



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“Ανάπτυξη Cloud υποδομής με σύγχρονες τεχνολογίες ανοιχτού κώδικα”

Ταξίδης Κωνσταντίνος
A.M. 39146

Εισηγητής: Δρ Κωνσταντίνος Κουκουλέτσος , Καθηγητής

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια ραγδαία αύξηση υπολογιστικών απαιτήσεων για την εξυπηρέτηση ολοένα και πιο απαιτητικών τεχνολογιών που υιοθετούνται από επιχειρήσεις ανεξαρτήτου κλίμακας. Το λογισμικό γίνεται συνεχώς πιο απαιτητικό σε υπολογιστικούς πόρους, οι τοπικοί χώροι αποθήκευσης καθίστανται ανεπαρκείς για το μέγεθος των δεδομένων που διαχειρίζεται η μέση επιχείρηση και νέοι αλγόριθμοι και τεχνολογίες (όπως π.χ. η εξόρυξη δεδομένων και η μηχανική μάθηση) δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν από τοπικούς προσωπικούς υπολογιστές ή μικρά δίκτυα. Μέσα σε αυτό το κλίμα έχει ανθίσει η ανάγκη για εύρεση εξωτερικών παρόχων υπολογιστικής ισχύος, αποθηκευτικού χώρου και γενικά υπολογιστικών υποδομών, το ονομαζόμενο «υπολογιστικό νέφος». Στην παρούσα εργασία επιτυγχάνεται μια ολοκληρωμένη υλοποίηση πλατφόρμας υπολογιστικού νέφους με χρήση τεχνολογιών ανοιχτού κώδικα και ικανοποίηση απαιτήσεων υψηλής διαθεσιμότητας.

Abstract

During the recent years there has been observed an overgrowth in computational demands when it comes to supporting new technologies adopted by companies of varying scale. Software has become increasingly demanding in terms of computational resources, the traditional local data storage solutions are insufficient compared to the huge data influx most companies have to deal with nowadays and the state-of-the-art algorithms and technologies (e.g. data mining, machine learning) cannot be supported by local personal computers or small networks. In this environment, the demand for outsourced computational power, data warehousing and infrastructure in general (collectively called "cloud computing"), is rapidly increasing. In this work, a complete implementation of a cloud computing platform is set up, making use of open source technologies and satisfying the need for high availability.

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε υπό την επίβλεψη του Δρα Κουκουλέτσου Κωνσταντίνου, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για την ευκαιρία που μου έδωσε να καταπιαστώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, την συνολική καθοδήγησή του, αλλά και την προθυμία του να με συμβουλευεί και να απαντάει στις ερωτήσεις μου καθ'όλη τη διάρκεια της εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον διευθυντή και συνεργάτη μου, Χαράλαμπο Τουλκαρίδη, για την ευγενική χορηγία του εξοπλισμού που ήταν απαραίτητος για το τεχνικό - πειραματικό τμήμα της εργασίας μου. Χωρίς τη συνδρομή του δεν θα ήταν εφικτή η εκπόνηση ενός τόσο απαιτητικού, από άποψη εξοπλισμού, θέματος.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους γονείς μου, Κατερίνα και Δημήτρη, για τη στήριξη που μου έχουν προσφέρει καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και την πίστη που έχουν σε μένα και την εκπλήρωση των στόχων μου.

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	8
2	Ανοιχτός κώδικας & νέφος	10
2.1	Τεχνολογία Ανοιχτού Κώδικα	10
2.1.1	Ορισμός	10
2.1.2	Ιστορική Αναδρομή	10
2.2	Υπολογιστικό Νέφος	10
2.2.1	Ορισμός	10
2.2.2	Εικονικές Μηχανές (Virtual Machines)	14
3	Εικονικό Περιβάλλον Proxmox	16
3.1	Πλατφόρμα εικονικοποίησης ανοιχτού κώδικα (Open Source Virtualization Platform)	16
3.2	Εικονικοποίηση εξυπηρετητή με υποστήριξη KVM και LXC	16
3.3	Μεταφορά VM μεταξύ εποπτών σε πραγματικό χρόνο.	16
3.4	Διαχειριστής Συστάδας	17
4	Δρομολογητής & Τείχος Προστασίας	18
4.1	Τι είναι το PfSense	18
4.2	Περιπτώσεις χρήσης	18
4.3	Πλεονεκτήματα PfSense	18
5	Εξυπηρετητής Κατανεμημένης Αποθήκης Δεδομένων Distributed Storage Server	20
5.1	Σχετικά με το Ceph	20
5.2	Το Ceph στο Proxmox	21
5.3	Πλεονεκτήματα Ceph Storage	21
5.4	Λειτουργικά στοιχεία του Ceph Storage	22
6	Υψηλή Διαθεσιμότητα	23
7	Υλοποίηση & ρύθμιση συστήματος	25
7.1	Τεχνικά χαρακτηριστικά αποκλειστικού εξυπηρετητή	25
7.2	Εγκατάσταση Proxmox στον αποκλειστικό διακομιστή	25
7.3	Εγκατάσταση δρομολογητών με λογισμικό PfSense	28
7.3.1	Εγκατάσταση κύριου δρομολογητή	28
7.3.2	Εγκατάσταση εφεδρικού δρομολογητή	34
7.3.3	Υψηλή διαθεσιμότητα και failover δικτύου	35
7.4	Δημιουργία και παραμετροποίηση υπολογιστικού νεφους	38
7.4.1	Δημιουργία εποπτων (Hypervisors)	38
7.4.2	Δημιουργία συστάδας τριών κόμβων (3-node cluster)	38
7.5	Δημιουργία και παραμετροποίηση εξυπηρετητή αποθηκευσης (Ceph storage)	45
7.6	Δημιουργία εικονικού μηχανήματος και παραμετροποίηση υψηλής διαθεσιμότητας	54
7.6.1	Προσθήκη εικόνων λειτουργικών συστημάτων	54
7.6.2	Δημιουργία εικονικού μηχανήματος	54

7.6.3	Ενεργοποίηση και παραμετροποίηση υπηρεσίας υψηλής διαθεσι- μότητας	58
8	Σύνοψη	61

Κατάλογος Σχημάτων

2.1	Infrastructure as a service - IaaS	11
2.2	Platform as a service - PaaS	12
2.3	Software as a service - SaaS	13
2.4	Ανάλυση διαφόρων aaS υπηρεσιών	14
7.1	Αρχικός κατάλογος εγκατάστασης	26
7.2	Επιλογή αποθηκευτικού μέσου	26
7.3	Επιλογή χώρας και γλώσσας	27
7.4	Ορισμός κωδικού και λογαριασμού αλληλογραφίας	27
7.5	Ρυθμίσεις δικτύου	27
7.6	Ολοκλήρωση εγκατάστασης	28
7.7	Κατάλογος εκκίνησης PfSense	29
7.8	Επιλογές εγκατάστασης	29
7.9	Επιλογές μορφοποίησης διαμερισμάτων δίσκου	30
7.10	Αρχικοποίηση διεπαφών	30
7.11	Παραμετροποίηση πρώτης διεπαφής	31
7.12	Κύριος κατάλογος δρομολογητή	31
7.13	Διεπαφή σύνδεσης χρήστη	32
7.14	Αρχική σελίδα οδηγού	32
7.15	Επιλογές ονόματος εξυπηρετητή	33
7.16	Ρυθμίσεις ώρας	33
7.17	Ορισμός κωδικού πρόσβασης διαχειριστή	34
7.18	Οριστικοποίηση παραμέτρων	34
7.19	Αρχική σελίδα γραφικού περιβάλλοντος PfSense	34
7.20	Ρυθμίσεις εικονικής IP	35
7.21	Ενεργοί κανόνες στο τείχος προστασίας	36
7.22	Ενεργοποίηση υπηρεσίας PfSync	36
7.23	Παραμετροποίηση υπηρεσίας XMLRPC Sync	37
7.24	Κατάσταση CARP στους δύο κόμβους	37
7.25	Τεχνικά χαρακτηριστικά πρώτου υπολογιστικού κόμβου	38
7.26	Εικόνα συστάδας εντός δικτύου WAN	39
7.27	Εικόνα συστάδας εντός δικτύου LAN	40
7.28	Σύνδεση στον πρώτο κόμβο μέσω putty με πρωτόκολλο ssh	41
7.29	Σύνδεση στον πρώτο κόμβο επιτυχής	41
7.30	Αρχική κατάσταση cluster	41
7.31	Εκτύπωση αρχικής κατάστασης cluster	42
7.32	Προσθήκη δεύτερου κόμβου στο cluster	42
7.33	Προσθήκη δεύτερου κόμβου στο cluster επιτυχής	43
7.34	Προσθήκη τρίτου κόμβου στο cluster	43
7.35	Προσθήκη τρίτου κόμβου στο cluster επιτυχής	43
7.36	Νέα κατάσταση cluster	43
7.37	Εκτύπωση νέας κατάστασης cluster	44
7.38	Αρχική σελίδα Proxmox VE	45
7.39	Εκτέλεση εγκατάστασης Ceph Storage & προαπαιτούμενων πακέτων	47
7.40	Αρχικοποίηση υπηρεσίας Ceph	47
7.41	Δημιουργία Ceph Monitor	48
7.42	Κατάσταση Ceph Storage κατόπιν υλοποίησης	49

7.43	Εμφάνιση διαθέσιμων δίσκων μηχανήματος	50
7.44	Προσθήκη δίσκου sdb	51
7.45	Προσθήκη υπόλοιπων δίσκων	51
7.46	Προσθήκη OSD μέσω GUI	52
7.47	Δημιουργία Ceph Pool	52
7.48	Δημιουργία Cloud Storage	53
7.49	Δημιουργία & αρχικές παράμετροι VM	54
7.50	Ρυθμίσεις λειτουργικού συστήματος VM	55
7.51	Ρυθμίσεις δίσκου VM	55
7.52	Ρυθμίσεις επεξεργαστών VM	55
7.53	Ρυθμίσεις RAM του VM	56
7.54	Ρυθμίσεις δικτύου του VM	56
7.55	Σύνοψη παραμέτρων νέου VM	57
7.56	Εμφάνιση VM στο GUI του cloud	57
7.57	Αρχική σελίδα εγκατάστασης Centos 7	58
7.58	Παραμετροποίηση HA	59
7.59	Προσθήκη VM στην υπηρεσία HA	59
7.60	Σύνοψη υπηρεσίας HA στο GUI	60

1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια οι υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους είναι ευρέως διαδεδομένες και χρησιμοποιούνται κατά κόρον από μεγάλες και μικρές επιχειρήσεις του τεχνολογικού τομέα και όχι μόνο. Το υπολογιστικό νέφος έχει την προοπτική να αλλάξει τα δεδομένα σε ένα μεγάλο τμήμα της βιομηχανίας της πληροφορικής σήμερα, καθιστώντας το λογισμικό ακόμη πιο ελκυστικό και επαναπροσδιορίζοντας τον τρόπο με τον οποίο ο υπολογιστικός εξοπλισμός σχεδιάζεται και παρέχεται. Οι σχεδιαστές εφαρμογών με καινοτόμες ιδέες για νέες υπηρεσίες διαδικτύου δεν χρειάζονται πλέον υπέρογκα κεφάλαια για να παρέχουν τις εφαρμογές τους γρήγορα και άμεσα και δεν χρειάζεται να απασχολούνται με την υπερκατάναυση πόρων για την εξυπηρέτηση μιας υπηρεσίας που μπορεί εν τέλει να μην αποφέρει το κέρδος και την ανταπόκριση που υπολογιζόταν, σπαταλώντας έτσι πόρους, ή αντίθετα για την αφέρωση λιγότερων πόρων για μια υπηρεσία που αποκτά ανέλπιστα δημοφιλία, χάνοντας έτσι πιθανούς πελάτες και έσοδα (JoSEP et al. (2010)). Αν και μια πρώιμη εκδοχή της ιδέας του υπολογιστικού νέφους έκανε την εμφάνισή της στη δεκαετία του '60 (Corbató et al. (1962)), η εδραίωση και υλοποίησή του φαίνεται πως ξεκίνησαν αρκετά αργότερα, όταν τεχνολογικοί κολοσσοί όπως η Amazon (2006) και η Google (2008) έκαναν αναφορές σε καινοτόμες τεχνολογίες με τις οποίες οι χρήστες ξεκίνησαν να αντλούν δεδομένα και να κάνουν χρήση υπηρεσιών μέσω του διαδικτύου όπου μπορούν να έχουν πρόσβαση οπουδήποτε και ανά πάσα στιγμή και όχι αποκλειστικά μέσω των προσωπικών τους υπολογιστών. Η μόνη προϋπόθεση είναι να υπάρχει διαθέσιμη σύνδεση στο διαδίκτυο.

Το υπολογιστικό νέφος είναι ένα κοινόχρηστο παραμετροποιήσιμο σύνολο υπολογιστικών πόρων και υπηρεσιών ανώτερου επιπέδου που μπορούν να εξασφαλιστούν γρήγορα και με ελάχιστο χρόνο διαχείρισης, κυρίως μέσω του Διαδικτύου. (*Amazon Web Services: What is Cloud Computing* (n.d.))

Έτσι οι χρήστες των υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους δεν χρειάζεται να ανησυχούν πλέον για τα μηχανήματα στα οποία λειτουργεί η εφαρμογή καθώς ο προμηθευτής του υπολογιστικού νέφους είναι αρμόδιος για την συντήρηση και διαχείριση του. Επιπλέον δεν υπάρχει ανάγκη επένδυσης χρόνου και πόρων για την ανάπτυξη και συντήρηση της εφαρμογής που χρησιμοποιείται.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης υπολογιστικού νέφους για την υποστήριξη των υπολογιστικών αναγκών του τελικού χρήστη είναι πολυάριθμα και σίγουρα δεν περιορίζονται στα προαναφερθέντα. Παρολαυτά, όπως όλες οι νέες τεχνολογίες πριν την καθολική υιοθέτησή τους από το ευρύ κοινό, το υπολογιστικό νέφος έρχεται με τις δικές του προκλήσεις και έχει φέρει στο προσκήνιο νέα προβλήματα τα οποία βρίσκονται ακόμη σε στάδιο έρευνας προς αντιμετώπισή τους.

Μία από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι πάροχοι υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους είναι αυτή της «υψηλής διαθεσιμότητας». Σε γενικές γραμμές και στο παρόν πλαίσιο, υψηλή διαθεσιμότητα είναι η δυνατότητα ενός παρόχου να διατηρεί διαθέσιμες τις υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους αδιάκοπα, ή σχεδόν αδιάκοπα, με όσο το δυνατόν ελάχιστο «χρόνο εκτός λειτουργίας» (downtime). Η πρόκληση αυτή είναι μία από τις πιο δύσκολα αντιμετωπίσιμες και απαιτεί ιδιαίτερο σχεδιασμό και σωστή κατανομή και δέσμευση πόρων από τη μεριά του παρόχου. Καθώς η χρήση της τεχνολογίας υπολογιστικού νέφους κλιμακώνεται, η πιθανότητα εμφάνισης περιστατικών downtime που γίνονται αντιληπτά από το χρήστη αυξάνεται, γεγονός που υποστηρίζεται από τη σχετική βιβλιογραφία (Pham et al. (2012)).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ικανότητα μιας υποδομής υπολογιστικού νέφους

να διατηρεί έναν ικανοποιητικό επίπεδο υψηλής διαθεσιμότητας ουσιαστικά σχετίζονται με τα επίπεδα της υποδομής στα οποία μπορεί να επέλθει «αστοχία». Αυτοί είναι κυρίως οι πολυπύρηντοι μικροεπεξεργαστές, η εικονικοποίηση και οι αποθήκες δεδομένων και δευτερευόντως η ύπαρξη μιας αποτελεσματικής λύσης για τη συνεχή παρακολούθηση και αξιολόγηση των ανωτέρω.

Σε κάθε περίπτωση, η ανάγκη για εξασφάλιση της υψηλής διαθεσιμότητας στον χώρο των υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους έχει πλέον καταστεί αδιαμφισβήτητη και για το λόγο αυτό η σχετική ερευνητική κοινότητα έχει ασχοληθεί κατά κόρον με στρατηγικές, λύσεις αλλά και αλγορίθμους προς αντιμετώπιση αυτής της πρόκλησης (Endo et al. (2016), Bowers et al. (2009), Juels & Oprea (2013)). Από τη μεριά του τελικού χρήστη, μία επιπλέον πρόκληση που χρήζει αντιμετώπισης είναι η ευκολία - ή μη - με την οποία είναι δυνατή η μετάβαση από τις τοπικές υπάρχουσες υποδομές που βρίσκονται ήδη σε χρήση στις πλατφόρμες υπολογιστικού νέφους. Όλα τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η μετάβαση στο νέφος είναι πιθανόν ανέκδοτα να πείσουν μία μικρή ή μεσαία επιχείρηση να ακολουθήσει αυτή την οδό αν η τεχνική δυσκολία και το κόστος μιας τέτοιας ενέργειας αποβαίνουν αζεπέραστα προβλήματα. Η εξάπλωση της τεχνολογίας νέφους έχει οδηγήσει στην παρουσία ολοένα και περισσότερων παικτών στο χώρο, καθώς και έναν υγιή ανταγωνισμό που έχει επιφέρει οικονομικές αλλά και εύκολες λύσεις για μια γρήγορη μετάβαση με όσο το δυνατόν μικρότερο χρονικό και οικονομικό κόστος για τον τελικό χρήστη. Σε έναν τέτοιο καταγίγισμό επιλογών είναι υψηλής σημασίας η ανάδειξη λύσεων ανοιχτού κώδικα, οι οποίες μπορούν να υιοθετηθούν με έως και μηδενικό κόστος από ιδιώτες και επιχειρήσεις, αλλά χωρίς να θυσιάζεται απαραίτητα η ευκολία μετάβασης.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η δημιουργία και παραμετροποίηση ενός υπολογιστικού νέφους με την χρήση της εφαρμογής εικονικοποίησης ανοιχτού κώδικα Proxmox, με υποστήριξη KVM και LXC, και του λογισμικού δρομολόγησης και τείχους προστασίας PfSense με προδιαγραφές υψηλής διαθεσιμότητας. Τμήμα της δομής είναι και η δημιουργία και ρύθμιση εξυπηρετητή αποθήκευσης, με χρήση Ceph Storage, καθώς και η δημιουργία εικονικού ηχανήματος με χρήση λειτουργικού συστήματος CentOS και παραετροποίηση υψηλής διαθεσιμότητας σε αυτό. Απώτερος σκοπός της εργασίας είναι η ανάδειξη της ευκολίας με την οποία είναι δυνατό να συσταθεί μια πλήρως λειτουργική υποδομή νέφους υψηλής διαθεσιμότητας από το μηδέν, μέσω ενός αναλυτικού οδηγού που δίνει τη δυνατότητα στον τελικό χρήστη να ακολουθήσει και να αναπαράγει την όλη διαδικασία βήμα προς βήμα. Με τον τρόπο αυτό παρέχεται ένα κίνητρο στο μέσο χρήστη να αντλήσει τα πλεονεκτήματα της υποδομής υπολογιστικού νέφους αίροντας το εμπόδιο της ενδεχόμενης δύσχρηστης και προβληματικής εγκατάστασης.

2 Ανοιχτός κώδικας & νέφος

2.1 Τεχνολογία Ανοιχτού Κώδικα

2.1.1 Ορισμός

Σύμφωνα με την επίσημη ιστοσελίδα του Open Source Initiative (OSI), ως λογισμικό ανοιχτού κώδικα ορίζεται το λογισμικό του οποίου ο πηγαίος κώδικας (source code) μπορεί να προσπελάσει, χρησιμοποιηθεί, τροποποιηθεί και μοιραστεί από οποιονδήποτε. Το λογισμικό ανοιχτού κώδικα αναπτύσσεται από πολλά άτομα και είναι διαθέσιμο με χρήση ελεύθερων αδειών που πληρούν τις προϋποθέσεις των κανονισμών ανοιχτού κώδικα (Open Source Initiative (2005)).

2.1.2 Ιστορική Αναδρομή

Η ιστορία του λογισμικού ανοιχτού κώδικα (Open Source) έχει σχεδόν την ίδια αρχή με την ιστορία της ανάπτυξης εφαρμογών. Προτού εδραιωθεί ο όρος «open source» υπήρχαν διάφορα άτομα και κινήματα τα οποία επιθυμούσαν να μοιραστούν τον πηγαίο κώδικα που ανέπτυσαν.

Αξιοσημείωτο είναι το κίνημα Free Software Movement του Richard Stallman το οποίο επισημοποιήθηκε με την έναρξη του GNU project το 1983 και οριστικοποιήθηκε το 1985 με την ίδρυση του Free Software Foundation (FSF) (Stallman (1999)).

Άλλος ένας σταθμός στην ιστορία του ανοιχτού λογισμικού είναι η ανάπτυξη του Linux Kernel από τον Linus Torvalds το 1991. Αν και η αρχική έκδοση δεν είχε ελεύθερη άδεια, στην έκδοση 0.12 το project επανεκδόθηκε υπό την ελεύθερη άδεια GNU GPL. (Torvalds et al. (2008))

Ο όρος «Open Source» εδραιώθηκε το 1998 σε μία προσπάθεια να γίνει το κίνημα ανοιχτού κώδικα ελκυστικότερο και φιλικότερο στις επιχειρήσεις και τους προγραμματιστές. Καθώς ο όρος «free software» είχε αμφιλεγόμενο νόημα («δωρεάν» αντί για «ελεύθερο») πολλοί ήταν αυτοί που θεωρούσαν πως το ελεύθερο λογισμικό δεν μπορεί να αποτελέσει πηγή εισοδήματος. Επιπλέον η πολιτική που ακολουθεί το FSF είναι ιδιαίτερα αυστηρή καθώς θεωρεί πως η μη ελεύθερη πρόσβαση σε μία εφαρμογή δεν είναι ηθική (Stallman (2002)). Έτσι με τον όρο «ανοιχτός κώδικας» έδειξαν τον δρόμο σε πιθανούς χρήστες και προγραμματιστές λογισμικού και προσπάθησαν να τους πείσουν να δημιουργήσουν και να βελτιώσουν τον πηγαίο κώδικα των εφαρμογών τους συμμετέχοντας σε μια αφοσιωμένη κοινότητα.

2.2 Υπολογιστικό Νέφος

2.2.1 Ορισμός

Ο ορισμός που θεωρείται πλέον καθιερωμένος στη βιομηχανία είναι αυτός του Εθνικού Ινστιτούτου Προτύπων και Τεχνολογίας (NIST) (Mell et al. (2011)):

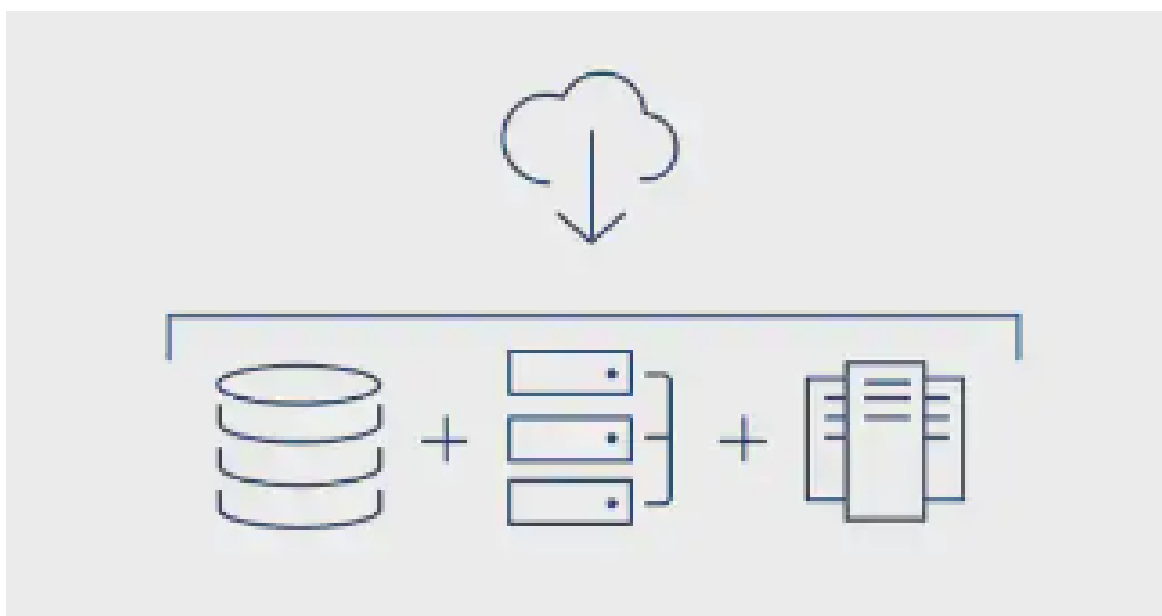
Το υπολογιστικό νέφος είναι ένα μοντέλο παροχής ευρέως προσπελάσιμης και εύκολης πρόσβασης μέσω δικτύου στο κοινό σύνολο των προσαρμοσμένων υπολογιστικών πόρων που βρίσκονται σε ζήτηση (π.χ. δίκτυα, εξυπηρετητές, αποθήκες δεδομένων, εφαρμογές και υπηρεσίες). Αυτοί οι πόροι είναι δυνατόν να δεσμεύονται και να αποδεσμεύονται ταχύτατα, με ελάχιστη συνεισφορά από πλευράς πελάτη, η οποία αφιερώνεται στη διαχείριση και την επαφή με τον πάροχο υπηρεσιών. Τα μοντέλα υπηρεσιών που παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.1 προσδιορίζονται από πέντε βασικά χαρακτηριστικά,

τρία μοντέλα υπηρεσιών και τέσσερα μοντέλα ανάπτυξης (deployment). Τα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν την αυτοεξυπηρέτηση, τη γενική πρόσβαση στο δίκτυο, ένα κοινό σύνολο από πόρους, την ευελιξία και τον υπολογισμό χρήσης. Τα μοντέλα υπηρεσιών διαφέρουν με βάση το επίπεδο του ελέγχου της παρεχόμενης υποδομής από πλευράς πελάτη και περιγράφονται στις ακόλουθες υποενότητες.

Υποδομή ως υπηρεσία (Infrastructure as a service - IaaS)

Η υποδομή ως υπηρεσία είναι μία παροχή νέφους μέσω της οποίας ο πωλητής προσφέρει στους χρήστες πρόσβαση σε πόρους όπως εξυπηρετητές, αποθηκευτικό χώρο και δικτύωση. Οι εταιρείες, οργανισμοί, κ.λπ. χρησιμοποιούν τις δικές τους πλατφόρμες και εφαρμογές μέσα στην υποδομή που παρέχει ο πωλητής. Βασικά χαρακτηριστικά:

- Αντί για άμεση αγορά εξοπλισμού, οι χρήστες πληρώνουν για IaaS κατ' απαίτηση.
- Η υποδομή είναι προσαρμόσιμη ανάλογα με την κλίμακα και εξαρτάται από τις ανάγκες σε επεξεργαστική ισχύ και αποθηκευτικό χώρο.
- Επιτρέπει στις εταιρείες να αποφεύγουν κόστη αγοράς και συντήρησης εξοπλισμού.
- Δεν υπάρχει μοναδικό σημείο αποτυχίας, αφού τα δεδομένα βρίσκονται στο νέφος.
- Δίνει τη δυνατότητα εικονικοποίησης των εργασιών διαχείρισης, αποδεσμεύοντας έτσι χρόνο για άλλες εργασίες.



Σχήμα 2.1: Infrastructure as a service - IaaS

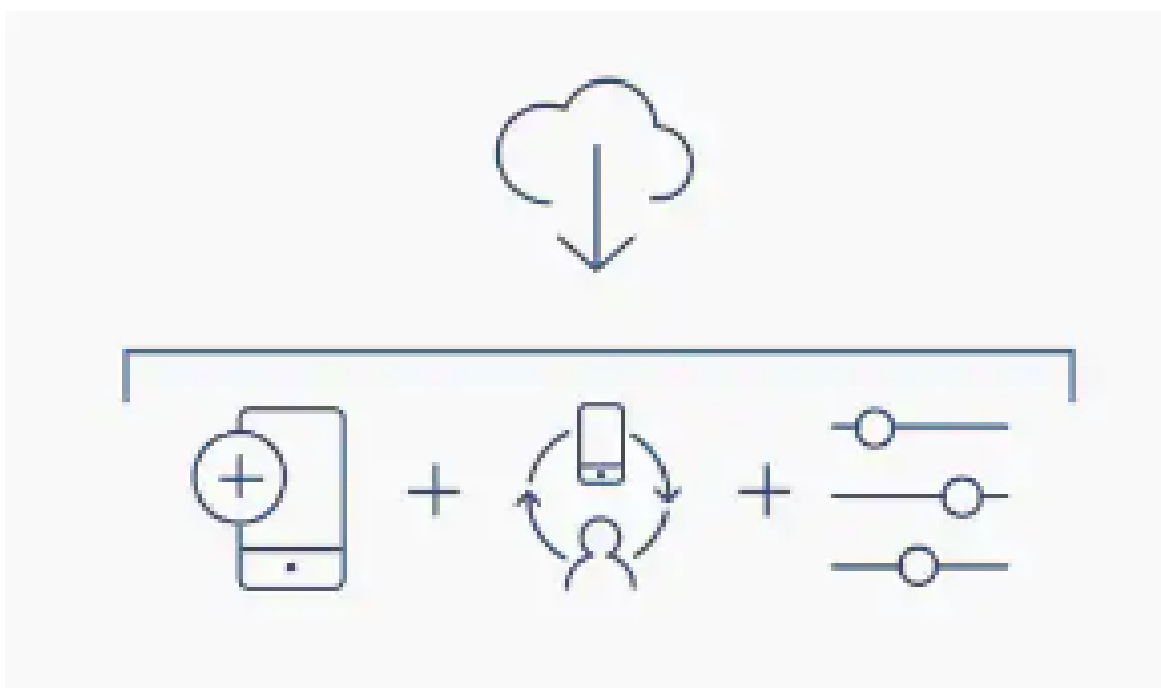
Πλατφόρμα ως υπηρεσία (Platform as a service - PaaS)

Η πλατφόρμα ως υπηρεσία είναι μία παροχή νέφους που παρέχει στους χρήστες ένα περιβάλλον νέφους στο οποίο μπορούν να αναπτύσσουν, να διαχειρίζονται και να

προσφέρουν τις εφαρμογές τους. Εκτός από αποθηκευτικό χώρο και υπολογιστικούς πόρους οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιούν μια σουίτα από προεγκατεστημένα εργαλεία για να αναπτύσσουν, να προσαρμόζουν και να ελέγχουν τις εφαρμογές τους.

Βασικά χαρακτηριστικά:

- Η PaaS παρέχει μια πλατφόρμα με εργαλεία για έλεγχο, ανάπτυξη και φιλοξενία εφαρμογών στο ίδιο περιβάλλον.
- Δίνει τη δυνατότητα στις εταιρείες οργανισμούς να αφοσιώνονται στην ανάπτυξη εφαρμογών χωρίς να ανησυχούν για την υποκείμενη υποδομή.
- Οι πάροχοι διαχειρίζονται την ασφάλεια, τα λειτουργικά συστήματα, το λογισμικό του εξυπηρετητή και τα αντίγραφα ασφαλείας.
- Διευκολύνει τη συλλογική εργασία, ακόμη και αν οι ομάδες εργάζονται απομακρυσμένα.



Σχήμα 2.2: Platform as a service - PaaS

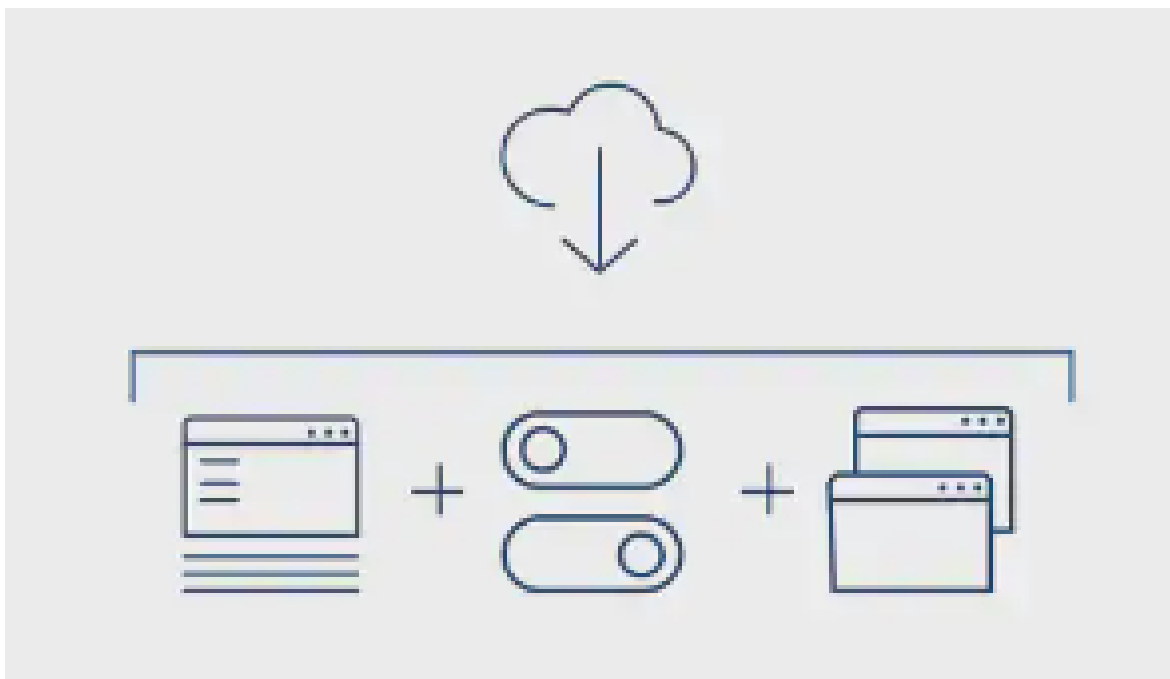
Λογισμικό ως υπηρεσία (Software as a service - SaaS)

Το Λογισμικό ως υπηρεσία είναι μία παροχή νέφους που παρέχει στους χρήστες πρόσβαση στο λογισμικό νέφους του πωλητή. Οι χρήστες δεν εγκαθιστούν εφαρμογές τοπικά στο σύστημά τους, καθώς οι εφαρμογές βρίσκονται στο απομακρυσμένο δίκτυο νέφους στο οποίο έχουν πρόσβαση μέσω γραφικού περιβάλλοντος δικτύου ή API. Μέσω της εφαρμογής οι χρήστες μπορούν να αποθηκεύουν και να αναλύουν δεδομένα, καθώς και να συνεργάζονται σε ομαδικές εργασίες.

Βασικά χαρακτηριστικά:

- Οι πωλητές SaaS παρέχουν στους χρήστες λογισμικό και εφαρμογές μέσω ενός μοντέλου συνδρομής.

- Οι χρήστες δεν διαχειρίζονται, δεν εγκαθιστούν και δεν αναβαθμίζουν το λογισμικό. Αυτές τις εργασίες τις επωμίζεται ο πάροχος.
- Τα δεδομένα είναι ασφαλή στο νέφος. Η αποτυχία εξοπλισμού δεν επιφέρει απώλεια δεδομένων.
- Η χρήση πόρων μπορεί να προσαρμοστεί σε μεγαλύτερη κλίμακα αναλόγως τις απαιτήσεις.
- Οι εφαρμογές είναι προσβάσιμες από σχεδόν οποιαδήποτε συσκευή με διαδικτυακή σύνδεση και από οπουδήποτε στον κόσμο (Zhu et al. (2009)).



Σχήμα 2.3: Software as a service - SaaS



Σχήμα 2.4: Ανάλυση διαφόρωνaaS υπηρεσιών

Τα τέσσερα μοντέλα ανάπτυξης εφαρμογών πλατφόρμας νέφους περιλαμβάνουν τα εξής:

- **Ιδιωτικό νέφος:** Όλη η υποδομή αναπτύσσεται στο κέντρο δεδομένων και ορίζεται ως τμήμα μίας εταιρείας ή ενός ομίλου εταιρειών.
- **Κοινό - δημόσιο νέφος:** Οποιαδήποτε εταιρεία ή άτομο μπορεί να είναι πελάτης των υπηρεσιών νέφους. Αυτό είναι το μοντέλο ενσωμάτωσης που ακολουθούν οι πάροχοι υπηρεσιών νέφους.
- **Κοινοτικό νέφος:** Αυτό το μοντέλο ακολουθείται όταν στο ρόλο του πελάτη βρίσκεται μία κοινότητα εταιρειών με κοινό έργο (π.χ. όσον αφορά την αποστολή, τις απαιτήσεις ασφαλείας, την πολιτική, ή τη συμμόρφωση με διάφορες απαιτήσεις).
- **Υβριδικό νέφος:** Είναι ο συνδυασμός δύο ή τριών από τα παραπάνω, με διαφορετικό φόρτο να κατανέμεται στο ιδιωτικό, κοινό ή κοινοτικό νέφος.

2.2.2 Εικονικές Μηχανές (Virtual Machines)

Μία εικονική μηχανή είναι ένα αρχείο υπολογιστή το οποίο αποκαλείται τυπικά «εικόνα» και συμπεριφέρεται σαν ένας πραγματικός υπολογιστής. Με άλλα λόγια, είναι η δημιουργία ενός υπολογιστή μέσα σε έναν υπολογιστή. Τρέχει σε ένα παράθυρο, όπως οποιοδήποτε άλλο πρόγραμμα, παρέχοντας στον τελικό χρήστη που βρίσκεται στην εικονική μηχανή την ίδια εμπειρία χρήσης όπως αν θα χρησιμοποιούσαν το λειτουργικό σύστημα του φυσικού μηχανήματος. Η εικονική μηχανή είναι αποκομμένη και ανεξάρτητη από το υπόλοιπο σύστημα, που σημαίνει ότι το λογισμικό που βρίσκεται σε αυτή δεν μπορεί να διαφύγει ή να αλληλεπιδράσει με τον ίδιο τον υπολογιστή. Το γεγονός αυτό δημιουργεί ένα ιδανικό περιβάλλον για έλεγχο άλλων λειτουργικών

συστημάτων, συμπεριλαμβανομένων δοκιμαστικών (βετα) εκδόσεων, πρόσβαση σε δεδομένα που έχουν μολυνθεί από ιούς, δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας του λειτουργικού συστήματος και εκτέλεση λογισμικού ή εφαρμογών σε λειτουργικά συστήματα για τα οποία δεν προορίζονται κανονικά. Πολλαπλές εικονικές μηχανές μπορούν να τρέχουν ταυτόχρονα στο ίδιο φυσικό μηχάνημα. Για εξυπηρευτές, τα πολλαπλά λειτουργικά συστήματα μπορούν να τρέχουν το ένα δίπλα στο άλλο χρησιμοποιώντας έναν τύπο λογισμικού που αποκαλείται επόπτης (hypervisor) για τη διαχείρισή τους, ενώ οι προσωπικοί υπολογιστές συνήθως χρησιμοποιούν ένα λειτουργικό σύστημα για την εκτέλεση άλλων λειτουργικών συστημάτων εντός των παραθύρων του. Κάθε εικονική μηχανή παρέχει τα δικά του δικά της εικονικό εξοπλισμό, συμπεριλαμβανομένων επεξεργαστών, μνήμης, σκληρών δίσκων, διεπαφών δικτύου και άλλων συσκευών. Ο εικονικός εξοπλισμός αντιστοιχίζεται σε πραγματικό εξοπλισμό στο φυσικό μηχάνημα, γεγονός το οποίο γλιτώνει κόστος μειώνοντας την ανάγκη για συστήματα φυσικού εξοπλισμού, καθώς και το κόστος συντήρησης που τα συνοδεύει και επιπλέον μειώνει τις απαιτήσεις σε ψύξη (Velte & Velte (2009)).

3 Εικονικό Περιβάλλον Proxmox

3.1 Πλατφόρμα εικονικοποίησης ανοιχτού κώδικα (Open Source Virtualization Platform)

Το Proxmox VE είναι μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα για ολοκληρωμένη εικονικοποίηση σε επιχειρησιακό επίπεδο, που ενσωματώνει ταυτόχρονα τις εξής τεχνολογίες: έναν επόπτη KVM (KVM Hypervisor), περιέχοντες LXC (LXC containers), αποθηκευτικό χώρο που ορίζεται από το λογισμικό και δικτυακή λειτουργία σε μία μοναδική πλατφόρμα. Η πλατφόρμα διαχειρίζεται εύκολα συστάδες υπολογιστών (clusters) υψηλής διαθεσιμότητας, καθώς και εργαλεία ανάκτησης με ενσωματωμένο γραφικό περιβάλλον διαχείρισης.

Οι δυνατότητες επιχειρησιακού επιπέδου και η λογική της πλατφόρμας που είναι 100% προσανατολισμένη στο λογισμικό (software-based focus) την καθιστούν την ιδανική επιλογή για εικονικοποίηση μιας επιχειρησιακής υπολογιστικής υποδομής, καθώς επιτρέπει βελτιστοποίηση των υπάρχοντων πόρων και την αύξηση της απόδοσης με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Το Proxmox VE καθιστά εύκολες ακόμα και τις εφαρμογές Linux ή Windows με τον πιο απαιτητικό φόρτο εργασίας, αφού κλιμακώνει δυναμικά και το υπολογιστικό και το αποθηκευτικό τμήμα καθώς οι ανάγκες αυξάνονται, έτσι ώστε να διασφαλίζει ότι το σύστημα θα παραμένει προσαρμόσιμο σε μελλοντική ανάπτυξη του κέντρου δεδομένων της επιχείρησης.

3.2 Εικονικοποίηση εξυπηρετητή με υποστήριξη KVM και LXC

Το Proxmox είναι πλατφόρμα βασισμένη σε Debian GNU/Linux και χρησιμοποιεί έναν ειδικά προσαρμοσμένο πυρήνα Linux. Ο κώδικας του Proxmox VE είναι ελεύθερος και έχει κυκλοφορήσει κάτω από την GNU Affero General Public License, 3η έκδοση (GNU AGPL, v3). Αυτό σημαίνει ότι οποιοσδήποτε μπορεί να χρησιμοποιήσει το λογισμικό, να ελέγξει τον πηγαίο κώδικα, καθώς και να συνεισφέρει ο ίδιος σε αυτόν.

Η χρήση λογισμικού ανοιχτού κώδικα διασφαλίζει την πλήρη πρόσβαση σε όλες τις λειτουργίες, αξιοπιστία και ασφάλεια. Η πλατφόρμα, μάλιστα, ενθαρρύνει όλους τους χρήστες να συνεισφέρουν στον κώδικα του Proxmox VE, καθώς η εταιρεία που βρίσκεται πίσω από αυτό θα διασφαλίζει παράλληλα ότι το προϊόν καλύπτει με συνέπεια κριτήρια επαγγελματικής ποιότητας (Kov'ari & Dukan (2012))

3.3 Μεταφορά VM μεταξύ εποπτών σε πραγματικό χρόνο.

Στο σύμπλεγμα (cluster) δίνεται η δυνατότητα μεταφοράς ενός εικονικού μηχανήματος σε πραγματικό χρόνο (live migration) από ένα φυσικό μηχάνημα επόπτη (hypervisor) σε άλλο χωρίς να απαιτείται διακοπή λειτουργίας του και χωρίς αυτή να γίνεται αισθητή στον χρήστη. Η συγκεκριμένη δυνατότητα αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για τον διαχειριστή συστήματος καθώς επιτρέπει πραγματοποίηση εργασιών συντήρησης και ενημέρωσης του νέφους χωρίς διακοπή των υπηρεσιών. Ιδανικά η μεταφορά σε πραγματικό χρόνο απαιτεί την ακριβή μεταφορά των καταστάσεων του επεξεργαστή, της μνήμης, του δικτύου και του δίσκου του εικονικού μηχανήματος (Erl et al. (2013)). Στην περίπτωση του νέφους που έχει υλοποιηθεί για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, δεν απαιτείται μεταφορά κατάστασης του δίσκου καθώς ο αποθηκευτικός χώρος (storage) είναι κοινός για όλους τους hypervisors. Η κατάσταση της μνήμης μετα-

φέρεται αποσπασματικά σε επαναλήψεις ενώ το εικονικό μηχάνημα εξακολουθεί να λειτουργεί από τον αρχικό hypervisor. Αλλαγές που έχουν πραγματοποιηθεί σε μέρη της μνήμης κατά την διαδικασία την μεταφοράς, δρομολογούνται για αντιγραφή σε επόμενη επόμενη επανάληψη. Στο τέλος μεταφέρονται και οι καταστάσεις του επεξεργαστή και δικτύου και με μία διακοπή της τάξεως των millisecond η λειτουργία του εικονικού μηχανήματος συνεχίζεται από τον νέο hypervisor.

3.4 Διαχειριστής Συστάδας

Ο Proxmox VE διαχειριστής συστάδας 'rvecm' είναι ένα εργαλείο για τη δημιουργία συνόλων από φυσικούς εξυπηρετητές. Ένα τέτοιο σύνολο ονομάζεται συστάδα (cluster). Το Proxmox VE χρησιμοποιεί την Corosync Cluster Engine για αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ των συνόλων και τέτοιες συστάδες μπορεί να αποτελούνται από ως και 32 φυσικούς κόμβους (ίσως και περισσότερους, ανάλογα την καθυστέρηση στο δίκτυο).

Ο rvecm μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία νέας συστάδας, την ένωση κόμβων σε υπάρχουσα συστάδα, την εγκατάλειψη μιας συστάδας, την απόκτηση πληροφορίας σχετικά με την κατάσταση του συστήματος, καθώς και ποικίλες άλλες σχετικές εργασίες. Το Proxmox Cluster File System ('rpxcfs') χρησιμοποιείται για την κατανομή των επιλογών διαμόρφωσης της συστάδας σε όλους του κόμβους της τελευταίας.

Η ομαδοποίηση κόμβων σε συστάδα έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα :

- Κεντρική διαχείριση μέσω γραφικού περιβάλλοντος ιστού
- Συστάδες με πολλούς κύριους κόμβους (multi-master clusters): κάθε κόμβος μπορεί να φέρει εις πέρας μία εργασία διαχείρισης
- rpxcfs: σύστημα αρχείων προσανατολισμένο σε βάσεις δεδομένων για την αποθήκευση αρχείων διαμόρφωσης, το οποίο αναπαράγεται σε πραγματικό χρόνο σε όλους τους κόμβους χρησιμοποιώντας corosync
- Εύκολη μεταφορά εικονικών μηχανών και περιεχομένων μεταξύ φυσικών εξυπηρετητών
- Γρήγορη ανάπτυξη
- Υπηρεσίες που λειτουργούν σε όλη τη συστάδα όπως τείχος προστασίας και HA(*Proxmox Reference Documentation* (n.d.))

4 Δρομολογητής & Τείχος Προστασίας

Η εφαρμογή που χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία για τη δημιουργία των δικτύων, της δρομολόγησης που εξυπηρετεί τα δίκτυα και του τείχους προστασίας είναι το PfSense. Η εικόνα για την εγκατάσταση της εν λόγω εφαρμογής είναι ελεύθερα διαθέσιμη στον ιστότοπο της εφαρμογής *pfsense download site* (n.d.) .

4.1 Τι είναι το PfSense

Το PfSense είναι μια δωρεάν διανομή του λειτουργικού FreeBSD ειδικά παραμετροποιημένη για χρήση ως τείχος προστασίας και δρομολογητής. Η διαχείριση του μπορεί να γίνει εξ ολοκλήρου μέσα από το εύχρηστο γραφικό περιβάλλον που διαθέτει. Για την υλοποίηση και χρήση του PfSense δεν απαιτείται γνώση διαχείρισης του FreeBSD και πρακτικά η πλειοψηφία των ατόμων που το χρησιμοποιεί δεν έχει ασχοληθεί με αυτό πέρα από την επαφή μέσω του PfSense. Εκτός από την ευκολία που παρέχει στην εγκατάσταση και διαχείριση του τείχους προστασίας και του δρομολογητή, το PfSense διαθέτει πάρα πολλά προεγκατεστημένα εργαλεία καθώς και έναν διαχειριστή συστημικών πακέτων που επιτρέπει την προσθήκη επιπλέον εργαλείων χωρίς τον κίνδυνο δημιουργίας κενών ασφαλείας στο λειτουργικό σύστημα. Λόγω της ευκολίας χρήσης του καθώς και του χαμηλού κόστους εγκατάστασης και συντήρησής του, το PfSense χρησιμοποιείται σε ένα πλήθος εγκαταστάσεων, από οικιακά δίκτυα με έναν υπολογιστή μέχρι μεγάλες εταιρίες με μεγάλο αριθμό χρηστών και συσκευών (Buechler & Pingle (2009)).

4.2 Περιπτώσεις χρήσης

Η ποικιλία εργαλείων και χαρακτηριστικών που παρέχει το PfSense επιτρέπουν την εφαρμογή του σε μεγάλο εύρος περιπτώσεων χρήσης. Ενδεικτικά κάποιες από τις περιπτώσεις χρήσης είναι:

- Περιμετρικό τείχος προστασίας
- Δρομολογητής LAN ή WAN
- Σημείο ασύρματης πρόσβασης (Wireless Access Point)
- Διακομιστής DNS
- Εξυπηρετητής DHCP

4.3 Πλεονεκτήματα PfSense

Μερικά από τα πλεονεκτήματα του PfSense είναι:

- Βασίζεται στο λειτουργικό σύστημα FreeBSD το οποίο είναι αποδοτικό, σταθερό και ασφαλές.
- Διατίθεται δωρεάν
- Ευκολία εγκατάστασης και παραμετροποίησης

- Γρήγορη και εύκολη εγκατάσταση ενημερώσεων ασφαλείας
- Μεγάλο εύρος χαρακτηριστικών (υψηλή διαθεσιμότητα, εξισορρόπηση φορτίου, διαμόρφωσης κίνησης) Aggarwal (2018)

5 Εξυπηρετητής Κατανεμημένης Αποθήκης Δεδομένων Distributed Storage Server

5.1 Σχετικά με το Ceph

Το μοντέλο διαχείρισης κατανεμημένης αποθήκευσης που έχει χρησιμοποιηθεί για την εξυπηρέτηση της πλατφόρμας νέφους στην παρούσα εργασία είναι το Ceph Storage (Weil (2007))· το μοντέλο προτάθηκε το 2007 από τους Weil et al. και στηρίζεται στο πλέον δημοφιλές σύστημα αρχείων που έχει προταθεί λίγο νωρίτερα, το 2006, από τους ίδιους (Weil et al. (2006)). Το Ceph είναι ένα πρότζεκτ ανοιχτού κώδικα το οποίο παρέχει ολοκληρωμένες λύσεις αποθήκευσης μέσω λογισμικού. Είναι, επιπλέον, ένα κατανεμημένο σύστημα αποθήκευσης που έχει δυνατότητες ανάπτυξης ανά κλίμακα και έχει υψηλή απόδοση χωρίς κανένα μοναδικό σημείο αποτυχίας. Έχει σχεδιαστεί εξ αρχής έτσι ώστε να αποδίδει σε μεγάλη κλίμακα, σε επίπεδο exabyte και πέρα, ενώ λειτουργεί σε κοινό εξοπλισμό γενικής χρήσης.

Το Ceph είναι δημοφιλές στη βιομηχανία αποθήκευσης επειδή είναι ανοιχτό, κατανεμημένο και επιδεκτικό διεύρυνσης. Σήμερα, τα δημόσια, τα ιδιωτικά και τα υβριδικά μοντέλα είναι οι κυρίαρχες στρατηγικές για παροχή υποδομής σε μεγάλη κλίμακα και το Ceph αποκτά όλο και μεγαλύτερο χώρο ως λύση αποθηκευτικού χώρου νέφους. Το νέφος στηρίζεται σε κοινό εξοπλισμό και το Ceph τον αξιοποιεί στο έπακρο για παροχή επιχειρησιακού επιπέδου, αποδοτικού και εξαιρετικά αξιόπιστου συστήματος αποθήκευσης.

Το Ceph έχει αναπτυχθεί με αρχιτεκτονική φιλοσοφία που περιλαμβάνει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Κάθε στοιχείο πρέπει να είναι επιδεκτικό διεύρυνσης
- Δεν επιτρέπεται κανένα μοναδικό σημείο αποτυχίας
- Η λύση πρέπει να είναι βασισμένη σε λογισμικό, ανοιχτού κώδικα και προσαρμόσιμη
- Το λογισμικό Ceph πρέπει να μπορεί να τρέχει σε εύκολα διαθέσιμο, κοινό εξοπλισμό
- Τα πάντα πρέπει να είναι αυτοδιαχειριζόμενα από οπουδήποτε

Το Ceph παρέχει υψηλή απόδοση, δυνατότητες ανάπτυξης χωρίς όρια, ισχύ και ευελιξία στις επιχειρήσεις, βοηθώντας τις έτσι να εγκαταλείψουν τις ακριβές ιδιωτικές αποθήκες. Το καθολικό σύστημα αποθήκευσης του Ceph παρέχει αποθήκευση σε κομμάτια, αρχεία και αντικείμενα στο παρασκήνιο, δίνοντας τη δυνατότητα στον πελάτη να χρησιμοποιεί αποθήκευση κατά βούληση. Οποιαδήποτε μορφή δεδομένων, είτε είναι κομμάτι, είτε αρχείο, είτε αντικείμενο, αποθηκεύεται σε μορφή αντικειμένων μέσα σε ένα συγκεκριμένο σημείο της συστάδας Ceph. Η αποθήκευση σε μορφή αντικειμένων όπως κάνει το Ceph είναι η απάντηση στη σύγχρονη απαίτηση για αποθήκευση αδόμητων δεδομένων. Ένα σύστημα αποθήκευσης αδόμητων δεδομένων πλεονεκτεί έναντι του παραδοσιακού συστήματος αποθήκευσης σε μορφή αρχείων, για παράδειγμα η επίτευξη ανεξαρτησίας όσον αφορά την πλατφόρμα και τον εξοπλισμό. Το Ceph διαχειρίζεται τα αντικείμενα έξυπνα και αντιγράφει το καθένα σε πολλές συστάδες βελτιώνοντας έτσι την αξιοπιστία του συστήματος. Τα αντικείμενα δεν είναι δεσμευμένα

σε ένα φυσικό μονοπάτι, γεγονός που τα καθιστά ευέλικτα και ανεξάρτητα τοποθεσίας. Αυτό επιτρέπει στο σύστημα να είναι αποδοτικό σε μεγάλη κλίμακα από επίπεδο petabyte σε επίπεδο exabyte.

5.2 Το Ceph στο Proxmox

Το Proxmox VE υποστηρίζει το RADOS Block Device του Ceph έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε δίσκους εικονικών μηχανών και περιεχομένων. Οι υπηρεσίες αποθήκευσης του Ceph συνήθως φιλοξενούνται σε εξωτερικούς, αποκλειστικούς κόμβους αποθήκευσης. Αυτές οι συστάδες αποθήκευσης μπορεί να αποτελούνται από εκατοντάδες κόμβους, παρέχοντας έτσι petabytes αποθηκευτικού χώρου.

Για ανάπτυξη μικρότερης κλίμακας, είναι επίσης δυνατή η λειτουργία των υπηρεσιών του Ceph απευθείας στους κόμβους του Proxmox VE του τελικού χρήστη. Ο σύγχρονος εξοπλισμός έχει άπλετη επεξεργαστική ισχύ και RAM ώστε να τρέχουν οι υπηρεσίες αποθήκευσης ταυτόχρονα με τις εικονικές μηχανές και τους περιέχοντες σε έναν κόμβο.

5.3 Πλεονεκτήματα Ceph Storage

- Εύκολη εγκατάσταση και διαχείριση μέσω γραμμής εντολών και γραφικού περιβάλλοντος στο Proxmox VE
- Δυναμική εκχώρηση πόρων
- Υποστήριξη στιγμιότυπων
- Αυτοαποκατάσταση
- Κανένα μοναδικό σημείο αποτυχίας
- Επιδεκτικό διεύρυνσης σε επίπεδο exabyte
- Εγκατάσταση ποσών με διαφορετική απόδοση και διαφορετικά χαρακτηριστικά περιόσεως
- Τα δεδομένα αντιγράφονται και αναπαράγονται, καθιστώντας το σύστημα ανεκτικό σε σφάλματα
- Λειτουργεί σε οικονομικό, κοινό εξοπλισμό
- Δεν απαιτούνται ελεγκτές RAID
- Εύκολη διαχείριση
- Ανοιχτού κώδικα

5.4 Λειτουργικά στοιχεία του Ceph Storage

Είτε ο χρήστης επιθυμεί να παρέχει Ceph Object Storage ή και υπηρεσίες Ceph Block Device σε πλατφόρμες νέφους, είτε επιθυμεί να αναπτύξει ένα σύστημα αρχείων Ceph, είτε να χρησιμοποιήσει το Ceph για οποιονδήποτε άλλο λόγο, όλες οι αναπτύξεις Ceph Storage Cluster ξεκινούν με τη ρύθμιση του κάθε Ceph κόμβου, το δίκτυο και το Ceph Storage Cluster. Ένα Ceph Storage Cluster απαιτεί τουλάχιστον ένα Ceph Monitor (σύστημα παρακολούθησης), έναν Ceph Manager (διαχειριστή) και έναν Ceph Object Storage Daemon. Είναι επίσης απαραίτητος ένας Ceph Metadata Server όταν βρίσκονται σε λειτουργία client του συστήματος αρχείων Ceph. Παρακάτω γίνεται ειδική αναφορά σε κάθε υποστοιχείο του συστήματος Ceph που έχει χρησιμοποιηθεί για την εξυπηρέτηση της πλατφόρμας νέφους στην παρούσα εργασία.

- Σύστημα παρακολούθησης: Ένας Ceph Monitor (ceph-mon) διατηρεί «χάρτες» της κατάστασης του συστήματος, όπως χάρτη παρακολούθησης, χάρτη διαχείρισης, χάρτη OSD και χάρτη CRASH. Αυτοί οι χάρτες είναι κρίσιμοι για τη συνεργασία των Ceph daemons μεταξύ τους. Τα στοιχεία παρακολούθησης είναι επίσης υπεύθυνα για την διαχείριση της πιστοποίησης μεταξύ δαεμονς και πελατών. Τυπικά απαιτούνται τουλάχιστον τρεις μονάδες παρακολούθησης ώστε να επιτυγχάνεται περίσσεια και υψηλή διαθεσιμότητα.
- Διαχειριστές: Ένας Ceph Manager daemon (ceph-mgr) είναι υπεύθυνος για τον προγραμματισμό των μετρικών του χρόνου εκτέλεσης και της τρέχουσας κατάστασης της συστάδας Ceph, συμπεριλαμβανομένων της χρήσης αποθηκευτικού χώρου, των τρέχοντων μετρικών απόδοσης και του φόρτου του συστήματος. Οι Ceph Manager daemons διατηρούν επιπλέον πρόσθετα βασισμένα στην Python για τη διαχείριση και την έκθεση πληροφοριών της συστάδας, όπως έναν πίνακα σε γραφικό περιβάλλον δικτύου και το REST API. Τυπικά απαιτούνται τουλάχιστον δύο διαχειριστές για την επίτευξη υψηλής διαθεσιμότητας.
- Ceph OSDs: Ένας Ceph OSD (object storage daemon, ceph-osd) αποθηκεύει δεδομένα, και διαχειρίζεται την αναπαραγωγή, ανάκτηση και εξισορρόπηση αυτών και παρέχει κάποιες πληροφορίες παρακολούθησης στους Ceph Monitors και Managers ελέγχοντας άλλους Ceph OSD Daemons για παλμό. Τουλάχιστον 3 Ceph OSDs απαιτούνται τυπικά για την επίτευξη περίσσειας και υψηλής διαθεσιμότητας.
- MDSs: Ένας Ceph Metadata Server (MDS, ceph-mds) αποθηκεύει μεταδεδομένα για λογαριασμό του συστήματος αρχείων Ceph (οι συσκευές Ceph Block και το Ceph Object Storage δεν χρησιμοποιούν MDS). Οι εξυπηρετητές Ceph Metadata επιτρέπουν στους χρήστες συστήματος αρχείων POSIX να εκτελούν βασικές εντολές (όπως ls, find, κ.λπ.) χωρίς να εναποθέτουν τεράστιο φόρτο στη συστάδα Ceph Storage.

6 Υψηλή Διαθεσιμότητα

Η σημερινή κοινωνία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πληροφορία που διανέμεται από υπολογιστές μέσα σε ένα δίκτυο. Οι κινητές συσκευές έχουν μεγεθύνει αυτό το φαινόμενο, αφού οι χρήστες πλέον μπορούν να έχουν πρόσβαση στο δίκτυο οποτεδήποτε από οπουδήποτε. Αν κάποια εταιρεία, οργανισμός ή οντότητα παρέχει τέτοιες υπηρεσίες, θα πρέπει να είναι διαθέσιμες σχεδόν αδιάκοπα.

Μπορούμε να ορίσουμε μαθηματικά τη διαθεσιμότητα ως το λόγο του (A) συνολικού χρόνου που μια υπηρεσία χρησιμοποιείται σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα προς (B) αυτό το χρονικό διάστημα. Συνήθως εκφράζεται ως ποσοστό διαθεσιμότητας σε έναν ορισμένο χρόνο (Katukoori (1995)).

Υπάρχουν πολλοί τρόποι να αυξησει κανείς τη διαθεσιμότητα. Η πιο κοινή λύση είναι να ξαναγράψει κανείς το λογισμικό από την αρχή, ώστε να μπορεί να τρέξει σε διάφορα συστήματα εξυπηρέτησης ταυτόχρονα. Το ίδιο το λογισμικό θα πρέπει να έχει έναν τρόπο να ανιχνεύει σφάλματα και να εκτελεί failover (μέθοδος προστασίας ενός συστήματος από βλάβη, κατά την οποία χρησιμοποιείται αυτόματα εξοπλισμός που βρίσκεται σε αναμονή όταν η βλάβη συμβαίνει). Αυτό είναι σχετικά εύκολο στην περίπτωση που κάποιος θέλει να εξυπηρετεί ιστοσελίδες μόνο για ανάγνωση. Στη γενική περίπτωση ωστόσο, είναι ένα πρόβλημα περίπλοκο και μερικές φορές αδύνατο, καθώς δεν είναι δυνατή η τροποποίηση του κώδικα από τον ίδιο τον διαχειριστή του διακομιστή. Οι παρακάτω λύσεις είναι βιώσιμες και δεν απαιτούν τροποποίηση λογισμικού:

- Χρήση αξιόπιστων εξαρτημάτων εξυπηρέτησης
- Εξαρτήματα υπολογιστή που τελούν την ίδια λειτουργία μπορούν να έχουν διαφορετικές τιμές όσον αφορά τον δείκτη αξιοπιστίας ανάλογα την ποιότητα του εξαρτήματος. Οι περισσότεροι πωλητές διαθέτουν εξαρτήματα υψηλής αξιοπιστίας ως εξαρτήματα διακομιστών, συνήθως σε υψηλότερες τιμές.
- Εξάλειψη «μοναδικών σημείων αποτυχίας»
- Χρήση αδιάκοπης παροχής ενέργειας (UPS)
- Χρήση περίσσειας ηλεκτρικού ρεύματος στις κύριες πλακέτες
- Χρήση ECC-RAM
- Χρήση περίσσειας εξαρτημάτων δικτύου
- Χρήση RAID για τοπική αποθήκευση
- Χρήση κατανεμημένης, περίσσειας αποθήκευσης για δεδομένα VM
- Ελάττωση χρόνου αργίας (downtime)
- Ταχέως προσβάσιμοι διαχειριστές (24/7)
- Διαθεσιμότητα ανταλλακτικών (άλλοι κόμβοι στο cluster Proxmox VE)
- Αυτόματη ανίχνευση σφαλμάτων (διατίθεται από έναν ha-manager)
- Αυτόματο failover (διατίθεται από έναν ha-manager)

Τα περιβάλλοντα εικονικοποίησης όπως το Proxmox VE διευκολύνουν σε μεγάλο βαθμό την επίτευξη υψηλής διαθεσιμότητας, καθώς εξαλείφουν την εξάρτηση από εξοπλισμό. Υποστηρίζουν επίσης την εγκατάσταση και χρήση περίσσιου αποθηκευτικού χώρου και συσκευών δικτύου. Έτσι, σε περίπτωση που ένας διακομιστής αποτύχει, υπάρχει η δυνατότητα επανεκκίνησης των υπηρεσιών σε κάποιο άλλο διακομιστή μέσα στην ίδια συστάδα.

Επιπλέον, το Proxmox VE παρέχει ένα σύνολο λογισμικού το οποίο ονομάζεται ηα-μαναγερ και μπορεί να εκτελέσει όλα τα παραπάνω αυτόματα. Είναι ικανό να ανιχνεύει σφάλματα αυτόματα και να πραγματοποιεί αυτόματο failover. Ο proxmox VE ha-manager λειτουργεί ως αυτοματοποιημένος διαχειριστής. Αρχικά ο χρήστης διαμορφώνει τους πόρους (εικονικές μηχανές, περιέχοντες κ.λπ.) που θα είναι υπό διαχείριση και έπειτα ο ha-manager παρατηρεί την σωστή λειτουργικότητα και φορτώνει το failover υπηρεσιών σε κάποιον άλλο κόμβο σε περίπτωση σφαλμάτων. Ο ha-manager μπορεί επίσης να διαχειρίζεται κανονικά αιτήματα του χρήστη, τα οποία μπορεί να ξεκινούν, να διακόπτονται και να μεταφέρουν υπηρεσίες.

Ωστόσο, η υψηλή διαθεσιμότητα έχει κάποιο αντίτιμο. Τα υψηλής ποιότητας εξαρτήματα είναι αρκετά ακριβότερα και η χρήση τους σε περίσσεια καθιστά το κόστος τουλάχιστον διπλάσιο. Τα επιπλέον ανταλλακτικά αυξάνουν το κόστος ακόμα περισσότερο. Έτσι, ο τελικός χρήστης οφείλει να υπολογίζει προσεκτικά τα οφέλη και να τα «ζυγίζει» με αυτό το επιπλέον κόστος.

Για παράδειγμα, η αύξηση της διαθεσιμότητας από 99% σε 99.9% είναι σχετικά απλή, αλλά η αύξηση από 99.9999% σε 99.99999% είναι ιδιαίτερα δύσκολη και δαπανηρή. Ο ha-manager έχει τυπική ανίχνευση σφαλμάτων και χρόνους failover περίπου στα 2 λεπτά και έτσι δεν είναι δυνατή η επίτευξη διαθεσιμότητας πάνω από 99.999%.

Ο τελικός χρήστης θα πρέπει να έχει εξασφαλίσει τα εξής πριν εφαρμόσει την υψηλή διαθεσιμότητα :

- μία συστάδα τουλάχιστον 3 κόμβων (για αξιόπιστη απαρτία)
- κοινόχρηστο αποθηκευτικό χώρο για εικονικές μηχανές και περιέχοντες
- καθολική περίσσεια μηχανημάτων και εξαρτημάτων
- χρήση αξιόπιστων εξαρτημάτων για διακομιστές
- επιτηρητής μηχανημάτων (hardware watchdog) – αν δεν είναι διαθέσιμος επιστρέφουμε στον Linux επιτηρητή λογισμικού (softdog).

7 Υλοποίηση & ρύθμιση συστήματος

Όλοκληρη η υποδομή νέφους (δρομολογητές, εξυπηρετητές, εξυπηρετητής αποθηκευτικού χώρου) η οποία παρουσιάζεται σε αυτήν την εργασία αποτελείται από εικονικά στοιχεία τα οποία «στεγάζονται» εξόλοκληρου σε έναν αποκλειστικό εξυπηρετητή (dedicated server). Η λύση αυτή επιλέχθηκε για δύο λόγους· αφενός γιατί δεν υπήρχαν οι διαθέσιμοι πόροι για την μίσθωση τριών αποκλειστικών διακομιστών, πολλών σκληρών δίσκων και δύο δρομολογητών, υλικό το οποίο απαιτείται για την δημιουργία ενός βασικού νέφους υψηλής διαθεσιμότητας και αφετέρου γιατί τα εικονικά μηχανήματα αφήνουν μεγαλύτερο περιθώριο για δοκιμές, σφάλματα και επαναδημιουργία των επιμέρους στοιχείων του νέφους σε μικρότερο χρονικό διάστημα.

Εκτός όμως από τα πλεονεκτήματα που έχει η υλοποίηση νέφους σε εικονικό περιβάλλον για εκπαιδευτικούς λόγους, έχει και κάποια μειονεκτήματα καθώς παρουσιάζονται προβλήματα και δυσκολίες, κυρίως όσον αφορά το δίκτυο και τις αποδόσεις.

7.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά αποκλειστικού εξυπηρετητή

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκε ο HP ProLiant DL360G5 με τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά

- 8 CPU Intel(R) Xeon(R) CPU E5420 @ 2.50GHz (2 Sockets)
- 20GB RAM
- 1TB HDD

7.2 Εγκατάσταση Proxmox στον αποκλειστικό διακομιστή

Εγκαταστάθηκε το Proxmox VE 5.1-51 μέσω bootable USB στο οποίο θα δημιουργηθούν και θα παραμετροποιηθούν όλα τα επι μέρους στοιχεία του νέφους. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την εγκατάσταση του Proxmox VE 5.1-51.

1. Από τον αρχικό κατάλογο εγκατάστασης επιλέγουμε «Install Proxmox VE.»

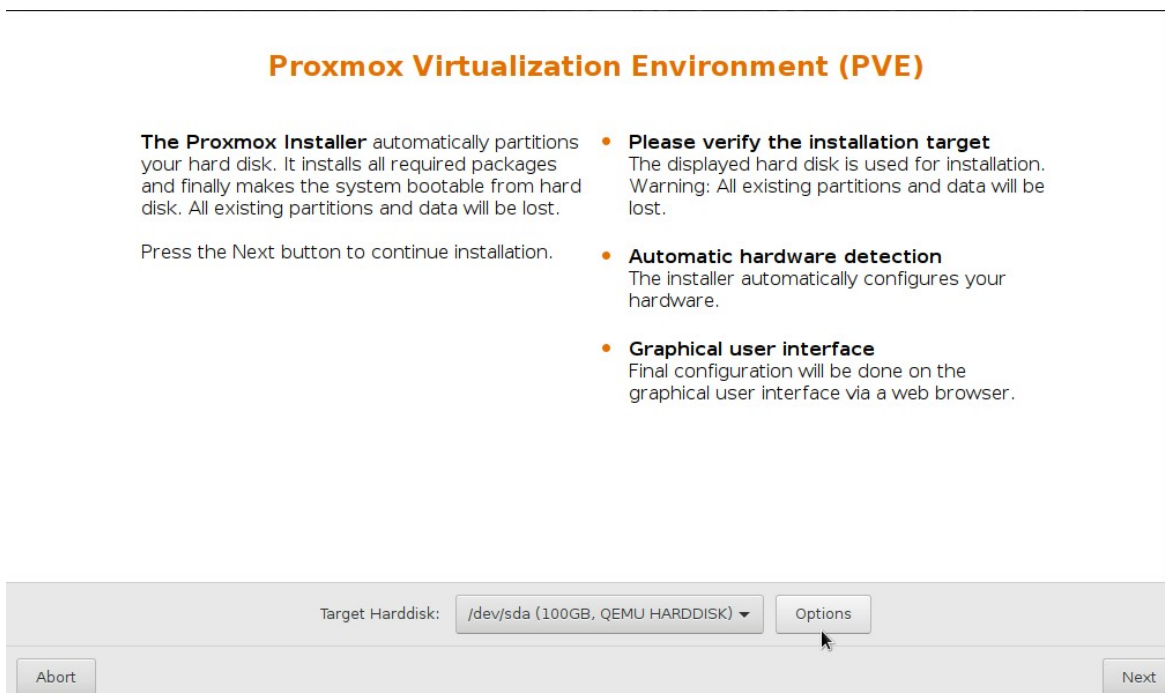


Welcome to Proxmox Virtual Environment

Install Proxmox VE
Install Proxmox VE (Debug mode)
Rescue Boot
Test memory

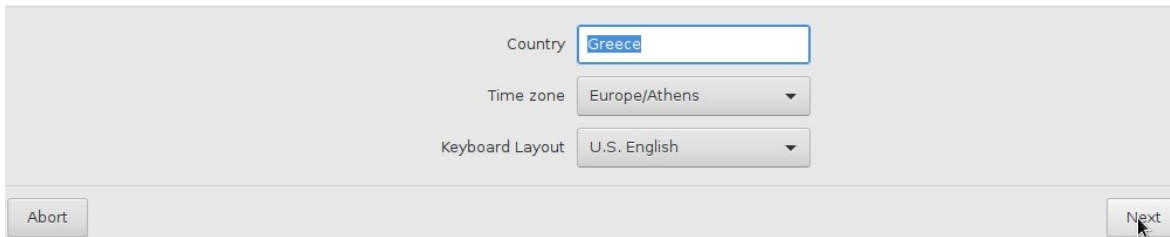
Σχήμα 7.1: Αρχικός κατάλογος εγκατάστασης

2. Επιλέγουμε το αποθηκευτικό μέσο στο οποίο θα εγκατασταθεί το λειτουργικό σύστημα αφήνοντας τις προεπιλεγμένες ρυθμίσεις και πατάμε «Next.»



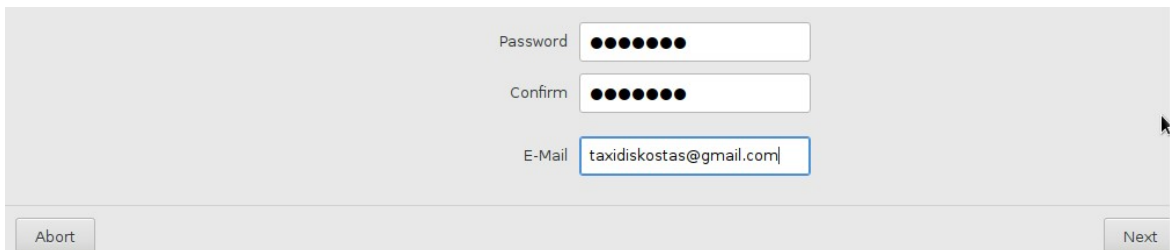
Σχήμα 7.2: Επιλογή αποθηκευτικού μέσου

3. Επιλέγουμε χώρα, ζώνη ώρας, και τη γλώσσα πληκτρολογίου.



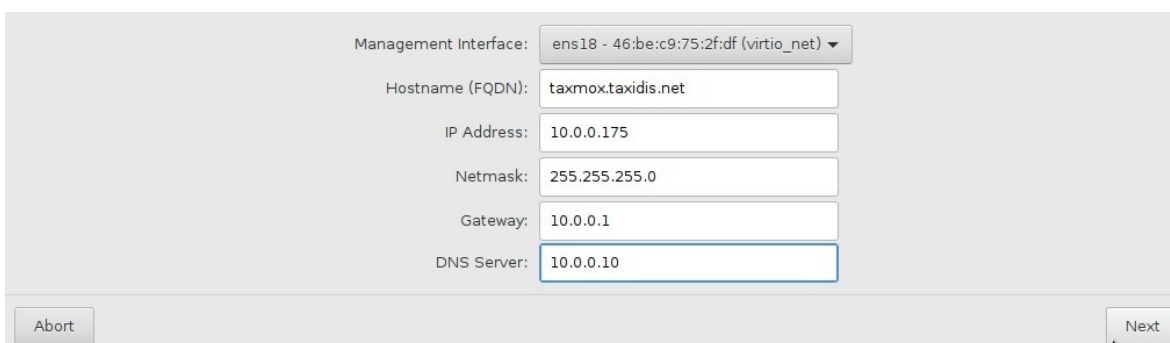
Σχήμα 7.3: Επιλογή χώρας και γλώσσας

4. Ορίζουμε τον κωδικό διαχειριστή (root user) και επαληθεύουμε.
5. Εισάγουμε λογαριασμό αλληλογραφίας στον οποίο το σύστημα μας αποστέλλει ειδοποιήσεις για τις διαθέσιμες ενημερώσεις και τη λειτουργία των υπηρεσιών του συστήματος.



Σχήμα 7.4: Ορισμός κωδικού και λογαριασμού αλληλογραφίας

6. Επιλέγουμε την κύρια διεπαφή δικτύου στην οποία επιθυμούμε να επικοινωνεί το λειτουργικό σύστημα.
7. Εισάγουμε τις ρυθμίσεις δικτύου και προχωράμε στο επόμενο βήμα κατα το οποίο ξεκινάει η εγκατάσταση του λειτουργικού συστήματος.



Σχήμα 7.5: Ρυθμίσεις δικτύου

8. Μόλις ολοκληρωθεί η εγκατάσταση, αφαιρούμε από το μηχάνημα το αποθηκευτικό μέσο που περιείχε την εικόνα εγκατάστασης και πραγματοποιούμε επανεκκίνηση του μηχανήματος.

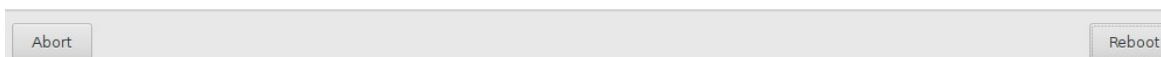
Installation successful!

The Proxmox Virtual Environment is now installed and ready to use.

- **Next steps**

Reboot and point your web browser to the selected IP address.

Also visit www.proxmox.com for more information.



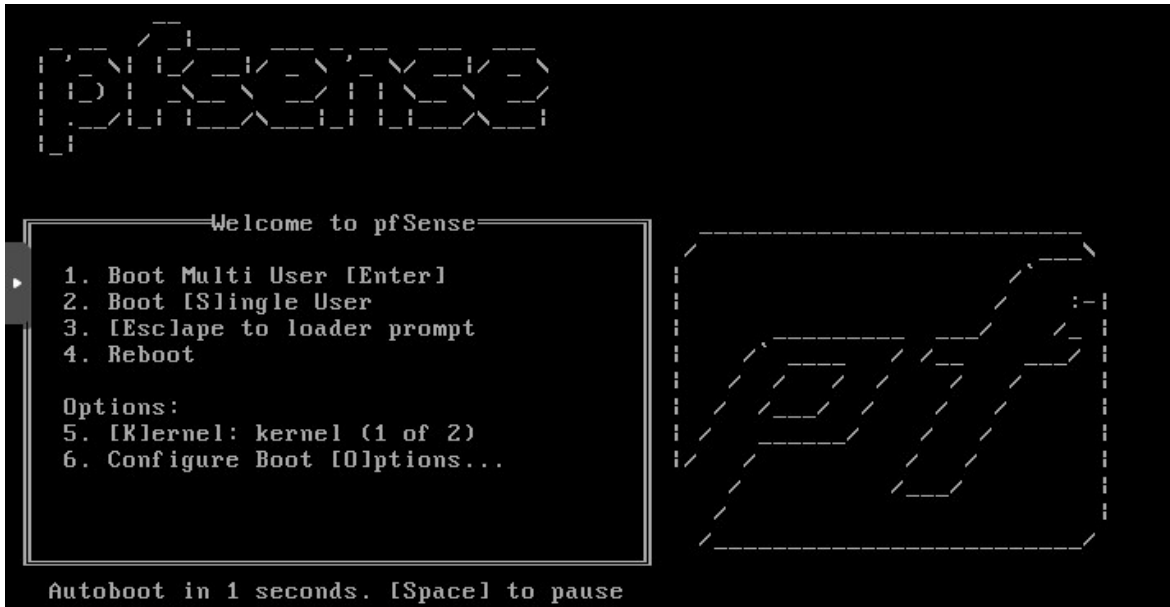
Σχήμα 7.6: Ολοκλήρωση εγκατάστασης

7.3 Εγκατάσταση δρομολογητών με λογισμικό PfSense

7.3.1 Εγκατάσταση κύριου δρομολογητή

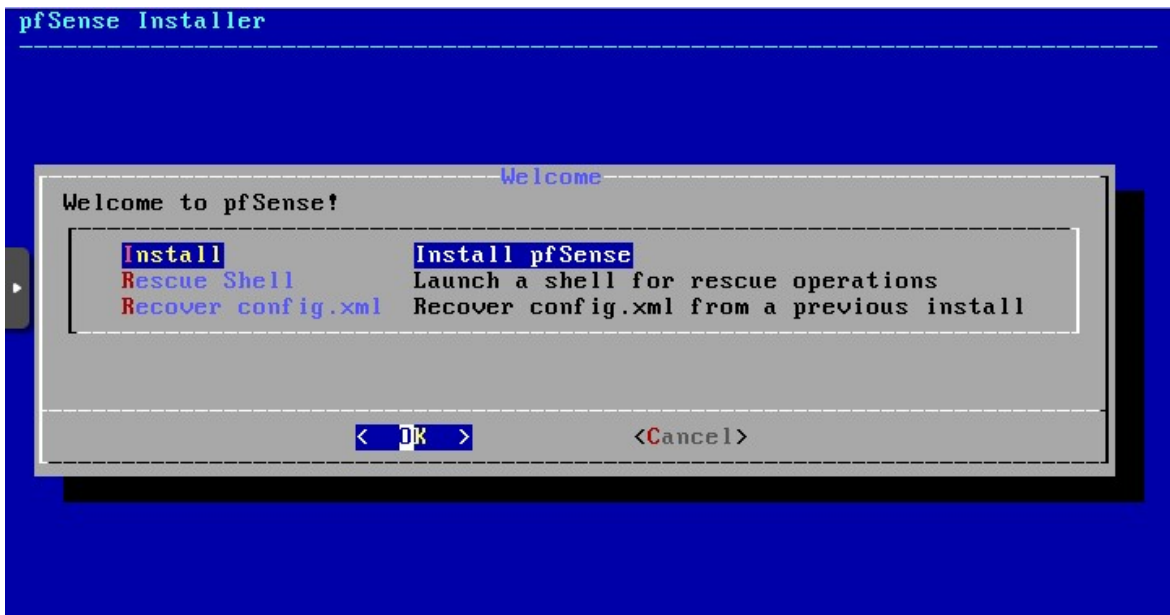
Δημιουργούμε ένα εικονικό μηχάνημα στο οποίο εγκαθιστούμε PfSense το οποίο θα εξυπηρετεί ως κύριος δρομολογητής και τείχος προστασίας του υπολογιστικού νέφους. Τα βήματα δημιουργίας του εικονικού μηχανήματος παραλείπονται καθώς θα παρουσιαστούν στο Κεφάλαιο 7.6 κατά το οποίο θα δημιουργηθεί ένα εικονικό μηχάνημα εντός του νέφους.

1. Χρησιμοποιούμε την εικόνα εγκατάστασης pfSense-CE-2.4.3-RELEASE-amd64.iso την οποία προσθέτουμε στο εικονικό οπτικό μέσο του μηχανήματος.



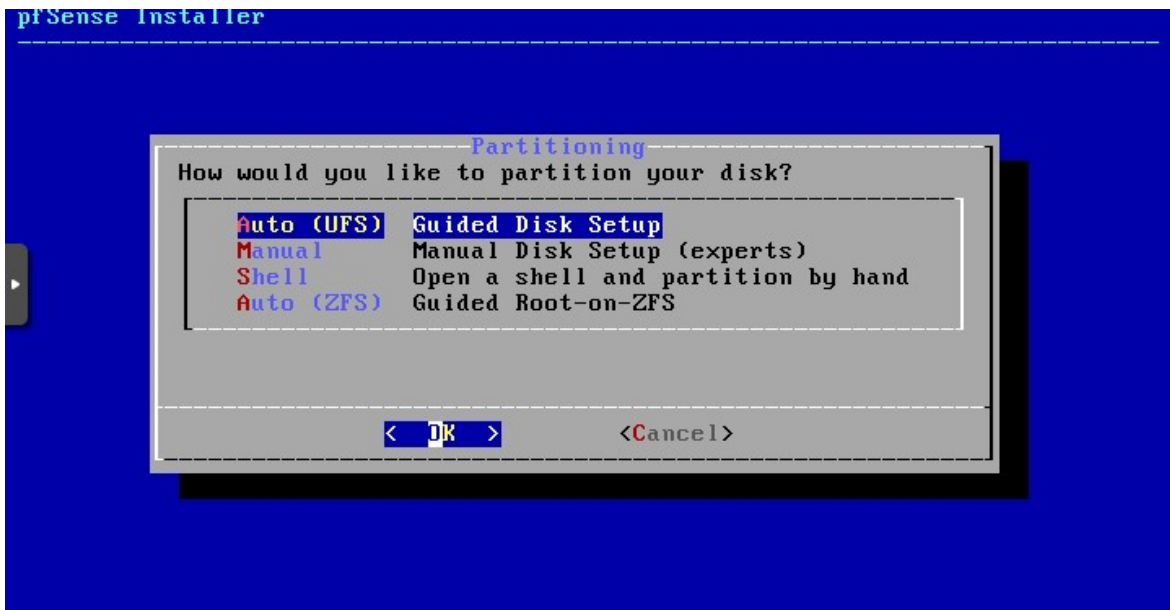
Σχήμα 7.7: Κατάλογος εκκίνησης PfSense

2. Αφού ολοκληρωθεί η αρχική φόρτωση επιλέγουμε «Install PfSense» ώστε να προχωρήσουμε με την εγκατάσταση.



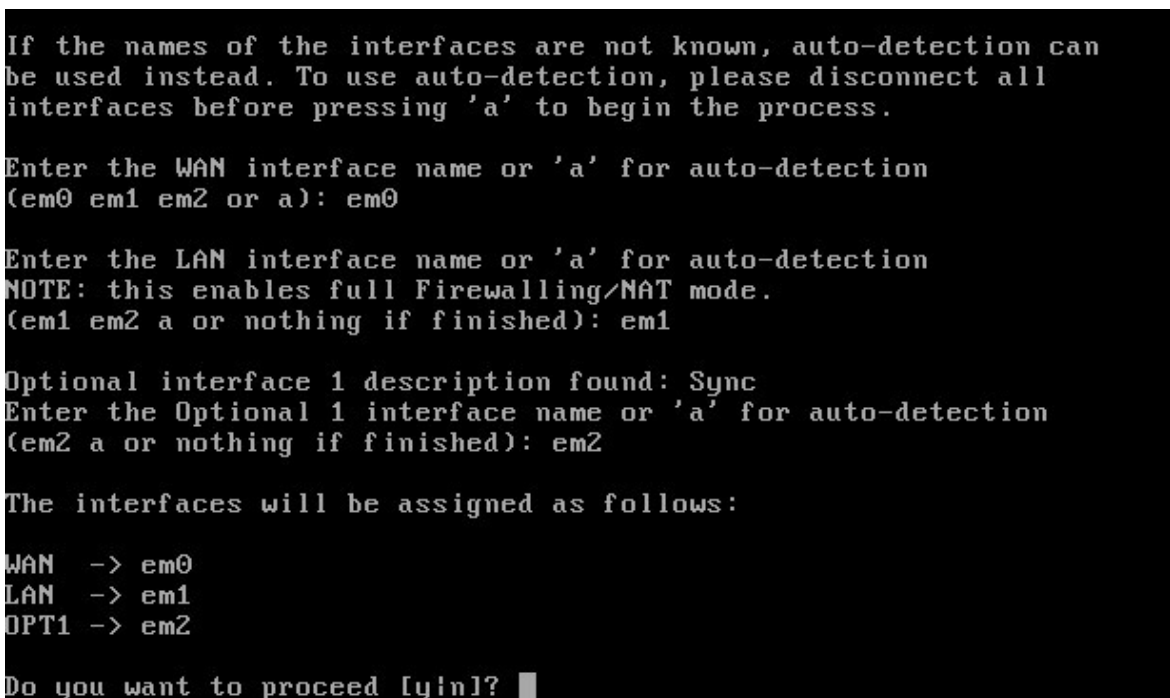
Σχήμα 7.8: Επιλογές εγκατάστασης

3. Έπειτα επιλέγουμε αυτόματη μορφοποίηση των διαμερισμάτων δίσκου.



Σχήμα 7.9: Επιλογές μορφοποίησης διαμερισμάτων δίσκου

4. Αφού ολοκληρωθεί η εγκατάσταση και η επανεκκίνηση του μηχανήματος το σύστημα προτρέπει την παραμετροποίηση των δικτύων μέσω γραμμής εντολών. Αποδεχόμαστε πληκτρολογώντας «y» και αρχικοποιούμε τις διεπαφές δικτύου.



Σχήμα 7.10: Αρχικοποίηση διεπαφών

5. Πληκτρολογούμε ποια διεπαφή επιθυμούμε να παραμετροποιήσουμε και ορίζουμε IP, subnet και gateway.

```

Available interfaces:

1 - WAN (em0 - static)
2 - LAN (em1 - static)
3 - SYNC (em2 - static)

Enter the number of the interface you wish to configure: 1

Configure IPv4 address WAN interface via DHCP? (y/n) n

Enter the new WAN IPv4 address. Press <ENTER> for none:
> 10.0.0.176

Subnet masks are entered as bit counts (as in CIDR notation) in pfSense
e.g. 255.255.255.0 = 24
     255.255.0.0   = 16
     255.0.0.0    = 8

Enter the new WAN IPv4 subnet bit count (1 to 31):
> 24

For a WAN, enter the new WAN IPv4 upstream gateway address.
For a LAN, press <ENTER> for none:
>

```

Σχήμα 7.11: Παραμετροποίηση πρώτης διεπαφής

Αντιστοίχως αναθέτουμε IPs και στις υπόλοιπες διεπαφές με την διαφορά πως δεν ορίζουμε gateway καθώς είναι εσωτερικά δίκτυα (LAN). Ός public IP του μηχανήματος έχει οριστεί η IP 10.0.0.176/24 από την οποία γίνεται και η σύνδεση με το διαδίκτυο. Επιπλέον έχουν δημιουργηθεί τα παρακάτω δίκτυα:

172.16.16.0/24 το οποίο εξυπηρετεί το failover μεταξύ των δύο δρομολογητών και ως εσωτερικό δίκτυο. 172.16.166.4/24 το οποίο εξυπηρετεί την επικοινωνία των υπηρεσιών cerh ανάμεσα στους τρεις κόμβους του νέφους.

6. Στο μηχάνημα αποδίδονται οι εξής IPs: 10.0.0.176 172.16.16.1 172.16.166.4

```

pfSense - Netgate Device ID: 257890473f9c93a84b21

*** Welcome to pfSense 2.4.3-RELEASE-p1 (amd64) on pfSense ***

WAN (wan)      -> em0      -> v4: 10.0.0.176/24
LAN (lan)      -> em1      -> v4: 172.16.16.1/24
SYNC (opt1)    -> em2      -> v4: 172.16.166.4/24

0) Logout (SSH only)          9) pfTop
1) Assign Interfaces          10) Filter Logs
2) Set interface(s) IP address 11) Restart webConfigurator
3) Reset webConfigurator password 12) PHP shell + pfSense tools
4) Reset to factory defaults   13) Update from console
5) Reboot system              14) Enable Secure Shell (sshd)
6) Halt system                 15) Restore recent configuration
7) Ping host                   16) Restart PHP-FPM
8) Shell

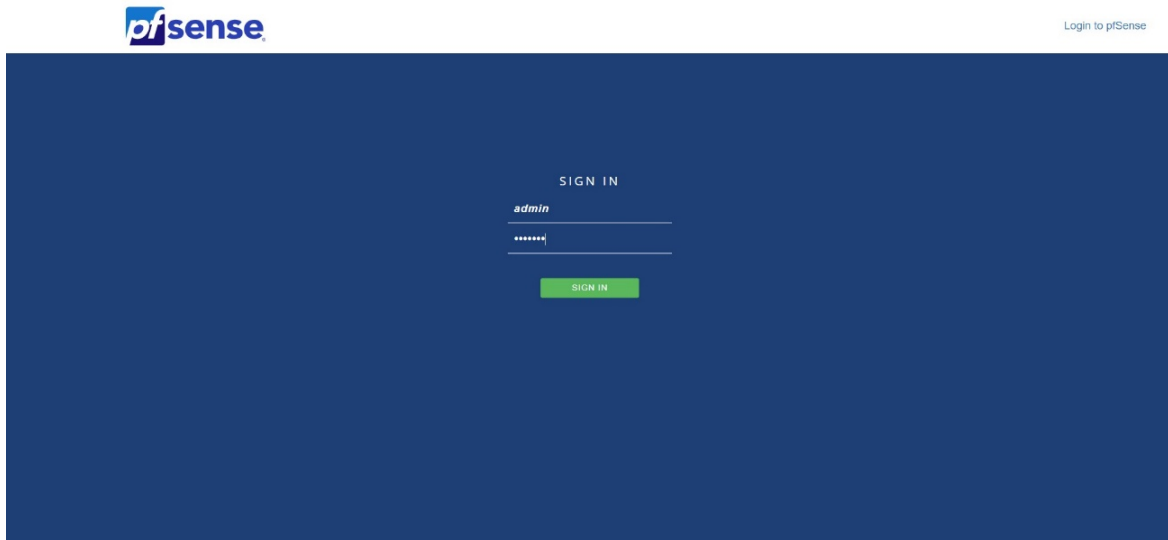
Enter an option:

```

Σχήμα 7.12: Κύριος κατάλογος δρομολογητή

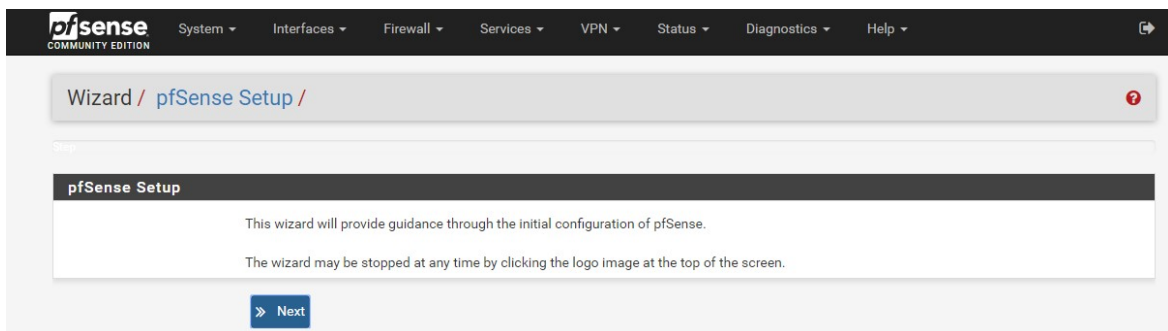
Αφού ολοκληρωθεί η παραμετροποίηση των διεπαφών μέσω γραμμής εντολών μεταβαίνουμε στην διεύθυνση του γραφικού περιβάλλοντος. Από προεπιλογή η πρόσβαση γίνεται μέσω της LAN IP για λόγους ασφαλείας (<https://172.16.16.1/>).

Η σύνδεση πραγματοποιείται με τα προεπιλεγμένα στοιχεία: Όνομα χρήση: admin Κωδικός: pfsense



Σχήμα 7.13: Διεπαφή σύνδεσης χρήστη

Ανοίγοντας για πρώτη φορά το γραφικό περιβάλλον του PfSense εκτελείται ο οδηγός αρχικών ρυθμίσεων (setup wizard).



Σχήμα 7.14: Αρχική σελίδα οδηγού

7. Ορίζουμε ως hostname "pfsense" και ως DNS server τον 10.0.0.10, ο οποίος είναι ο DNS Server του δικτύου στο οποίο βρίσκεται το υπολογιστικό νέφος, και προχωράμε στο επόμενο βήμα.

Wizard / pfSense Setup / General Information

Step 2 of 9

General Information

On this screen the general pfSense parameters will be set.

Hostname: pfsense
EXAMPLE: myserver

Domain: localdomain
EXAMPLE: mydomain.com

The default behavior of the DNS Resolver will ignore manually configured DNS servers for client queries and query root DNS servers directly. To use the manually configured DNS servers below for client queries, visit Services > DNS Resolver and enable DNS Query Forwarding after completing the wizard.

Primary DNS Server: 10.0.0.10

Secondary DNS Server:

Override DNS:
Allow DNS servers to be overridden by DHCP/PPP on WAN

Next

Σχήμα 7.15: Επιλογές ονόματος εξυπηρετητή

8. Διατηρούμε τον NTP διακομιστή που προτείνει ο οδηγός και ορίζουμε τη ζώνη ώρας σε GMT +2.

Wizard / pfSense Setup / Time Server Information

Step 3 of 9

Time Server Information

Please enter the time, date and time zone.

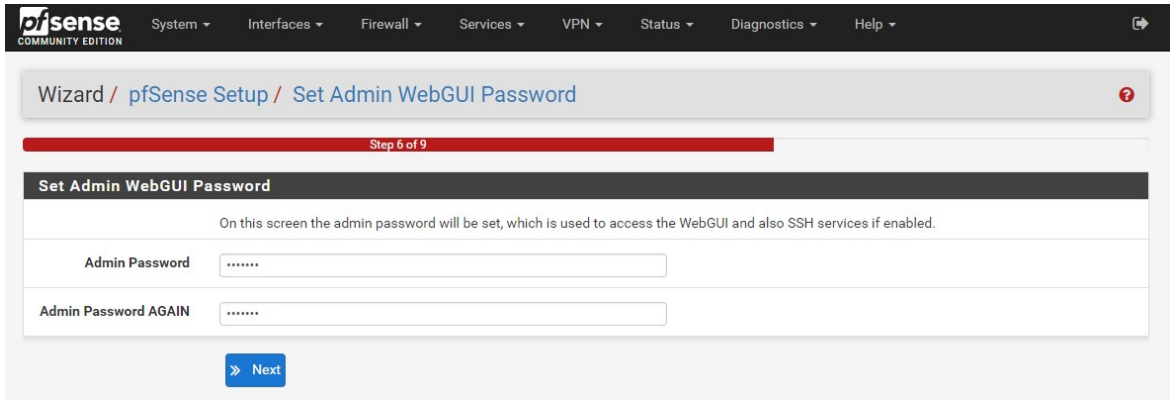
Time server hostname: 0.pfsense.pool.ntp.org
Enter the hostname (FQDN) of the time server.

Timezone: Etc/UTC

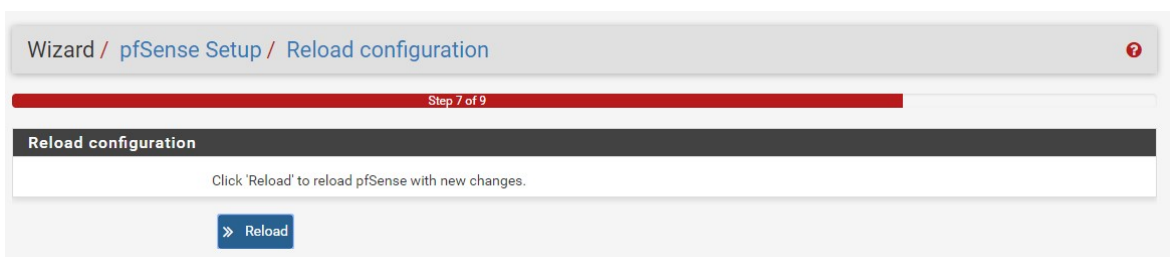
Next

Σχήμα 7.16: Ρυθμίσεις ώρας

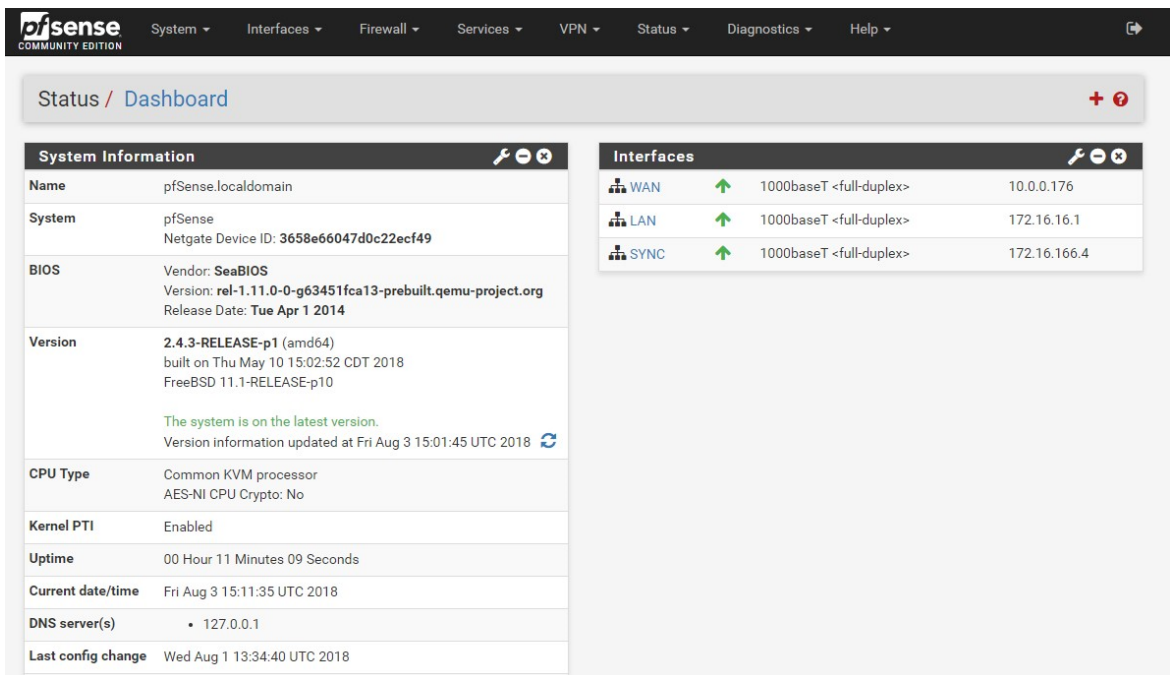
9. Στα επόμενα δύο βήματα ο οδηγός προτρέπει στην παραμετροποίηση των WAN και LAN δικτύων. Ωστόσο καθώς έχω παραμετροποιήσει τα δίκτυα μέσω γραμμής εντολών τα προσπερνάω.
10. Ορίζουμε το νέο κωδικό εισόδου διαχειριστή και προχωράμε στο επόμενο και τελευταίο βήμα στο οποίο οριστικοποιούνται και φορτώνονται οι επιλογές που έχουν εισαχθεί στα προηγούμενα βήματα.



Σχήμα 7.17: Ορισμός κωδικού πρόσβασης διαχειριστή



Σχήμα 7.18: Οριστικοποίηση παραμέτρων



Σχήμα 7.19: Αρχική σελίδα γραφικού περιβάλλοντος PfSense

7.3.2 Εγκατάσταση εφεδρικού δρομολογητή

Ακολουθώντας τα ίδια βήματα δημιουργούμε μία δεύτερη εγκατάσταση PfSense η οποία θα εξυπηρετεί ως εφεδρικός δρομολογητής σε περίπτωση που ο πρώτος αποτύχει. Στο δεύτερο μηχάνημα έχουν αποδοθεί οι παρακάτω IPs:

10.0.0.181
172.16.16.2
172.16.166.5

7.3.3 Υψηλη διαθεσιμότητα και failover δικτυου

Όπως αναφέρθηκε και στο θεωρητικό μέρος η υψηλη διαθεσιμότητα του Pfsense βασίζεται σε διάφορες τεχνολογίες (CARP, PfSync, XMLRPC Sync).

Για την υλοποίηση χρειαζόμαστε τρεις λατιΠς από κάθε υποδίκτυο για κάθε CARP cluster. Στην περίπτωση μας στην οποία υπάρχει μόνο ένας CARP cluster χρησιμοποιώ το LAN υποδίκτυο 172.16.16.0/2 και θα κάνω χρήση τριών IP. Η IP του κύριου κόμβου είναι 172.16.16.1 και του δευτερεύοντος κόμβου 172.16.16.2.

1. Στον κύριο κόμβο προσθέτουμε μία εικονική IP τυπου CARP μέσα από την επιλογή Firewall > Virtual IPs > Add.

The screenshot shows the configuration form for a Virtual IP in pfSense. At the top, there are radio buttons for 'Type': IP Alias, CARP (selected), Proxy ARP, and Other. Below this, the 'Interface' is set to 'LAN'. The 'Address type' is 'Single address'. The 'Address(es)' field contains '172.16.16.3' and a dropdown for the subnet mask is set to '24'. A note below states: 'The mask must be the network's subnet mask. It does not specify a CIDR range.' The 'Virtual IP Password' section has two masked password fields with labels 'Enter the VHID group password.' and 'Confirm'. The 'VHID Group' is set to '1' with a note: 'Enter the VHID group that the machines will share.' The 'Advertising frequency' section has two dropdowns: 'Base' set to '1' and 'Skew' set to '0'. A note below states: 'The frequency that this machine will advertise. 0 means usually master. Otherwise the lowest combination of both values in the cluster determines the master.' The 'Description' field is empty with a note: 'A description may be entered here for administrative reference (not parsed).'

Σχήμα 7.20: Ρυθμίσεις εικονικής IP

όπου :

Type: Ορίζουμε τον τύπο της εικονικής IP σε CARP. Interface: Ορίζουμε την LAN διεπαφή στην οποία επιθυμούμε να δημιουργηθεί η εικονική IP. Address type: Έχει προεπιλεγμένη την μονή διεύθυνση Address: Ορίζουμε την IP 172.16.16.3 ως εικονική IP Virtual IP Password: Ορίζουμε τον κωδικό της ομάδας VHID που θα χρησιμοποιήσουμε. VHID Group: Ορίζουμε ένα VHID το οποίο θα χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά από αυτήν την εικονική IP. Advertising frequency: Ορίζουμε ουσιαστικά την προτεραιότητα του κόμβου. Στον κύριο κόμβο ορίζουμε την βάση 1 και το Skew 0. Στον δευτερεύοντα κόμβο ορίζουμε μεγαλύτερο skew. Αντίστοιχα προσθέτουμε την εικονική IP και στον δευτερεύοντα κόμβο.

2. Και στους δυο κόμβους προσθέτουμε στο τείχος προστασίας κανόνες ώστε να επιτρέπεται η επικοινωνία μεταξύ τους. Στο Σχήμα 7.21 φαίνεται ο κανόνας που έχει προστεθεί στον κύριο κόμβο.

Firewall / Rules / LAN

Floating WAN LAN SYNC

Rules (Drag to Change Order)

States	Protocol	Source	Port	Destination	Port	Gateway	Queue	Schedule	Description	Actions
✓ 0/366 KiB	*	*	*	LAN Address	80	*	*		Anti-Lockout Rule	⚙️
☐ ✓ 0/0 B	IPv4-TCP	*	*	172.16.16.2	*	*	none			📌 📄 🗑️

Σχήμα 7.21: Ενεργοί κανόνες στο τείχος προστασίας

3. Στον κύριο κόμβο μέσα από την επιλογή System > High Avail. Sync. στην κατηγορία State Synchronization Settings (pfsync) ενεργοποιούμε την επιλογή Synchronize states. Έπειτα ορίζουμε τη διεπαφή μέσω της οποίας θα γίνεται ο συγχρονισμός και τέλος εισάγουμε την IP του δευτερεύοντα κόμβου (172.16.16.2).

System / High Availability Sync

State Synchronization Settings (pfsync)

Synchronize states pfsync transfers state insertion, update, and deletion messages between firewalls.
 Each firewall sends these messages out via multicast on a specified interface, using the PFSYNC protocol (IP Protocol 240). It also listens on that interface for similar messages from other firewalls, and imports them into the local state table.
 This setting should be enabled on all members of a failover group.
 Clicking "Save" will force a configuration sync if it is enabled! (see Configuration Synchronization Settings below)

Synchronize Interface LAN
 If Synchronize States is enabled this interface will be used for communication.
 It is recommended to set this to an interface other than LAN! A dedicated interface works the best.
 An IP must be defined on each machine participating in this failover group.
 An IP must be assigned to the interface on any participating sync nodes.

pfsync Synchronize Peer IP 172.16.16.2
 Setting this option will force pfsync to synchronize its state table to this IP address. The default is directed multicast.

Σχήμα 7.22: Ενεργοποίηση υπηρεσίας PfSync

Τις ίδιες ρυθμίσεις εισάγουμε και στον δευτερεύοντα κόμβο ορίζοντας όμως ως «PfSync peer IP» τη διεύθυνση του κύριου κόμβου (172.16.16.1).

4. Μόνο στον κύριο κόμβο, στην κατηγορία Configuration Synchronization Settings (XMLRPC Sync) εισάγουμε τη διεύθυνση του δευτερεύοντα κόμβου και τα στοιχεία εισόδου στο γραφικό περιβάλλον. Για να λειτουργήσει ο συγχρονισμός μεταξύ των δύο κόμβων θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τον χρήστη admin και ο κωδικός να είναι ίδιος και στα δύο μηχανήματα. Έπειτα επιλέγουμε ποιες ρυθμίσεις επιθυμούμε να συγχρονίζονται και πατάμε Save.

Configuration Synchronization Settings (XMLRPC Sync)

Synchronize Config to IP

Enter the IP address of the firewall to which the selected configuration sections should be synchronized.

XMLRPC sync is currently only supported over connections using the same protocol and port as this system - make sure the remote system's port and protocol are set accordingly!
Do not use the Synchronize Config to IP and password option on backup cluster members!

Remote System Username

Enter the webConfigurator username of the system entered above for synchronizing the configuration.
Do not use the Synchronize Config to IP and username option on backup cluster members!

Remote System Password

Enter the webConfigurator password of the system entered above for synchronizing the configuration.
Do not use the Synchronize Config to IP and password option on backup cluster members!

Select options to sync

- User manager users and groups
- Authentication servers (e.g. LDAP, RADIUS)
- Certificate Authorities, Certificates, and Certificate Revocation Lists
- Firewall rules
- Firewall schedules
- Firewall aliases

Σχήμα 7.23: Παραμετροποίηση υπηρεσίας XMLRPC Sync

5. Μέσα από την κατηγορία Services > DHCP Server μεταβαίνουμε στην καρτέλα LAN. Ορίζουμε την CARP εικονική IP (172.16.16.3) ως DNS server και Gateway. Έπειτα ορίζουμε ως Failover peer IP την IP του δευτερεύοντα κόμβου (172.16.16.2) και πατάμε Save.

Αφού ολοκληρωθούν τα παραπάνω βήματα, συνδεόμαστε στον δευτερεύοντα κόμβο και επιβεβαιώνουμε πως εικονική IP και οι κανόνες του τείχους προστασίας έχουν συγχρονιστεί.

Τέλος, μέσα από την επιλογή Status > CARP και στους δύο κόμβους βλέπουμε την κατάσταση της συστάδας όπου ο κύριος κόμβος έχει την κατάσταση MASTER και ο δευτερεύον κόμβος την κατάσταση BACKUP.

Status / CARP ☰ 📊 ⓘ

⊘ Temporarily Disable CARP
🔑 Enter Persistent CARP Maintenance Mode

CARP Interfaces		
CARP Interface	Virtual IP	Status
LAN@1	172.16.16.3/24	🟢 MASTER

Status / CARP ☰ 📊 ⓘ

⊘ Temporarily Disable CARP
🔑 Enter Persistent CARP Maintenance Mode

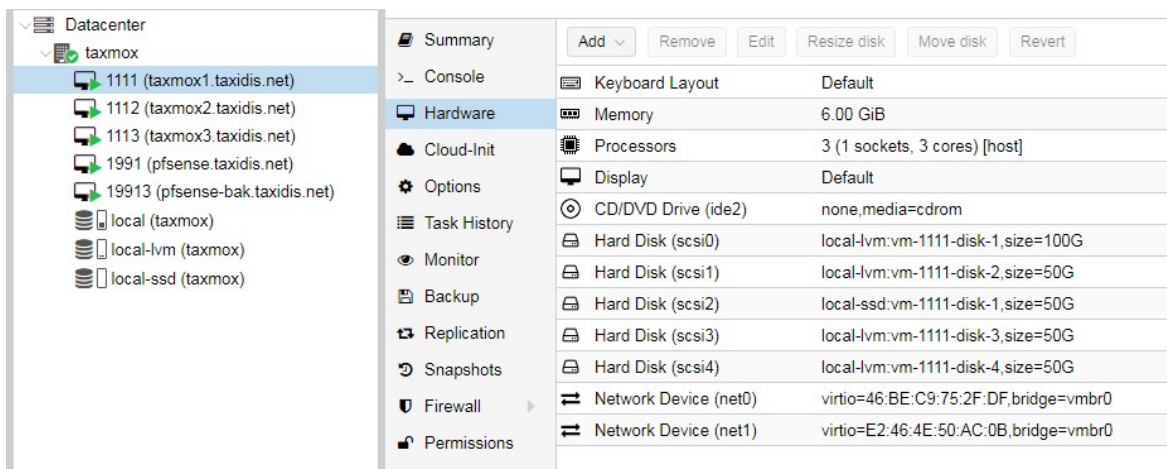
CARP Interfaces		
CARP Interface	Virtual IP	Status
LAN@1	172.16.16.3/24	🟡 BACKUP

Σχήμα 7.24: Κατάσταση CARP στους δύο κόμβους

7.4 Δημιουργία και παραμετροποίηση υπολογιστικού νεφους

7.4.1 Δημιουργία εποπτων (Hypervisors)

Δημιουργούμε τρία εικονικά μηχανήματα στα οποία έχει εγκατασταθεί Proxmox VE 5.1-51 ακολουθώντας τα βήματα που αναφέρονται στο Κεφάλαιο 7.6. Και στα τρία μηχανήματα υπάρχουν πέντε δίσκοι, ένας για την εγκατάσταση του λειτουργικού και τέσσερις που θα χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία του διαμοιραζόμενου αποθηκευτικού χώρου (Ceph storage). Έπιπλέον έχουν εγκατασταθεί δύο κάρτες δικτύου, μία που εξυπηρετεί τις ανάγκες της επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων και την επικοινωνία των εικονικών μηχανημάτων με το διαδίκτυο, και μία που χρησιμοποιείται αποκλειστικά από το (Ceph storage). Ενδεικτικά, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πρώτου κόμβου του νέφους απεικονίζονται στο Σχήμα 7.25. Παρόμοια τεχνικά χαρακτηριστικά έχουν και οι άλλοι δύο κόμβοι.

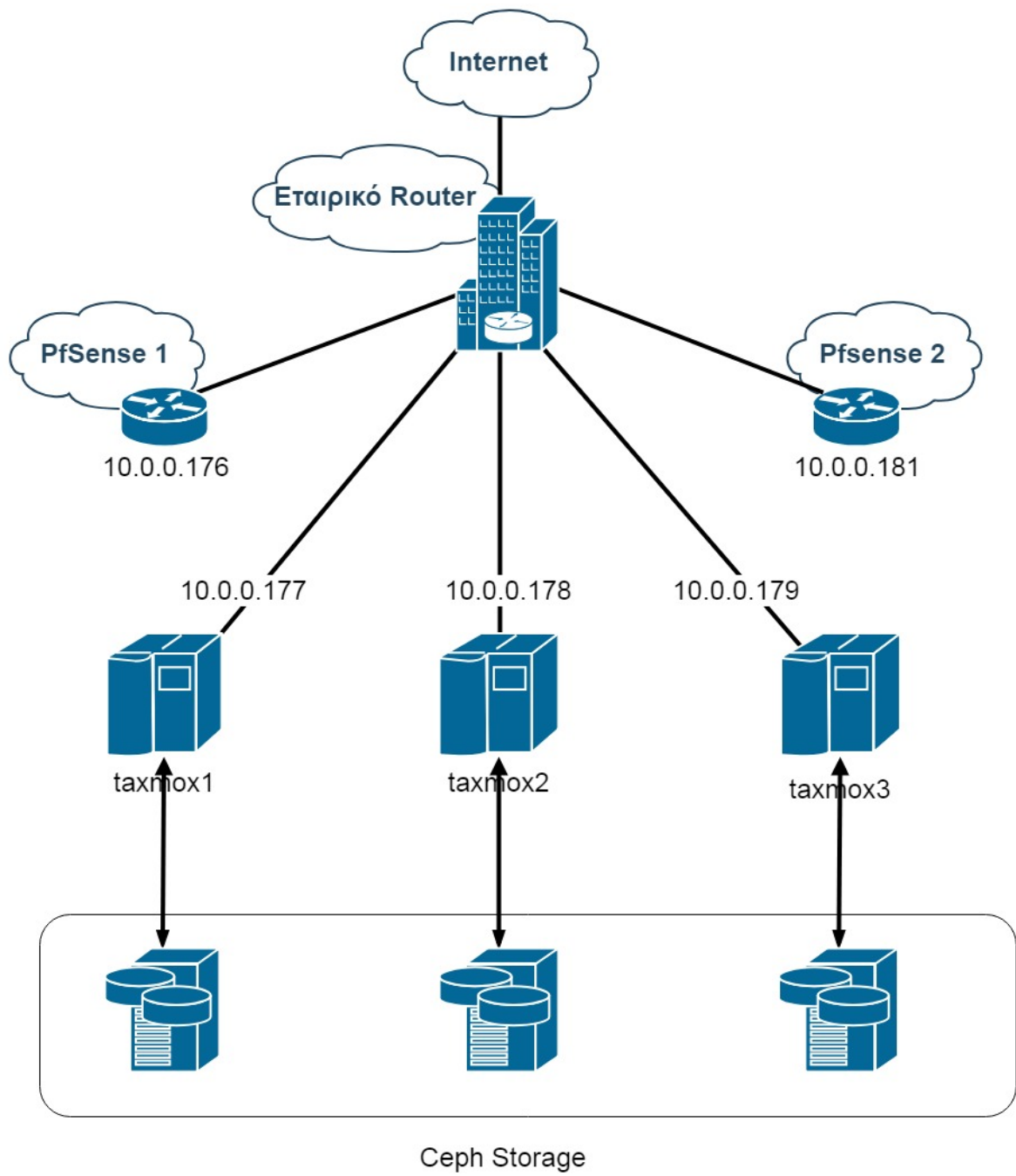


Component	Configuration
Keyboard Layout	Default
Memory	6.00 GiB
Processors	3 (1 sockets, 3 cores) [host]
Display	Default
CD/DVD Drive (ide2)	none,media=cdrom
Hard Disk (scsi0)	local-lvm:vm-1111-disk-1,size=100G
Hard Disk (scsi1)	local-lvm:vm-1111-disk-2,size=50G
Hard Disk (scsi2)	local-ssd:vm-1111-disk-1,size=50G
Hard Disk (scsi3)	local-lvm:vm-1111-disk-3,size=50G
Hard Disk (scsi4)	local-lvm:vm-1111-disk-4,size=50G
Network Device (net0)	virtio=46:BE:C9:75:2F:DF,bridge=vmb0
Network Device (net1)	virtio=E2:46:4E:50:AC:0B,bridge=vmb0

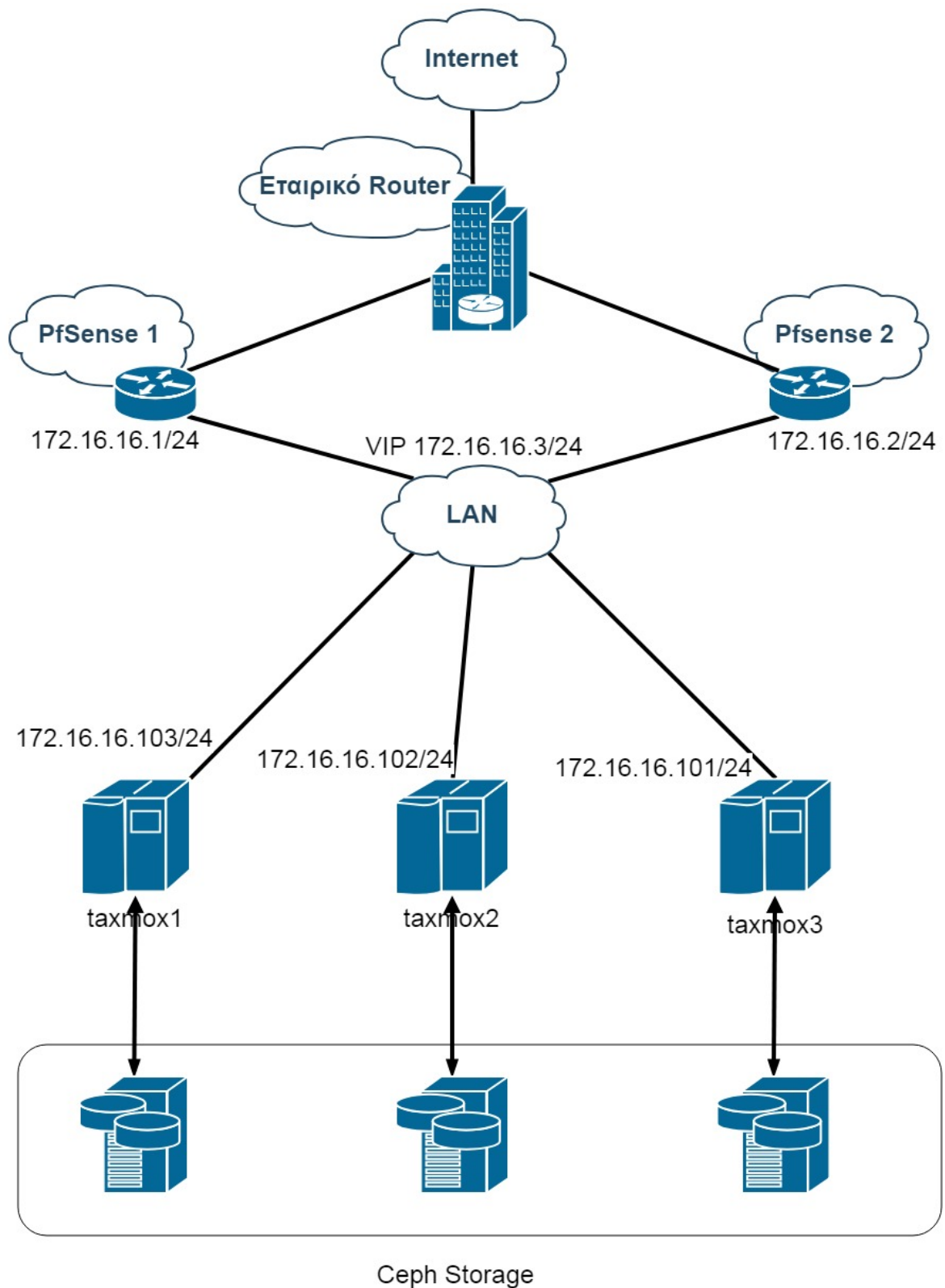
Σχήμα 7.25: Τεχνικά χαρακτηριστικά πρώτου υπολογιστικού κόμβου

7.4.2 Δημιουργία συστάδας τριών κόμβων (3-node cluster)

Η συνολική εικόνα της συστάδας τριών κόμβων εντός δικτύου WAN και LAN απεικονίζεται στα Σχήματα 7.26 και 7.27 αντίστοιχα.



Σχήμα 7.26: Εικόνα συστάδας εντός δικτύου WAN



Σχήμα 7.27: Εικόνα συστάδας εντός δικτύου LAN

1. Συνδεόμαστε με πρωτόκολλο SSH με χρήση του προγράμματος PuTTY (*PuTTY: a free implementation of SSH and Telnet for Windows and Unix platforms* (n.d.)) στον πρώτο κόμβο (taxinox1.taxidis.net) και εκτέλεσα την παρακάτω εντολή, όπου my-ha-cluster το όνομα της συστάδας.

```
root@taxmox1:~# pvecm create my-ha-cluster
```

Σχήμα 7.28: Σύνδεση στον πρώτο κόμβο μέσω putty με πρωτόκολλο ssh

```
root@taxmox1:~# pvecm create my-ha-cluster
Corosync Cluster Engine Authentication key generator.
Gathering 1024 bits for key from /dev/urandom.
Writing corosync key to /etc/corosync/authkey.
root@taxmox1:~#
```

Σχήμα 7.29: Σύνδεση στον πρώτο κόμβο επιτυχής

2. Έπειτα τυπώνουμε την αρχική κατάσταση του cluster.

```
root@taxmox1:~# pvecm status
```

Σχήμα 7.30: Αρχική κατάσταση cluster

```
root@taxmox1:~# pvecm status
Quorum information
-----
Date:                Sun Jul 29 20:04:43 2018
Quorum provider:    corosync_votequorum
Nodes:              1
Node ID:            0x00000001
Ring ID:            1/4
Quorate:            Yes

Votequorum information
-----
Expected votes:     1
Highest expected:   1
Total votes:        1
Quorum:             1
Flags:              Quorate

Membership information
-----
    Nodeid      Votes Name
0x00000001      1 10.0.0.177 (local)
root@taxmox1:~#
```

Σχήμα 7.31: Εκτύπωση αρχικής κατάστασης cluster

3. Συνδεόμαστε στο δεύτερο κόμβο και εκτελούμε την παρακάτω εντολή ώστε να προσθέσουμε τον κόμβο στο cluster. Χρησιμοποιούμε την IP του πρώτου κόμβου στον οποίο αρχικοποιήθηκε το cluster.

```
root@taxmox2:~# pvecm add 10.0.0.177
```

Σχήμα 7.32: Προσθήκη δεύτερου κόμβου στο cluster

```
root@taxmox2:~# pvecm add 10.0.0.177
The authenticity of host '10.0.0.177 (10.0.0.177)' can't be established.
ECDSA key fingerprint is SHA256:kSHatF71x12vzzzVze+CD/ntdqqSaIejTWe86LmZjYc.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no)? yes
root@10.0.0.177's password:
copy corosync auth key
stopping pve-cluster service
backup old database
waiting for quorum...OK
generating node certificates
merge known_hosts file
restart services
successfully added node 'taxmox2' to cluster.
root@taxmox2:~#
```

Σχήμα 7.33: Προσθήκη δεύτερου κόμβου στο cluster επιτυχής

4. Αντίστοιχα συνδεόμαστε στον τρίτο κόμβο και εκτελούμε την ίδια εντολή ώστε να προστεθεί στο cluster.

```
root@taxmox3:~# pvecm add 10.0.0.177
```

Σχήμα 7.34: Προσθήκη τρίτου κόμβου στο cluster

```
root@taxmox3:~# pvecm add 10.0.0.177
The authenticity of host '10.0.0.177 (10.0.0.177)' can't be established.
ECDSA key fingerprint is SHA256:kSHatF71x12vzzzVze+CD/ntdqqSaIejTWe86LmZjYc.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no)? yes
root@10.0.0.177's password:
copy corosync auth key
stopping pve-cluster service
backup old database
waiting for quorum...OK
generating node certificates
merge known_hosts file
restart services
successfully added node 'taxmox3' to cluster.
root@taxmox3:~#
```

Σχήμα 7.35: Προσθήκη τρίτου κόμβου στο cluster επιτυχής

5. Τυπώνουμε εκ νέου την κατάσταση του cluster ώστε να επιβεβαιώσουμε πως έχουν προστεθεί και τα τρία μηχανήματα στο cluster.

```
root@taxmox3:~# pvecm status
```

Σχήμα 7.36: Νέα κατάσταση cluster

```

root@taxmox3:~# pvecm status
Quorum information
-----
Date:                Sun Jul 29 20:12:55 2018
Quorum provider:    corosync_votequorum
Nodes:              3
Node ID:            0x00000003
Ring ID:           1/12
Quorate:           Yes

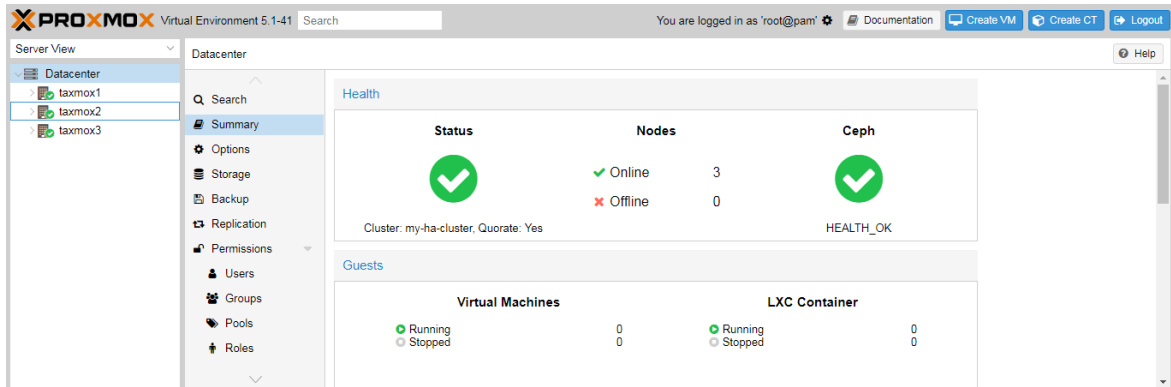
Votequorum information
-----
Expected votes:     3
Highest expected:   3
Total votes:        3
Quorum:            2
Flags:             Quorate

Membership information
-----
    Nodeid      Votes Name
0x00000001      1 10.0.0.177
0x00000002      1 10.0.0.178
0x00000003      1 10.0.0.179 (local)
root@taxmox3:~# █

```

Σχήμα 7.37: Εκτύπωση νέας κατάστασης cluster

6. Πλέον το cluster είναι έτοιμο και ανεξάρτητα από τον κόμβο στον οποίο θα συνδεθούμε, μέσω του διαδικτυακού γραφικού περιβάλλοντος, έχουμε την ίδια εικόνα (Σχήμα 7.36).



Σχήμα 7.38: Αρχική σελίδα Proxmox VE

7.5 Δημιουργία και παραμετροποίηση εξυπηρετητή αποθηκείας (Ceph storage)

1. Εγκαθιστούμε το Ceph και στα τρία μηχανήματα εκτελώντας την εντολή η οποία εγκαθιστά το λογισμικό του Ceph Storage καθώς και όλα τα προαπαιτούμενα πακέτα.

```
pveceph install
```

```
root@taxmox1:~# pveceph install
update available package list
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
gdisk is already the newest version (1.0.1-1).
The following additional packages will be installed:
  binutils ceph-base ceph-mgr ceph-mon ceph-osd cryptsetup-bin
  libcephfs2 libcurl3 libgoogle-perftools4 libjs-jquery libjs-sphinxdoc
  libjs-underscore libleveldb1v5 liblttng-ust-ctl2 liblttng-ust0
  libparted2 librados2 libradosstriper1
  librbd1 librgw2 libtcmalloc-minimal4 libunwind8 parted python-bs4
  python-cephfs python-cffi-backend python-cherrypy3 python-click
  python-colorama python-cryptography python-dnspython python-enum34
  python-flask python-formencode
  python-idna python-ipaddress python-itsdangerous python-jinja2
  python-logutils python-mako python-markupsafe python-openssl python-
  paste python-pastedeploy python-pastedeploy-tpl python-pecan python-
  prettytable python-pyasn1
  python-rados python-rbd python-repoze.lru python-rgw python-routes
  python-setuptools python-simplegeneric python-singledispatch python-
  tempita python-waitress python-webob python-webtest python-werkzeug
Suggested packages:
  binutils-doc ceph-mds libparted-dev libparted-i18n parted-doc
  python-cryptography-doc python-cryptography-vectors python-enum34-doc
  python-flask-doc python-egenix-mxdatettime python-jinja2-doc python-
  beaker python-mako-doc
  python-openssl-doc python-openssl-dbg httpd-wsgi libapache2-mod-
  python libapache2-mod-scgi python-pastescript python-pastewebkit doc-
  base python-setuptools-doc python-waitress-doc python-webob-doc
  python-webtest-doc ipython
  python-genshi python-lxml python-greenlet python-redis python-
  pylibmc | python-memcache python-werkzeug-doc
Recommended packages:
  ceph-mds ntp | time-daemon javascript-common python-lxml | python-
  html5lib python-blinker python-simplejson libjs-mochikit python-openid
  python-scgi python-pastescript python-lxml python-pyquery python-
  pyinotify
The following NEW packages will be installed:
```

```
  binutils ceph ceph-base ceph-mgr ceph-mon ceph-osd cryptsetup-bin
  libcephfs2 libcurl3 libgoogle-perftools4 libjs-jquery libjs-sphinxdoc
  libjs-underscore libleveldb1v5 liblttng-ust-ctl2 liblttng-ust0
  libparted2 libtcmalloc-minimal4
  libunwind8 parted python-bs4 python-cffi-backend python-cherrypy3
  python-click python-colorama python-cryptography python-dnspython
  python-enum34 python-flask python-formencode python-idna python-
  ipaddress python-itsdangerous
  python-jinja2 python-logutils python-mako python-markupsafe python-
  openssl python-paste python-pastedeploy python-pastedeploy-tpl python-
  pecan python-prettytable python-pyasn1 python-repoze.lru python-rgw
  python-routes
  python-setuptools python-simplegeneric python-singledispatch python-
  tempita python-waitress python-webob python-webtest python-werkzeug
The following packages will be upgraded:
  ceph-common librados2 libradosstriper1 librbd1 librgw2 python-cephfs
  python-rados python-rbd
8 upgraded, 55 newly installed, 0 to remove and 102 not upgraded.
Need to get 54.5 MB of archives.
After this operation, 179 MB of additional disk space will be used.
Do you want to continue? [Y/n] Y
```

```
.
.
.
.
```

```

Setting system user ceph properties..usermod: no changes
..done
Fixing /var/run/ceph ownership....done
Created symlink /etc/systemd/system/multi-
user.target.wants/ceph.target → /lib/systemd/system/ceph.target.
Created symlink /etc/systemd/system/multi-
user.target.wants/rbdmap.service → /lib/systemd/system/rbdmap.service.
Setting up python-webtest (2.0.24-1) ...
Setting up ceph-base (12.2.5-pv1) ...
Setting up python-pecan (1.1.2-3) ...
update-alternatives: using /usr/bin/gunicorn_pecan-python2 to provide
/usr/bin/gunicorn_pecan (gunicorn_pecan) in auto mode
update-alternatives: using /usr/bin/pecan-python2 to provide
/usr/bin/pecan (pecan) in auto mode
Setting up ceph-osd (12.2.5-pv1) ...
Created symlink /etc/systemd/system/multi-user.target.wants/ceph-
osd.target → /lib/systemd/system/ceph-osd.target.
Created symlink /etc/systemd/system/ceph.target.wants/ceph-osd.target
→ /lib/systemd/system/ceph-osd.target.

Setting up ceph-mon (12.2.5-pv1) ...
Created symlink /etc/systemd/system/multi-user.target.wants/ceph-
mon.target → /lib/systemd/system/ceph-mon.target.
Created symlink /etc/systemd/system/ceph.target.wants/ceph-mon.target
→ /lib/systemd/system/ceph-mon.target.
Setting up ceph-mgr (12.2.5-pv1) ...
Created symlink /etc/systemd/system/multi-user.target.wants/ceph-
mgr.target → /lib/systemd/system/ceph-mgr.target.
Created symlink /etc/systemd/system/ceph.target.wants/ceph-mgr.target
→ /lib/systemd/system/ceph-mgr.target.
Setting up ceph (12.2.5-pv1) ...
Processing triggers for libc-bin (2.24-11+deb9u1) ...
Processing triggers for systemd (232-25+deb9u1) ...
replacing ceph init script with own ceph.service
'/usr/share/doc/pve-manager/examples/ceph.service' ->
'/etc/systemd/system/ceph.service'
Synchronizing state of ceph.service with SysV service script with
/lib/systemd/systemd-sysv-install.
Executing: /lib/systemd/systemd-sysv-install enable ceph

```

Σχήμα 7.39: Εκτέλεση εγκατάστασης Ceph Storage & προαπαιτούμενων πακέτων

Αποτελέσματα αντίστοιχα με τα παραπάνω τυπώθηκαν και στα άλλα δύο μηχανήματα.

2. Αρχικοποιούμε την υπηρεσία του Ceph επιλέγοντας το δίκτυο που δημιουργήθηκε αποκλειστικά για την υπηρεσία του Ceph Storage. Η εντολή εκτελείται μόνο σε ένα μηχάνημα του συμπλέγματος. Αυτό δημιουργεί ένα βασικό αρχείο παραμετροποίησης, το `/etc/pve/ceph.conf` το οποίο αντιγράφεται αυτόματα και στους υπόλοιπους κόμβους.

```
pveceph init --network 172.16.166.0/24
```

Σχήμα 7.40: Αρχικοποίηση υπηρεσίας Ceph

Η χρήση διαφορετικού δικτύου για το Ceph Storage βοηθά στην καλύτερη απόδοση της υπηρεσίας αποθήκευσης και την αποφυγή υπερφόρτωσης του κύριου δικτύου. Η παραπάνω εντολή δεν επιστρέφει κάποια έξοδο.

3. Δημιουργούμε `ceph monitor` και στους τρεις κόμβους με την εντολή:

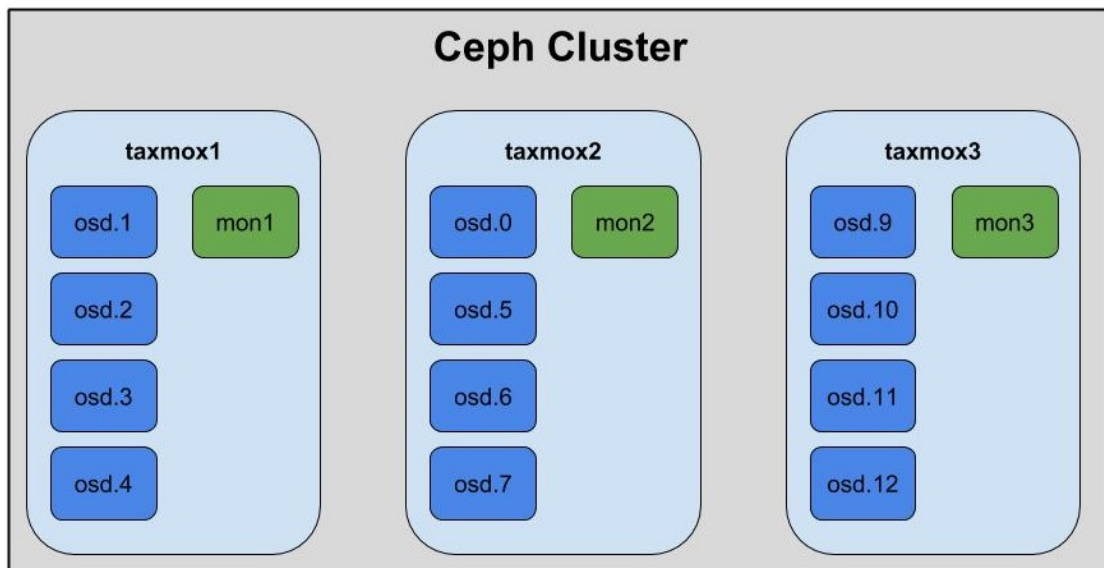

```
pveceph createmon
```

Το Ceph Monitor διατηρεί ένα αντίγραφο του χάρτη του συμπλέγματος. Για να επιτευχθεί υψηλή διαθεσιμότητα πρέπει να δημιουργηθούν monitors και στους τρεις κόμβους. Η δημιουργία Ceph Monitor μπορεί να πραγματοποιηθεί και μέσα από το γραφικό περιβάλλον του Proxmox από την επιλογή Ceph -> Monitor.

```
root@taxmox1:~# pveceph createmon
creating /etc/pve/priv/ceph.client.admin.keyring
monmaptool: monmap file /tmp/monmap
monmaptool: generated fsid 49a00160-7908-4c21-97cf-d4b6438af875
epoch 0
fsid 49a00160-7908-4c21-97cf-d4b6438af875
last_changed 2018-08-01 16:46:22.066987
created 2018-08-01 16:46:22.066987
0: 172.16.166.1:6789/0 mon.taxmox1
monmaptool: writing epoch 0 to /tmp/monmap (1 monitors)
Created symlink /etc/systemd/system/ceph-mon.target.wants/ceph-
mon@taxmox1.service -> /lib/systemd/system/ceph-mon@.service.
admin_socket: exception getting command descriptions: [Errno 2] No
such file or directory
INFO:ceph-create-keys:ceph-mon admin socket not ready yet.
INFO:ceph-create-keys:Key exists already:
/etc/ceph/ceph.client.admin.keyring
INFO:ceph-create-keys:Talking to monitor...
INFO:ceph-create-keys:Talking to monitor...
INFO:ceph-create-keys:Talking to monitor...
INFO:ceph-create-keys:Talking to monitor...
creating manager directory '/var/lib/ceph/mgr/ceph-taxmox1'
creating keys for 'mgr.taxmox1'
setting owner for directory
enabling service 'ceph-mgr@taxmox1.service'
Created symlink /etc/systemd/system/ceph-mgr.target.wants/ceph-
mgr@taxmox1.service -> /lib/systemd/system/ceph-mgr@.service.
starting service 'ceph-mgr@taxmox1.service'
```

Σχήμα 7.41: Δημιουργία Ceph Monitor

Εφόσον ολοκληρωθεί η υλοποίηση του Ceph Storage, η κατάσταση του φαίνεται συνοπτικά στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 7.42: Κατάσταση Ceph Storage κατόπιν υλοποίησης

4. Εμφανίζουμε τους διαθέσιμους δίσκους του μηχανήματος ώστε να χρησιμοποιηθούν τα σωστά ονόματα κατά την προσθήκη των OSDs.

```

root@taxmox1:~# fdisk -l
Disk /dev/sda: 100 GiB, 107374182400 bytes, 209715200 sectors
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes
Disklabel type: gpt
Disk identifier: B90484FC-BB27-4053-B8C5-9286F363F199
Device      Start      End      Sectors  Size Type
/dev/sda1   2048      4095      2048     1M BIOS boot

/dev/sda2   4096     528383   524288   256M EFI System
/dev/sda3  528384 209715166 209186783 99.8G Linux LVM

Disk /dev/sdb: 50 GiB, 53687091200 bytes, 104857600 sectors
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes

Disk /dev/sdc: 50 GiB, 53687091200 bytes, 104857600 sectors
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes

Disk /dev/sdd: 50 GiB, 53687091200 bytes, 104857600 sectors
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes

Disk /dev/sde: 50 GiB, 53687091200 bytes, 104857600 sectors
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes

Disk /dev/mapper/pve-swap: 4 GiB, 4294967296 bytes, 8388608 sectors
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes

Disk /dev/mapper/pve-root: 24.8 GiB, 26575110144 bytes, 51904512
sectors
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes

```

Σχήμα 7.43: Εμφάνιση διαθέσιμων δίσκων μηχανήματος

5. Προσθέτουμε το δίσκο /dev/sdb ως OSD στο Ceph Storage με την εντολή:

```
pveceph createosd /dev/sdb
```

```
root@taxmox1:~# pveceph createosd /dev/sdb
The ZFS modules are not loaded.
Try running '/sbin/modprobe zfs' as root to load them.
command '/sbin/zpool list -HPLv' failed: exit code 1

create OSD on /dev/sdb (bluestore)
Creating new GPT entries.
GPT data structures destroyed! You may now partition the disk using fdisk or
other utilities.
Creating new GPT entries.
The operation has completed successfully.
Setting name!
partNum is 0
REALLY setting name!
The operation has completed successfully.
Setting name!
partNum is 1
REALLY setting name!
The operation has completed successfully.
The operation has completed successfully.
meta-data=/dev/sdb1          isize=2048      agcount=4, agsize=6400 blks
=                          sectsz=512     attr=2, projid32bit=1
=                          crc=1          finobt=1, sparse=0, rmapbt=0, reflink=0
data          =             bsize=4096    blocks=25600, imaxpct=25
=                          sunit=0        swidth=0 blks
naming        =version 2    bsize=4096    ascii-ci=0 ftype=1
log           =internal log bsize=4096    blocks=864, version=2
=             sectsz=512   sunit=0 blks, lazy-count=1
realtime     =none         extsz=4096    blocks=0, rtextents=0
The operation has completed successfully.█
```

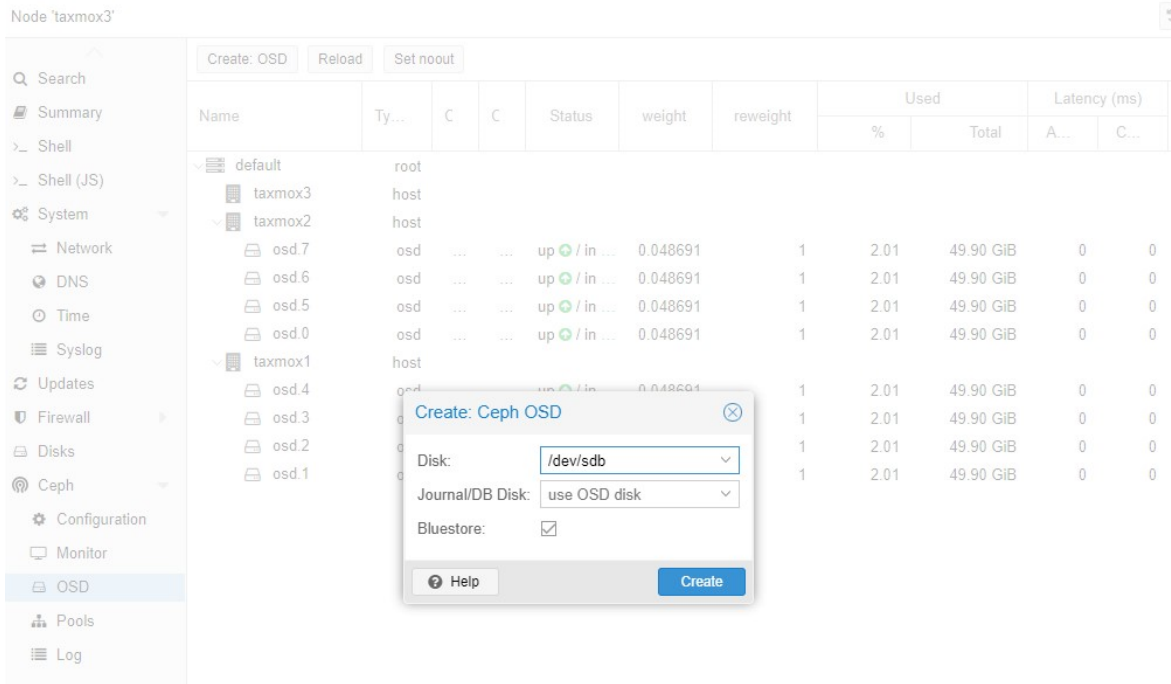
Σχήμα 7.44: Προσθήκη δίσκου sdb

Για την προσθήκη των υπόλοιπων δίσκων του κόμβου εκτελέστηκαν οι εντολές:

```
pveceph createosd /dev/sdc
pveceph createosd /dev/sdd
pveceph createosd /dev/sde
```

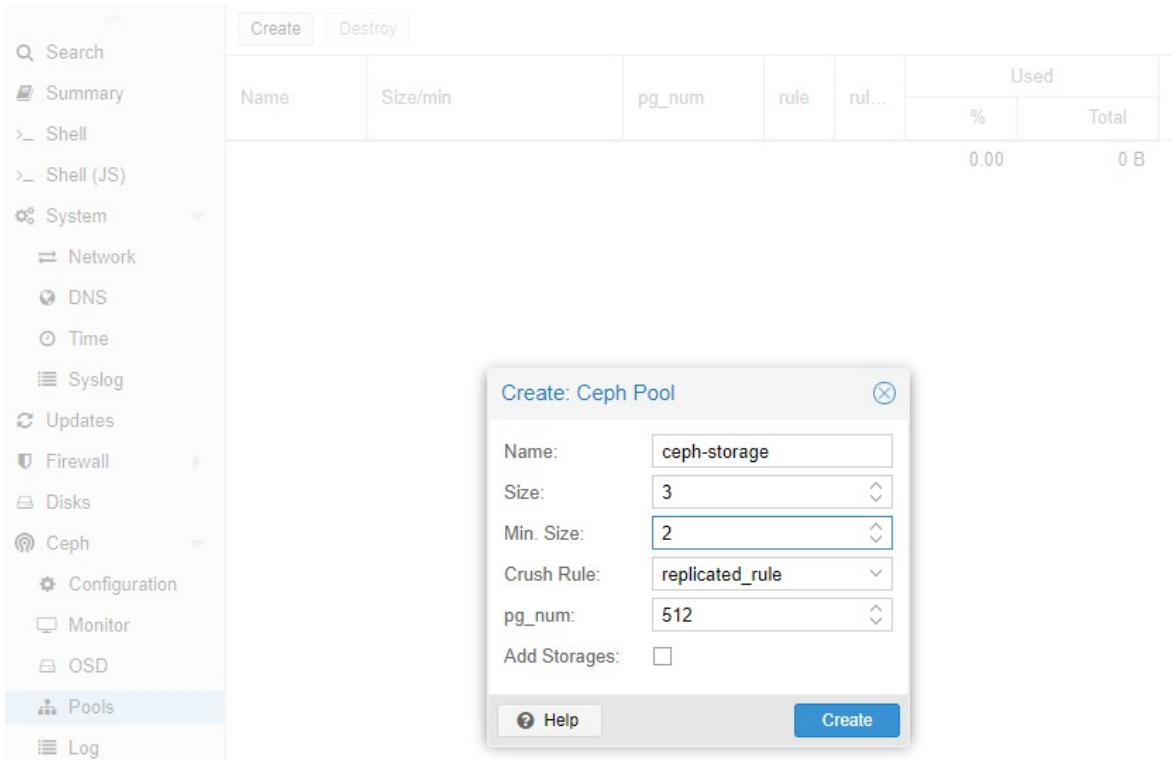
Σχήμα 7.45: Προσθήκη υπόλοιπων δίσκων

Αντίστοιχες εντολές εκτελέστηκαν και στους άλλους δύο κόμβους. Η προσθήκη OSDs μπορεί να πραγματοποιηθεί και μέσα από το γραφικό περιβάλλον του Proxmox από την επιλογή Ceph -> OSD -> Create OSD.



Σχήμα 7.46: Προσθήκη OSD μέσω GUI

6. Αφού προστέθηκαν όλοι οι δίσκοι, δημιουργούμε ένα ceph pool μέσα από το γραφικό περιβάλλον του Proxmox από την επιλογή Ceph -> Pool -> Create.



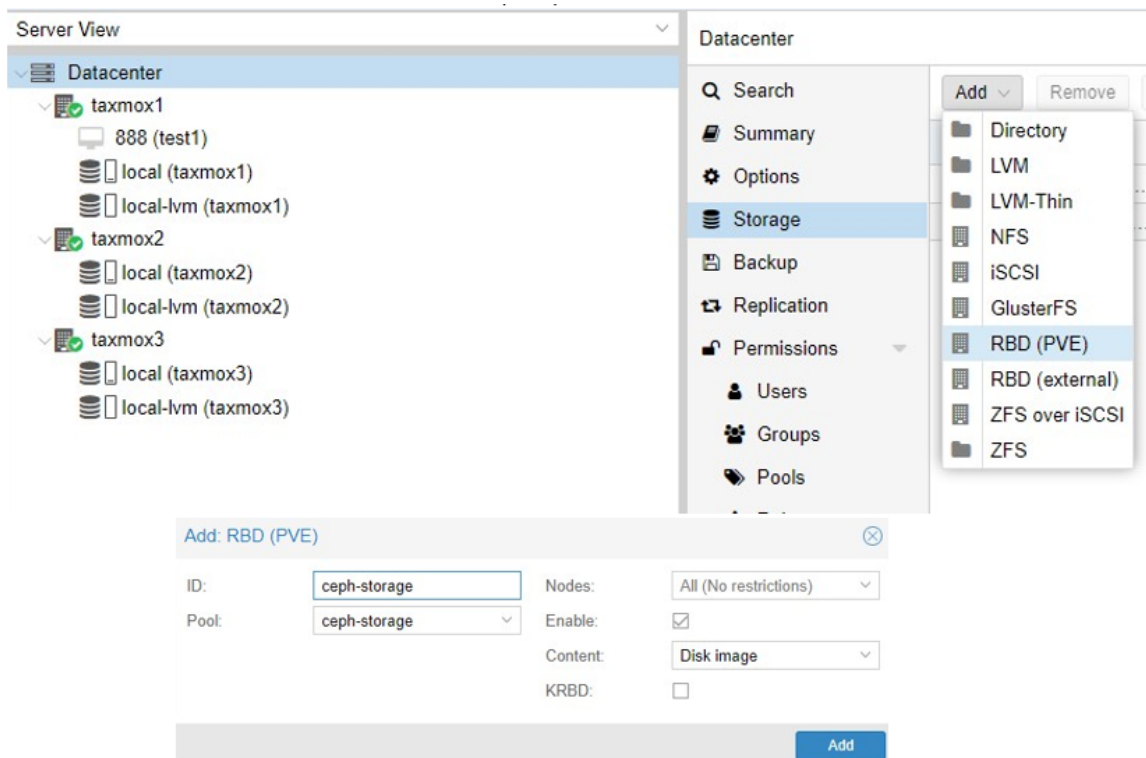
Σχήμα 7.47: Δημιουργία Ceph Pool

Όπου: Name: το διακριτικό όνομα του pool. Size: ο αριθμός των αντιγράφων

που επιθυμούμε να διατηρεί. Ορίζοντας 3, σημαίνει πως σε κάθε στιγμή υπάρχουν τρία αντίγραφα των δεδομένων. Min. size: ο ελάχιστος αριθμός αντιγράφων ώστε να λειτουργήσει το I/O. Crush Rule: το σύνολο κανόνων τους οποίους χρησιμοποιεί το Ceph για την αποθήκευση και διαχείριση των δεδομένων. pg_num: ο αριθμός των Placement Groups (PG). Υπολογίσαμε τον προτεινόμενο αριθμό PGs χρησιμοποιώντας το εργαλείο που διαθέτει η επίσημη ιστοσελίδα του Ceph (*Ceph PGs per Pool Calculator* (n.d.)).

Add Storages: Η συγκεκριμένη επιλογή προσθέτει αυτόματα τον αποθηκευτικό στο Proxmox cluster. Το αφήνουμε απενεργοποιημένο για να δημιουργήσουμε τον αποθηκευτικό χώρο χειροκίνητα σε επόμενο βήμα.

7. Δημιουργούμε έναν αποθηκευτικό χώρο ο οποίος θα χρησιμοποιεί το Ceph storage για την αποθήκευση των δίσκων των εικονικών μηχανήματων. Αυτό γίνεται μέσα από το γραφικό περιβάλλον του Proxmox στην επιλογή Data center -> Storage -> Add -> RBD (PVE).



Σχήμα 7.48: Δημιουργία Cloud Storage

Όπου: ID: το διακριτικό όνομα του στοραγε. Pool: Επιλέγουμε το pool που έχει δημιουργηθεί στο προηγούμενο βήμα. Nodes: Επιλέγουμε για ποιους κόμβους θα είναι διαθέσιμο το storage. Εδώ επιθυμούμε να είναι διαθέσιμο για όλους. Enable: Το ενεργοποιούμε για να είναι άμεσα διαθέσιμο το storage. Content: Επιλέγουμε Disk Image καθώς το storage θα χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά για δίσκους εικονικών μηχανήματων. KRBD: Η συγκεκριμένη επιλογή ενεργοποιείται σε περίπτωση που το στοραγε χρησιμοποιηθεί για όνταινερς.

Πλέον το ceph-storage εμφανίζεται στο σύμπλεγμα και είναι διαθέσιμο για αποθήκευση εικονικών δίσκων από όλους τους κόμβους.

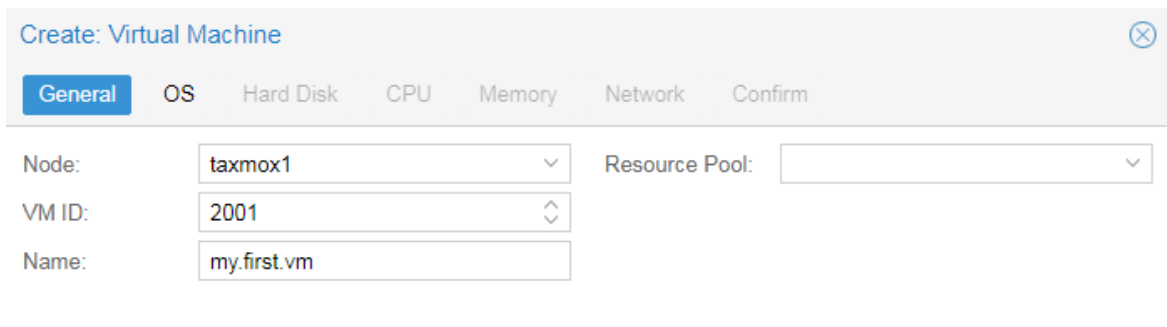
7.6 Δημιουργία εικονικού μηχανήματος και παραμετροποίηση υψηλής διαθεσιμότητας

7.6.1 Προσθήκη εικόνων λειτουργικών συστημάτων

Για την δημιουργία ενός εικονικού μηχανήματος απαιτείται και η εγκατάσταση ενός λειτουργικού συστήματος με χρήση κάποιου μέσου. Για την δημιουργία του VM του παραδείγματος χρησιμοποιείται μία εικόνα (ISO image). Για την προσθήκη ενός ISO image επιλέγουμε το local storage του πρώτου κόμβου, το οποίο έχει παραμετροποιηθεί ώστε να δέχεται προς αποθήκευση και ISO images (σε αντίθεση με το Ceph storage που έχει δημιουργηθεί, το οποίο δέχεται μόνο εικόνες δίσκων). Ένας τρόπος μεταφόρτωσης των ISOs είναι μέσα από το γραφικό περιβάλλον, επιλέγοντας το storage (στην περίπτωση μας το local(taxmox1)) και έπειτα Content > Upload. Έτσι οι εικόνες αποθηκεύονται στη διαδρομή /var/lib/vz/template/iso του πρώτου κόμβου.

7.6.2 Δημιουργία εικονικού μηχανήματος

1. Αφου συνδεθούμε στον πρώτο κόμβο μέσω του διαδικτυακού γραφικού περιβάλλοντος από την διεύθυνση <https://10.0.0.177:8006> πατάμε την επιλογή \Create VM".
2. Στην πρώτη καρτέλα επιλέγουμε τον κόμβο στον οποίο θέλουμε να δημιουργηθεί το εικονικό μηχάνημα, ορίζουμε ID το οποίο θα πρέπει να είναι μοναδικό για κάθε VM του νέφους και ορίζουμε ένα όνομα υπολογιστή και περνάμε στο επόμενο βήμα.



Create: Virtual Machine

General OS Hard Disk CPU Memory Network Confirm

Node: taxmox1 Resource Pool:

VM ID: 2001

Name: my.first.vm

Σχήμα 7.49: Δημιουργία & αρχικές παράμετροι VM

3. Έπειτα ορίζουμε να γίνει χρήση του εικονικού οπτικού μέσου και επιλέγω το ISO image CentOS-7-x86₆4 – Minimal – 1804.iso.kernel.

Create: Virtual Machine

General OS Hard Disk CPU Memory Network Confirm

Use CD/DVD disc image file (iso) Guest OS:

Storage: local Type: Linux

ISO image: CentOS-7-x86_64-Minimal-18C Version: 4.X/3.X/2.6 Kernel

Use physical CD/DVD Drive

Do not use any media

Σχήμα 7.50: Ρυθμίσεις λειτουργικού συστήματος VM

4. Στο επόμενο βήμα ορίζουμε τον τύπο του εικονικού δίσκου, το storage στο οποίο θα δημιουργηθεί και το μέγεθος του δίσκου. Αφήνουμε τις υπόλοιπες επιλογές ως έχουν.

Create: Virtual Machine

General OS Hard Disk CPU Memory Network Confirm

Bus/Device: SCSI Cache: Default (No cache)

SCSI Controller: VirtIO SCSI No backup:

Storage: ceph-storage Discard:

Disk size (GB): 10 IO thread:

Format: Raw disk image (raw)

Σχήμα 7.51: Ρυθμίσεις δίσκου VM

5. Στην καρτέλα CPU ορίζουμε πόσους επεξεργαστές θα έχει το εικονικό μηχάνημα και τον τύπο του CPU virtualization.

Create: Virtual Machine

General OS Hard Disk CPU Memory Network Confirm

Sockets: 1 Type: Default (kvm64)

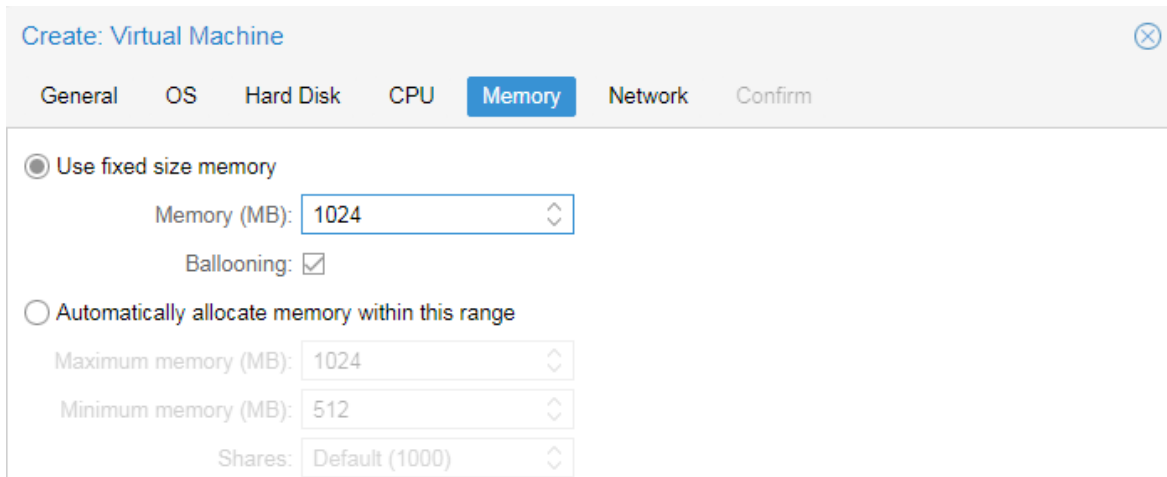
Cores: 1 Total cores: 1

Enable NUMA:

Σχήμα 7.52: Ρυθμίσεις επεξεργαστών VM

6. Στην καρτέλα Memory ορίζω την διαθέσιμη μνήμη του μηχανήματος στο 1GB και ενεργοποιώ την επιλογή Ballooning. Το Ballooning συμβάλλει στην βελτιστοποίηση διαχείρισης της μνήμης καθώς αποδεσμεύει δυναμικά την μνήμη που

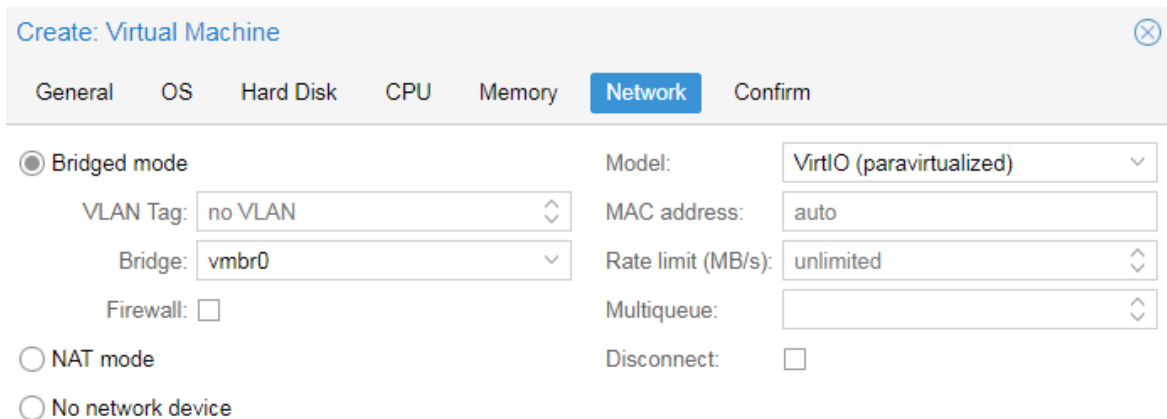
δεν χρησιμοποιεί το εικονικό μηχάνημα και επιτρέπει την χρήση του από άλλα μηχανήματα του νέφους.



The screenshot shows the 'Create: Virtual Machine' dialog box with the 'Memory' tab selected. The 'Use fixed size memory' option is chosen. The 'Memory (MB)' field is set to 1024, and the 'Ballooning' checkbox is checked. The 'Automatically allocate memory within this range' option is unselected. The 'Maximum memory (MB)' field is set to 1024, the 'Minimum memory (MB)' field is set to 512, and the 'Shares' field is set to 'Default (1000)'.

Σχήμα 7.53: Ρυθμίσεις RAM του VM

7. Στην καρτέλα Network επιλέγω Bridged mode και αφήνω τις προεπιλεγμένες ρυθμίσεις καθώς δεν υπάρχουν VLANs στο δίκτυο και μόνο μία γέφυρα.



The screenshot shows the 'Create: Virtual Machine' dialog box with the 'Network' tab selected. The 'Bridged mode' option is chosen. The 'Model' dropdown is set to 'VirtIO (paravirtualized)'. The 'VLAN Tag' field is set to 'no VLAN', the 'Bridge' dropdown is set to 'vmbri0', and the 'Firewall' checkbox is unchecked. The 'NAT mode' and 'No network device' options are unselected. The 'MAC address' field is set to 'auto', the 'Rate limit (MB/s)' dropdown is set to 'unlimited', and the 'Multiqueue' dropdown is empty. The 'Disconnect' checkbox is unchecked.

Σχήμα 7.54: Ρυθμίσεις δικτύου του VM

8. Στο τελευταίο βήμα είναι η σύνοψη των επιλογών που έχω κάνει. Πατώντας το κουμπί «Finish» ολοκληρώνεται η διαδικασία παραμετροποίησης των αρχικών ρυθμίσεων και δημιουργείται το εικονικό μηχάνημα.

Create: Virtual Machine ✕

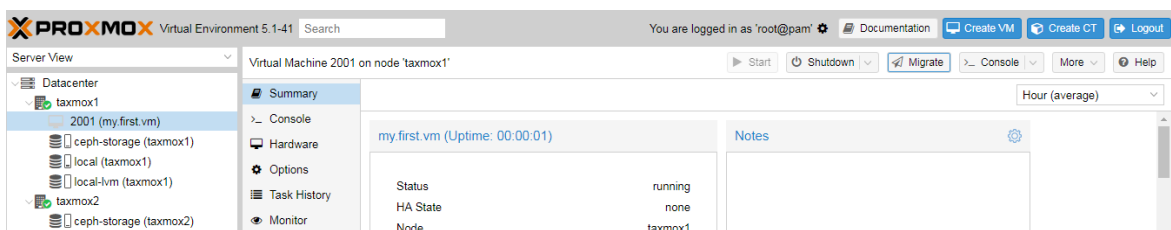
General OS Hard Disk CPU Memory Network **Confirm**

Key ↑	Value
cores	1
ide2	local.iso/CentOS-7-x86_64-Minimal-1804.iso,media=cdrom
memory	1024
name	my.first.vm
net0	virtio,bridge=vibr0
nodename	taxmox1
numa	0
ostype	l26
scsi0	ceph-storage:10
scsihw	virtio-scsi-pci
sockets	1
vmid	2001

Back **Finish**

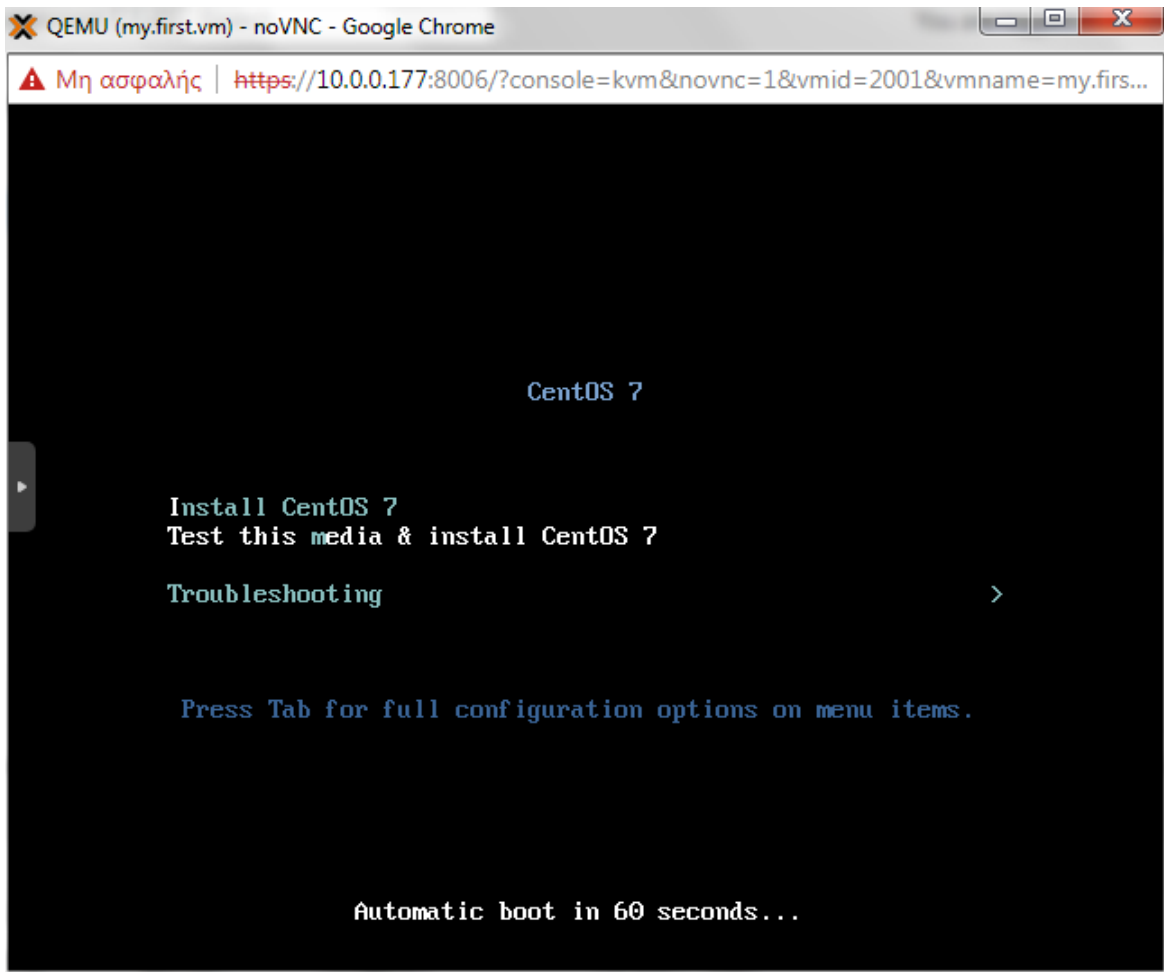
Σχήμα 7.55: Σύνοψη παραμέτρων νέου VM

9. Το VM έχει δημιουργηθεί και το ενεργοποιώ από το κουμπί Start που βρίσκεται πάνω δεξιά.



Σχήμα 7.56: Εμφάνιση VM στο GUI του cloud

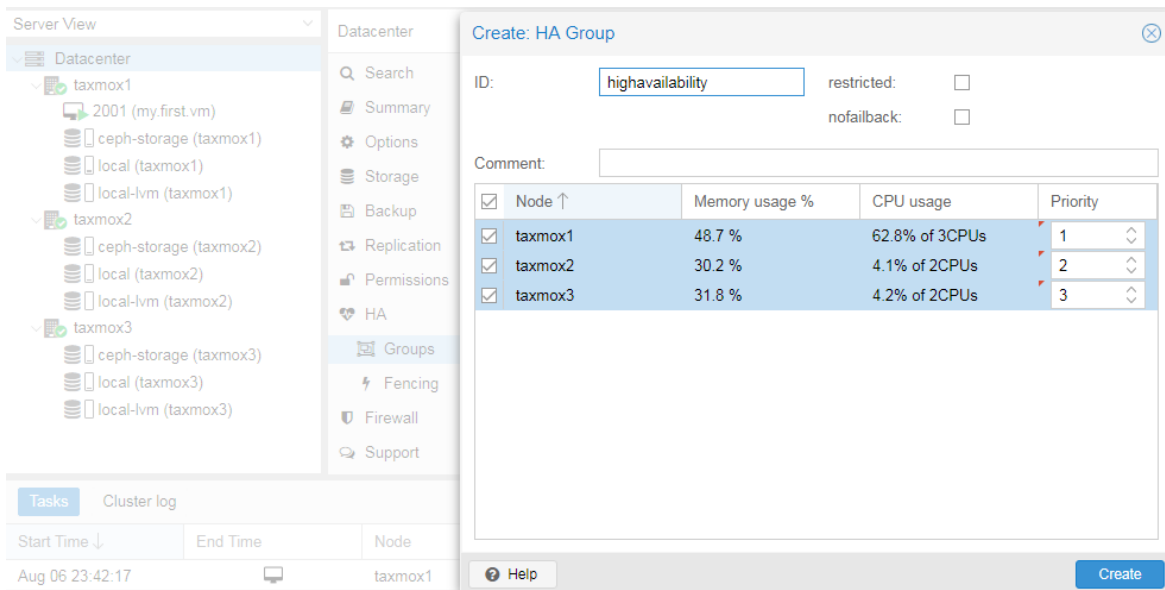
10. Ανοίγουμε την κονσόλα του εικονικού μηχανήματος και προχωράμε σε εγκατάσταση του εικονικού μηχανήματος. Τα βήματα εγκατάστασης του λειτουργικού παραλείπονται.



Σχήμα 7.57: Αρχική σελίδα εγκατάστασης Centos 7

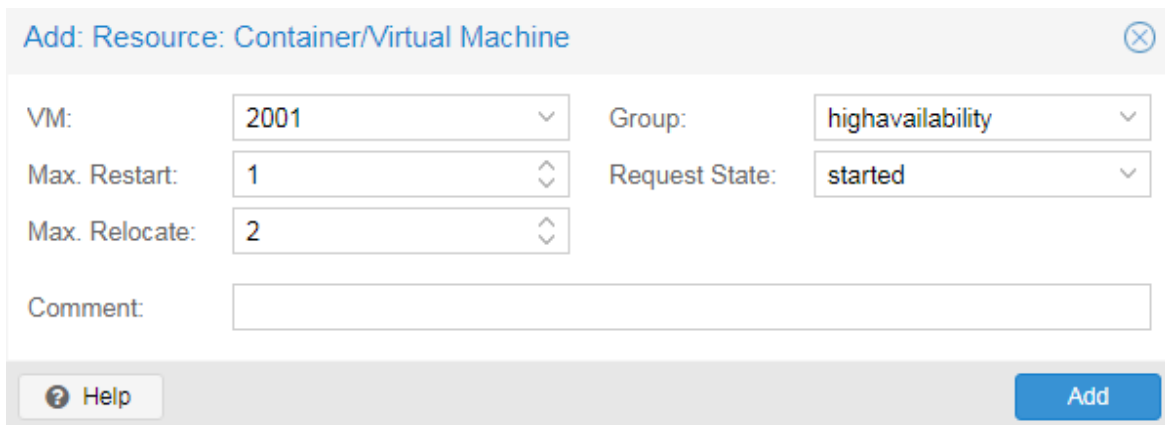
7.6.3 Ενεργοποίηση και παραμετροποίηση υπηρεσίας υψηλής διαθεσιμότητας

1. Αρχικά δημιουργούμε μία ομάδα
2. (γρουπ) από την επιλογή Datacenter > HA > Groups > Create. Επιλέγουμε τους κόμβους τους οποίους επιθυμούμε να εισάγουμε στο group (σε αυτή την περίπτωση και τους τρεις), το ονομάζουμε «high availability» και ορίζουμε την προτεραιότητα που θέλουμε να έχουν. Η προτεραιότητα έχει οριστεί ως εξής: taxmox1 > taxmox2 > taxmox3. Έτσι σε περίπτωση που ο κόμβος taxmox3 αποτύχει, τα VM που έχουν ενεργή την επιλογή High Availability θα μεταφερθούν στο taxmox1 που έχει την μεγαλύτερη προτεραιότητα.



Σχήμα 7.58: Παραμετροποίηση HA

3. Για να ενεργοποιήσουμε την υπηρεσία υψηλής διαθεσιμότητας σε ένα VM μεταβαίνουμε στην επιλογή Datacenter > HA και στην καρτέλα Resources επιλέγουμε 'Add'.



Σχήμα 7.59: Προσθήκη VM στην υπηρεσία HA

Όπου: VM: το μηχάνημα στο οποίο θέλουμε να ενεργοποιήσουμε την υπηρεσία υψηλής διαθεσιμότητας. Max Restart: πόσες φορές το σύστημα θα επιχειρήσει να ξεκινήσει το μηχάνημα εάν αποτύχει την πρώτη φορά. Max Relocate: πόσες φορές το σύστημα θα μεταφέρει το μηχάνημα σε διαφορετικό κόμβο. Group: Επιλέγουμε το group το οποίο δημιουργήσαμε στο προηγούμενο βήμα. Request State: Η κατάσταση που επιθυμούμε να έχει το VM. Επιλέγουμε started καθώς επιθυμούμε το VM 2001 να είναι πάντα ενεργό.

4. Επιβεβαιώνουμε την κατάσταση την υπηρεσίας.

Q Search

Summary

Options

Storage

Backup

Replication

Permissions

HA

Groups

Fencing

Firewall

Support

Status

Type	Status
quorum	OK
master	taxmox3 (active, Tue Aug 7 00:34:25 2018)
lrm	taxmox1 (active, Tue Aug 7 00:34:31 2018)
lrm	taxmox2 (idle, Tue Aug 7 00:34:33 2018)
lrm	taxmox3 (idle, Tue Aug 7 00:34:32 2018)

Resources

Add Edit Remove

ID	State	Node	Max. Restart	Max. Reloc...	Group
vm:2001	migrate	taxmox1	1	2	highavailability

Σχήμα 7.60: Σύνοψη υπηρεσίας HA στο GUI

8 Σύνοψη

Στόχος της παρούσας διπλωματικής ήταν η δημιουργία και παραμετροποίηση ενός υπολογιστικού νέφους με την χρήση της πλατφόρμας εικονικοποίησης ανοιχτού κώδικα Proxmox με υποστήριξη KVM και LXC, του λογισμικού δρομολόγησης και τείχους προστασίας PfSense, του λογισμικού Ceph Storage ως διακομιστή αποθήκευσης και παραμετροποίηση υψηλής διαθεσιμότητας στα επιμέρους στοιχεία του νέφους.

Αρχικά εγκαταστήσαμε σε έναν αποκλειστικό διακομιστή την πλατφόρμα Proxmox VE ώστε να δημιουργηθούν έπειτα τα απαραίτητα εικονικά μηχανήματα που πλαισιώνουν το υπολογιστικό νέφος της παρούσας εργασίας. Η υλοποίηση του νέφους σε εικονικά μηχανήματα έγινε για την ελαχιστοποίηση του κόστους και την διευκόλυνση κατά την εγκατάσταση των διαφόρων εφαρμογών. Δημιουργήσαμε τρία εικονικά μηχανήματα τα οποία εξυπηρετούν ως υπολογιστικοί κόμβοι του νέφους και στα οποία εγκαταστήσαμε Proxmox VE . Τρία είναι ο ελάχιστος αριθμός κόμβων που απαιτείται από το σύστημα ώστε να λειτουργήσει η υψηλή διαθεσιμότητα του νέφους. Έπειτα προστέθηκαν στο καθένα τέσσερις επιπλέον εικονικοί δίσκοι οι οποίοι πλαισιώνουν τον διακομιστή αποθήκευσης ceph.

Για την διαχείριση και ασφάλεια του δικτύου δημιουργήθηκαν δύο εικονικά μηχανήματα στα οποία εγκαταστάθηκε η εφαρμογή δρομολόγησης και τείχους προστασίας PfSense. Η εφαρμογή παραμετροποιήθηκε έπειτα ώστε τα δύο μηχανήματα να συγχρονίζουν μεταξύ τους τους κανόνες τείχους προστασίας και τις διάφορες ρυθμίσεις δικτύου και σε περίπτωση αποτυχίας ενός εκ των δύο μηχανημάτων, ο φόρτος εργασίας να μεταφέρεται αυτόματα στο άλλο.

Τέλος, δημιουργήθηκε ένα VM εντός του νέφους, στο οποίο εγκαταστήθηκε λειτουργικό σύστημα CentOS επιτυχώς και πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητοι έλεγχοι ώστε να επιβεβαιώσουμε πως όλοι οι πόροι του νέφους καθώς και η υψηλή διαθεσιμότητα λειτουργεί επιτυχώς.

Η υποδομή νέφους που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία, όπως αναλύθηκε και στα κεφάλαια, είναι ιδανική για την παροχή υπηρεσιών μίσθωσης διακομιστών, αποθηκευτικού χώρου, φιλοξενίας εφαρμογών νέφους κ.α. με μικρότερο κόστος σε σύγκριση με τις υποδομές αποκλειστικών διακομιστών. Μία υποδομή νέφους όπως η παραπάνω μπορεί να χρησιμοποιηθεί από μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις για την αντικατάσταση των προσωπικών υπολογιστών του προσωπικού με εικονικά μηχανήματα στα οποία θα έχουν πρόσβαση μέσω μικρών φυσικών υπολογιστών χαμηλού κόστους (dummies). Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μείωση του λειτουργικού κόστους σε πολλά επίπεδα. Σε μία επιχείρηση που ο κάθε εργαζόμενος έχει τον προσωπικό του υπολογιστή, οι υπολογιστικοί πόροι του καθενός είναι αποκλειστικά δικοί του ανεξάρτητα από το εάν τους χρησιμοποιεί. Έτσι προκύπτει ένα πλεόνασμα αναξιοποίητων πόρων που μεταφράζεται σε επιπλέον κόστος. Εφόσον τα εικονικά μηχανήματα σε ένα νέφος διαμοιράζονται τους υπολογιστικούς πόρους, με τον κατάλληλο σχεδιασμό από τον αρμόδιο διαχειριστή, μπορεί να επιτευχθεί η βέλτιστη χρήση υπολογιστικής ισχύος. Επιπλέον, με την χρήση εικονικών μηχανημάτων απλοποιείται η διαδικασία λήψης αντιγράφων ασφαλείας των αποθηκευτικών τους μέσων (π.χ. με λήψη snapshots) καθώς και η διαδικασία επαναφοράς ενός μηχανήματος σε περίπτωση βλάβης.

Είναι σαφές πως οι δυνατότητες μιας τέτοιας τεχνολογίας δεν περιορίζονται σε αυτές τις λειτουργίες, αντιθέτως το άνω όριο της δεν είναι απόλυτα εμφανές. Ενδεικτικά, θα αναφερθούν στην συνέχεια ορισμένες προοπτικές ανάπτυξης της παρούσας διπλωματικής.

Η παρούσα υποδομή νέφους επιτρέπει την οριζόντια κλιμάκωση της, δηλαδή η προσθήκη επιπλέον φυσικών διακομιστών για την αύξηση των διαθέσιμων υπολογιστικών πόρων. Με την αύξηση όμως των πόρων και ως αποτέλεσμα των εικονικών διακομιστών στο νέφος αυξάνεται και ο κίνδυνος υπερφόρτωσης του διαθέσιμου εύρους δικτύου σε κάποια από τις διεπαφές δικτύου. Η υλοποίηση και εφαρμογή κάποιας μεθόδους εξισορρόπησης φόρτου (load balancing) μπορεί να αποτρέψει την εμφάνιση αυτού του προβλήματος. Έτσι, θα αποφεύγεται η ανομοιομορφία της χρήσης εύρους δικτύου των εικονικών εξυπηρετητών και δεν θα υπάρχει ποσοστό αυτών που υπολειτουργεί, ενώ ταυτόχρονα άλλα υπερλειτουργούν.

Σε ένα νέφος το οποίο προορίζεται για μίσθωση και παροχή εικονικών διακομιστών σε τρίτους, τα χαρακτηριστικά του κάθε εικονικού μηχανήματος είναι δεδομένο πως θα ποικίλουν (υπολογιστικοί πόροι, μέγεθος εικονικών δίσκων, λειτουργικό σύστημα). Για την δημιουργία του κάθε εικονικού μηχανήματος και παράδοση του στον πελάτη απαιτούνται αρκετές ενέργειες από τον διαχειριστή του συστήματος. Επιπλέον, ο πελάτης συνήθως επιθυμεί την παροχή των υπηρεσιών που έχει μισθώσει άμεσα. Σε περιπτώσεις που υπάρχει αυξημένη ζήτηση ο χρόνος αναμονής μπορεί να είναι αρκετά μεγάλος. Για την λύση αυτού του προβλήματος μπορούν να δημιουργηθούν διαδικασίες αυτόματης δημιουργίας του εικονικού μηχανήματος (autoprovisioning) απλώς περνώντας τις επιθυμητές παραμέτρους στην αντίστοιχη διαδικασία.

Βιβλιογραφία

- Aggarwal, M. (2018), *Network Security with pfSense: Architect, deploy, and operate enterprise-grade firewalls*, Packt Publishing Ltd.
- Amazon Web Services: *What is Cloud Computing* (n.d.), <https://aws.amazon.com/what-is-cloud-computing/>. Accessed: 2018-12-20.
- Bowers, K. D., Juels, A. & Oprea, A. (2009), Hail: A high-availability and integrity layer for cloud storage, in 'Proceedings of the 16th ACM conference on Computer and communications security', ACM, pp. 187–198.
- Buechler, C. M. & Pingle, J. (2009), 'pfsense: The definitive guide', *Reed Media Services* .
- Ceph PGs per Pool Calculator (n.d.), <https://ceph.com/pgcalc/>. Accessed: 2018-10-5.
- Corbató, F. J., Merwin-Daggett, M. & Daley, R. C. (1962), An experimental time-sharing system, in 'Proceedings of the May 1-3, 1962, spring joint computer conference', ACM, pp. 335–344.
- Endo, P. T., Rodrigues, M., Gonçalves, G. E., Kelner, J., Sadok, D. H. & Curescu, C. (2016), 'High availability in clouds: systematic review and research challenges', *Journal of Cloud Computing* **5**(1), 16.
- Erl, T., Puttini, R. & Mahmood, Z. (2013), *Cloud computing: concepts, technology & architecture*, Pearson Education.
- JoSEP, A. D., Katz, R., KonWinSKI, A., Gunho, L., PATTERSON, D. & RABKIN, A. (2010), 'A view of cloud computing', *Communications of the ACM* **53**(4).
- Juels, A. & Oprea, A. (2013), 'New approaches to security and availability for cloud data.', *Commun. ACM* **56**(2), 64–73.
- Katukoori, V. K. (1995), 'Standardizing availability definition', *University of New Orleans, New Orleans, La., USA* .
- Kov'ari, A. & Dukan, P. (2012), Kvm & openvz virtualization based iaas open source cloud virtualization platforms: Opennode, proxmox ve, in 'Intelligent Systems and Informatics (SISY), 2012 IEEE 10th Jubilee International Symposium on', IEEE, pp. 335–339.
- Mell, P., Grance, T. et al. (2011), 'The nist definition of cloud computing'.
- Open Source Initiative (2005), 'Open source definition'.
- pfSense download site (n.d.), <https://www.pfsense.org/download/>. Accessed: 2018-08-21.
- Pham, C., Cao, P., Kalbarczyk, Z. & Iyer, R. K. (2012), Toward a high availability cloud: Techniques and challenges, in 'IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks Workshops (DSN 2012)', IEEE, pp. 1–6.

- Proxmox Reference Documentation* (n.d.), https://pve.proxmox.com/wiki/Cluster_Manager. Accessed: 2018-10-20.
- PuTTY: a free implementation of SSH and Telnet for Windows and Unix platforms* (n.d.), <https://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/>. Accessed: 2018-12-03.
- Stallman, R. (1999), 'The gnu operating system and the free software movement'.
- Stallman, R. (2002), *Free software, free society: Selected essays of Richard M. Stallman*, Lulu. com.
- Torvalds, L. et al. (2008), 'The linux kernel', URL <http://www.kernel.org> .
- Velte, A. & Velte, T. (2009), *Microsoft virtualization with Hyper-V*, McGraw-Hill, Inc.
- Weil, S. A. (2007), *Ceph: reliable, scalable, and high-performance distributed storage*, Vol. 68.
- Weil, S. A., Brandt, S. A., Miller, E. L., Long, D. D. & Maltzahn, C. (2006), Ceph: A scalable, high-performance distributed file system, in 'Proceedings of the 7th symposium on Operating systems design and implementation', USENIX Association, pp. 307–320.
- Zhu, J., Fang, X., Guo, Z., Niu, M. H., Cao, F., Yue, S. & Liu, Q. Y. (2009), Ibm cloud computing powering a smarter planet, in 'IEEE International Conference on Cloud Computing', Springer, pp. 621–625.