakariclient	8.0.0
mistralclient	4.5.0
muranoclient	2.5.0
novaclient	18.1.0
octaviaclient	3.1.0
osc_placement	4.0.0
saharaclient	4.0.2
senlinclient	2.5.0
swiftclient	4.1.0
troveclient	8.0.0
vitrageclient	4.6.0
watcherclient	4.0.0
zaqarclient	2.4.0
zunclient	4.5.0
<b>Compute1 Services</b>	<b>VERSION</b>
<b>Hypervisor</b>	
QEMU-KVM	7.2.0
<b>Δομοστοιχεία Openstack</b>	

Nova	26.0.2
Neutron	26.0.2
<b>Compute2 Services</b>	<b>VERSION</b>
<b>Hypervisor</b>	
QEMU-KVM	7.2.0
<b>Δομοστοιχεία Openstack</b>	
Nova	26.0.2
Neutron	26.0.2

**Πίνακας Παρ.1.5:** Κώδικας δρομολογητή

```
Using 4908 out of 131072 bytes
!
version 12.4
no service pad
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname Venus
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
enable secret 5 $.....
!
no aaa new-model
!
!
dot11 syslog
no ip source-route
ip cef
!
!
no ip bootp server
ip domain name myciscorouter.com
ip name-server 8.8.8.8
ip name-server 8.8.4.4
!
!
!
username router secret 5 $.....
!
```

```
!  
archive  
log config  
hidekeys  
!  
!  
ip ssh version 2  
!  
!  
!  
interface FastEthernet0  
switchport trunk allowed vlan 1,2,1002-1005  
switchport mode trunk  
!  
interface FastEthernet1  
!  
interface FastEthernet2  
!  
interface FastEthernet3  
!  
interface FastEthernet4  
description FW_OUTSIDE_WAN  
ip address 192.168.X.X 255.255.X.X  
ip access-group 100 in  
ip nat outside  
ip virtual-reassembly  
duplex auto  
speed auto  
!  
interface Vlan1  
description Hephaestus  
ip address 10.0.X.X 255.255.X.X  
ip nat inside  
ip virtual-reassembly  
!  
interface Vlan2  
description OpenStack_External_Network  
ip address 10.0.X.X 255.255.X.X  
ip access-group 101 in  
ip nat inside  
ip virtual-reassembly  
!  
ip forward-protocol nd  
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.X.X  
ip route 192.168.X.X 255.255.X.X 10.0.X.X
```

```
!  
no ip http server  
no ip http secure-server  
ip dns server  
ip nat inside source list 100 interface FastEthernet4 overload  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 3030 extendable  
ip nat inside source static tcp 10.0.X.X 9999 192.168.X.X 3040 extendable  
ip nat inside source static tcp 10.0.X.X 22 192.168.X.X 3050 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9002 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9003 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9004 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9005 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9006 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9010 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9011 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9012 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9013 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9014 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9018 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9019 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9020 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9021 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9022 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9023 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9024 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9025 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9026 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9027 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9028 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9029 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9030 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9031 extendable  
ip nat inside source static tcp 192.168.X.X 22 192.168.X.X 9032 extendable  
ip nat inside source static tcp 10.0.X.X 80 192.168.X.X 9095 extendable  
!  
access-list 100 permit ip 192.168.X.X 0.0.X.X any  
access-list 100 permit ip 10.0.X.X 0.0.X.X any  
access-list 100 permit ip 10.0.X.X 0.0.X.X any  
access-list 100 permit ip 83.212.X.X 0.0.X.X any  
access-list 100 permit ip 195.130.X.X 0.0.X.X any  
access-list 100 permit ip any 192.168.X.X 0.0.X.X  
access-list 100 permit tcp any established  
access-list 100 permit tcp host 8.8.8.8 eq domain host 192.168.X.X  
access-list 100 permit udp host 8.8.8.8 eq domain host 192.168.X.X  
access-list 100 permit tcp host 8.8.4.4 eq domain host 192.168.X.X
```

```
access-list 100 permit udp host 8.8.4.4 eq domain host 192.168.X.X
access-list 100 permit tcp host 192.168.X.X host 8.8.8.8 eq domain
access-list 100 permit udp host 192.168.X.X host 8.8.8.8 eq domain
access-list 100 permit tcp host 192.168.X.X host 8.8.4.4 eq domain
access-list 100 permit udp host 192.168.X.X host 8.8.4.4 eq domain
access-list 100 deny ip any
access-list 101 deny ip 10.0.X.X 0.0.X.X 10.0.X.X 0.0.X.X
access-list 101 deny ip 10.0.X.X 0.0.X.X 10.0.X.X 0.0.X.X
access-list 101 permit ip any
!
!
!
control-plane
!
!
line con 0
no modem enable
line aux 0
line vty 0 4
login local
transport input ssh
!
scheduler max-task-time 5000
end
```

**Πίνακας Παρ.Ι.6:** Κώδικας μεταγωγή

```
Using 1721 out of 32768 bytes
!
version 12.1
no service pad
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
!
hostname Switch
!
!
ip subnet-zero
!
!
spanning-tree mode pvst
no spanning-tree optimize bpdu transmission
spanning-tree extend system-id
!
```



```
!  
interface FastEthernet0/1  
  switchport trunk allowed vlan 1,2,1002-1005  
  switchport mode trunk  
!  
interface FastEthernet0/2  
  switchport mode access  
!  
interface FastEthernet0/3  
  switchport mode access  
!  
interface FastEthernet0/4  
  switchport mode access  
!  
interface FastEthernet0/5  
!  
interface FastEthernet0/6  
  switchport access vlan 2  
  switchport mode access  
!  
interface FastEthernet0/7  
  switchport access vlan 2  
  switchport mode access  
!  
interface FastEthernet0/8  
  switchport access vlan 2  
  switchport mode access  
!  
interface FastEthernet0/9  
!  
interface FastEthernet0/10  
  switchport access vlan 2  
  switchport mode access  
!  
interface FastEthernet0/11  
!  
interface FastEthernet0/12  
!  
interface FastEthernet0/13  
!  
interface FastEthernet0/14  
!  
interface FastEthernet0/15  
!  
interface FastEthernet0/16
```

```
!  
interface FastEthernet0/17  
!  
interface FastEthernet0/18  
!  
interface FastEthernet0/19  
!  
interface FastEthernet0/20  
!  
interface FastEthernet0/21  
!  
interface FastEthernet0/22  
!  
interface FastEthernet0/23  
!  
interface FastEthernet0/24  
!  
interface GigabitEthernet0/1  
!  
interface GigabitEthernet0/2  
!  
interface Vlan1  
no ip address  
no ip route-cache  
shutdown  
!  
interface Vlan2  
ip address 10.0.X.X 255.255.X.X  
no ip route-cache  
!  
ip default-gateway 10.0.0.1  
ip http server  
!  
!  
line con 0  
line vty 0 4  
login  
line vty 5 15  
login  
!  
!  
monitor session 1 source interface Fa0/1  
monitor session 1 destination interface Fa0/9 encapsulation dot1q ingress vlan 1  
end
```



## Παράρτημα II

**Πίνακας Παρ.ΙΙ.1:** Αναλυτική δομή εργασιών (WBS)

<b>Ανάπτυξη IAAS Cloud</b>	
<b>1</b>	Διαχείριση Συστημάτων
<b>1.1</b>	Hardware
<b>1.1.1</b>	Εγκατάσταση Μέσων αποθήκευσης
<b>1.1.2</b>	Τοποθέτηση σε rack
<b>1.1.3</b>	Συνδεσμολογία των Server
<b>1.1.4</b>	Διαχείριση ρυθμίσεων BIOS
<b>1.1.5</b>	Δοκιμή και έλεγχος συνδεσμολογίας και ρυθμίσεων Server
<b>1.2</b>	Software
<b>1.2.1</b>	Επιλογή λογισμικών συστήματος για τους Server
<b>1.2.2</b>	Επιλογή πλατφόρμας διαχείρισης Cloud (Management Server)
<b>1.2.3</b>	Επιλογή Hypervisor (Host Server) συμβατό με την πλατφόρμα διαχείρισης νέφους
<b>1.2.4</b>	Λογισμικό Server
<b>1.2.4.1</b>	Έλεγχος συμβατότητας λογισμικών συστήματος με τους Server
<b>1.2.4.2</b>	Έλεγχος συμβατότητας λογισμικού συστήματος με πλατφόρμα διαχείρισης νέφους
<b>1.2.4.3</b>	Έλεγχος συμβατότητας λογισμικού συστήματος με Hypervisor
<b>1.2.4.4</b>	Έλεγχος ενημερώσεων
<b>2</b>	Ανάπτυξη
<b>2.1</b>	Εγκατάσταση λογισμικών συστήματος
<b>2.1.1</b>	Εγκατάσταση λογισμικού στον Management Server
<b>2.1.2</b>	Εγκατάσταση λογισμικών συστήματος στους Host Server
<b>2.1.3</b>	Δοκιμή και έλεγχος λειτουργίας λογισμικών συστήματος
<b>2.2</b>	Δικτύωση
<b>2.2.1</b>	Τοποθέτηση router για το Private Cloud
<b>2.2.2</b>	Διαχείριση ρυθμίσεων Router
<b>2.2.3</b>	Συνδεσμολογία των Server στο router
<b>2.2.3.1</b>	Έλεγχος δικτύου Server
<b>2.2.3.2</b>	Τοποθέτηση των server στο ίδιο υποδίκτυο
<b>2.2.3.3</b>	Δοκιμή και έλεγχος λειτουργίας δικτύου
<b>2.2.4</b>	Εγκατάσταση κανόνων ασφάλειας στο router
<b>2.2.5</b>	Δοκιμή και έλεγχος λειτουργίας των κανόνων ασφάλειας
<b>2.2.6</b>	Δοκιμή και έλεγχος λειτουργίας γενικής λειτουργίας router
<b>2.3</b>	Managment Server
<b>2.3.1</b>	Ενημέρωση και εγκατάσταση απαιτήσεων
<b>2.3.2</b>	Εγκατάσταση πλατφόρμας διαχείρισης νέφους
<b>2.3.3</b>	Δοκιμή και έλεγχος λειτουργίας πλατφόρμας
<b>2.4</b>	Host Servers
<b>2.4.1</b>	Ενημέρωση και εγκατάσταση απαιτήσεων
<b>2.4.2</b>	Εγκατάσταση Hypervisor

<b>2.4.3</b>	Δοκιμή και έλεγχος λειτουργίας των Hypervisors
<b>3</b>	Διαχείριση πλατφόρμας διαχείρισης νέφους
<b>3.1</b>	Σύνδεση στην ιστοσελίδα της πλατφόρμας
<b>3.2</b>	Σύνδεση των hosts με την πλατφόρμα διαχείρισης νέφους
<b>3.3</b>	Δημιουργία χρηστών και ομάδων
<b>3.4</b>	Διαχείριση δικαιωμάτων χρηστών και ομάδων
<b>3.5</b>	Αλλαγή ρυθμίσεων της πλατφόρμας για τις ανάγκες μας
<b>3.6</b>	Έλεγχος αλλαγών
<b>4</b>	Διαχείριση VM
<b>4.1</b>	Δημιουργία VM Template
<b>4.2</b>	Ανάπτυξη VM από Template
<b>4.3</b>	Διαχείριση ρυθμίσεων VM
<b>4.4</b>	Εκκίνηση VM
<b>4.5</b>	Έλεγχος σωστής λειτουργίας VM
<b>4.6</b>	Βελτιστοποίηση
<b>4.6.1</b>	Διαχείριση των δικαιωμάτων των χρηστών
<b>4.6.2</b>	Βελτιστοποίηση της γραφικής διεπαφής
<b>4.6.3</b>	Δημιουργία και διαχείριση κανόνων ασφαλείας
<b>5</b>	Τεκμηρίωση
<b>6</b>	Παράδοση έργου



Εικόνα Παρ.ΙΙ.1: Σχήμα Εργασιών WBS

## Μελέτη και Ανάπτυξη Υποδομής ως Υπηρεσία

WP	Task	Predecessor	Duration	12-13 Σεπτεμβρίου	14-15 Σεπτεμβρίου	16-Σεπ	17-19 Σεπτεμβρίου	20 Σεπτεμβρίου - 14 Νοεμβρίου	15-18 Νοεμβρίου	19-20 Νοεμβρίου	21-Νοε	22-27 Νοεμβρίου	28-29 Νοεμβρίου	30 Νοεμβρίου - 6 Δεκεμβρίου	7-10 Δεκεμβρίου	11-13 Δεκεμβρίου	14-19 Δεκεμβρίου	20 Δεκεμβρίου - 03 Ιανουαρίου	4-5 Ιανουαρίου	6-7 Ιανουαρίου
1	Διαχείριση Συστημάτων		10 εβδομάδες																	
1.1	Hardware		8 μέρες																	
1.1.1	Εγκατάσταση Μίσων αποθήκευσης		1 μέρα																	
1.1.2	Τοποθέτηση σε rack	1.1.1	1 μέρα																	
1.1.3	Συνδεσμολογία των Server	1.1.2	2 μέρες																	
1.1.4	Διαχείριση ρυθμίσεων BIOS	1.1.3	1 μέρα																	
1.1.5	Δοκιμή και έλεγχος συνδεσμολογίας και ρυθμίσεων Server	1.1.4	3 μέρες																	
1.2	Software		10 εβδομάδες																	
1.2.1	Επιλογή λογισμικών συστήματος για τους Server		9 εβδομάδες																	
1.2.2	Επιλογή πλατφόρμας διαχείρισης Cloud (Management Server)		9 εβδομάδες																	
1.2.3	Επιλογή Hypervisor (Host Server) συμβατό με την πλατφόρμα διαχείρισης νέφους		9 εβδομάδες																	
1.2.4	Λογισμικό Server		1 εβδομάδα																	
1.2.4.1	Έλεγχος συμβατότητας λογισμικών συστήματος με τους Server	1.2.1	1 μέρα																	
1.2.4.2	Έλεγχος συμβατότητας λογισμικού συστήματος με πλατφόρμα διαχείρισης νέφους	1.2.2, 1.2.4.1	1 μέρα																	
1.2.4.3	Έλεγχος συμβατότητας λογισμικού συστήματος με Hypervisor	1.2.3, 1.2.4.1	1 μέρα																	
1.2.4.4	Έλεγχος ενημερώσεων	1.2.4.1, 1.2.4.2, 1.2.4.3	4 μέρες																	
2	Ανάπτυξη		75 μέρες																	
2.1	Εγκατάσταση λογισμικών συστήματος		13 μέρες																	
2.1.1	Εγκατάσταση λογισμικού στον Management Server	1.2.4.1	3 μέρες																	
2.1.2	Εγκατάσταση λογισμικών συστήματος στους Host Server	1.2.4.3	3 μέρες																	
2.1.3	Δοκιμή και έλεγχος λειτουργίας λογισμικών συστήματος	2.1.1, 2.1.2	1 βδομάδα																	
2.2	Δικτύωση		41 μέρες																	
2.2.1	Τοποθέτηση router για το Private Cloud	2.1.3	2 μέρες																	
2.2.2	Διαχείριση ρυθμίσεων Router	2.2.1	7 μέρες																	
2.2.3	Ενδεσμολογία των Server στο router	2.2.2	2 βδομάδες																	
2.2.3.1	Έλεγχος δικτύου Server	2.2.2	4 μέρες																	
2.2.3.2	Τοποθέτηση των server στο ίδιο υποδίκτυο	2.2.3.1	3 μέρες																	
2.2.3.3	Δοκιμή και έλεγχος λειτουργίας δικτύου	2.2.3.2	1 βδομάδα																	
2.2.4	Εγκατάσταση κανόνων ασφάλειας στο router	2.2.3	2 βδομάδες																	
2.2.5	Δοκιμή και έλεγχος λειτουργίας των κανόνων ασφάλειας	2.2.4	2 μέρες																	
2.2.6	Δοκιμή και έλεγχος λειτουργίας γενικής λειτουργίας router	2.2.5	2 μέρες																	
2.3	Management Server		22 μέρες																	
2.3.1	Ενημέρωση και εγκατάσταση απαιτήσεων	2.1.6	3 μέρες																	
2.3.2	Εγκατάσταση πλατφόρμας διαχείρισης νέφους	1.2.4.2, 2.3.1	15 μέρες																	
2.3.3	Δοκιμή και έλεγχος λειτουργίας πλατφόρμας	2.3.2	4 μέρες																	
2.4	Host Servers		17 μέρες																	
2.4.1	Ενημέρωση και εγκατάσταση απαιτήσεων	2.1.3, 2.2.6	3 μέρες																	
2.4.2	Εγκατάσταση Hypervisor	1.2.4.3, 2.4.1	10 μέρες																	
2.4.3	Δοκιμή και έλεγχος λειτουργίας των Hypervisors	2.4.2	4 μέρες																	
3	Διαχείριση πλατφόρμας διαχείρισης νέφους		52 μέρες																	
3.1	Σύνδεση στην ιστοσελίδα της πλατφόρμας	2.3.3, 2.4.3	1 μέρα																	
3.2	Σύνδεση των hosts με την πλατφόρμα διαχείρισης νέφους	3.1	10 μέρες																	
3.3	Δημιουργία χρηστών και ομάδων	3.1	3 μέρες																	
3.4	Διαχείριση δικαιωμάτων χρηστών και ομάδων	3.3	10 μέρες																	
3.5	Αλλαγή ρυθμίσεων της πλατφόρμας για τις ανάγκες μας	3.1	20 μέρες																	
3.6	Έλεγχος αλλαγών	3.2, 3.4, 3.5	8 μέρες																	
4	Διαχείριση VM		75 μέρες																	
4.1	Δημιουργία VM Template	3.6	2 μέρες																	
4.2	Ανάπτυξη VM από Template	4.1	2 μέρες																	
4.3	Διαχείριση ρυθμίσεων VM	4.2	3 μέρες																	
4.4	Εκκίνηση VM	4.3	1 μέρα																	
4.5	Έλεγχος ουσιαστικής λειτουργίας VM	4.4	14 μέρες																	
4.6	Βελτιστοποίηση		50 μέρες																	
4.6.1	Διαχείριση των δικαιωμάτων των χρηστών	4.5	50 μέρες																	
4.6.2	Βελτιστοποίηση της γραφικής διεπαφής	4.5	50 μέρες																	
4.6.3	Δημιουργία και διαχείριση κανόνων ασφάλειας	4.5	50 μέρες																	
5	Τεκμηρίωση		123 μέρες																	
6	Παράδοση έργου		384 μέρες																	

Εικόνα Παρ.Π.2: Gantt Chart - 1





