

ΤΕΙ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ Τ.Ε.

Πτυχιακή Εργασία

**ΑΠΟΪΛΟΠΟΙΗΣΗ (VIRTUALIZATION)
ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΩΝ
ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

**Φοιτήτρια: Φιλίππου Μαρία-Ελένη
ΑΜ: 2007172**

Επιβλέπων καθηγητής: Μπαρδής Γεώργιος

ΣΠΑΡΤΗ, 2015



Ευχαριστίες

Θεωρώ υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γεώργιο Μπαρδή για την πολύτιμη καθοδήγησή του. Επιπλέον, θέλω να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου για τις γνώσεις που μου πρόσφεραν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος, οφείλω να αφιερώσω την πτυχιακή μου εργασία στην οικογένεια μου που μου συμπαραστάθηκε σε όλα τα χρόνια της φοίτησής μου στο Τ.Ε.Ι Πελοποννήσου.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία είχε ως στόχο να μελετήσει την τεχνολογία εικονικοποίησης εξυπηρετητή (server virtualization), να παρουσιάσει τις εφαρμογές της και να περιγράψει την γενικότερη συνεισφορά της στην εποχή της τεχνολογίας της πληροφορίας.

Αρχικά, γίνεται ανάλυση της τεχνολογίας του server virtualization καθώς και αναφορά των βασικών όρων της εικονικοποίησης. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα της χρήσης του virtualization στους εξυπηρετητές, ενώ παράλληλα, γίνεται ανάλυση της μεθοδολογίας υπολογισμού του Συνολικού Κόστους Κτήσης (Total Cost of Ownership - TCO) και της επενδυτικής απόσβεσης (Return On Investment - ROI) όσον αφορά το εύρος του όρου Virtualization. Ακολουθεί η αναφορά στις εφαρμογές server virtualization καθώς και ανάλυση της πλατφόρμας Microsoft Virtual Server και των βασικών χαρακτηριστικών της. Τέλος, γίνεται μια εισαγωγή στο Cloud Computing, ανάλυση των βασικών χαρακτηριστικών του καθώς και το πώς αυτό συνδυάζεται με τα εικονικά περιβάλλοντα.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	2
Περίληψη.....	3
Περιεχόμενα.....	4
Περιεχόμενα πινάκων.....	7
Περιεχόμενα εικόνων	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	12
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ SERVER VIRTUALIZATION.....	12
1.1 Ιστορική Αναδρομή	12
1.2 Προκλήσεις και Εμπόδια στο x86 Virtualization	15
1.3 Ορισμός Server Virtualization.....	16
1.4 Τρόπος λειτουργίας του εικονικού εξυπηρετητή.....	19
1.5 Ορισμός Virtual Machine	20
1.6 Αρχιτεκτονικές x86 Server Virtualization.....	24
1.7 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Virtualization	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	30
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ VIRTUALIZATION	30
2.1 Πλεονεκτήματα του Server Virtualization	30
2.2 Η αξία του Virtualization.....	33
2.3 Πλεονεκτήματα των Virtual Machines.....	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	41
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ - TCO.....	41
3.1 Ορολογία.....	42
3.2 FOO INC: Παράδειγμα υλοποίησης ενοποίησης εξυπηρετητή (server consolidation)	46
3.3 Ενοποίηση Εξυπηρετητών (Server Consolidation)	46
3.3.1 Server Hardware.....	47
3.3.2 Ισχύς	49
3.3.3 Ψύξη	53
3.4 Περιβάλλον Αποθηκευτικών Συστημάτων (SAN).....	59
3.5 Δίκτυο	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	67
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ VIRTUALIZATION.....	67
4.1 Λογισμικό Server Virtualization	67
4.2 Microsoft Virtual Server	68
4.3 VMware ESX Server	68
4.4 Ιδιότητες Τεχνολογίας VMware Server Virtualization VMware	72
4.5 Φυσική τοπολογία ενός VMWare Virtual Datacenter	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	81
CLOUD COMPUTING	81
5.1 Ορισμός του Cloud Computing	81
5.2 Βασικά Λειτουργικά Χαρακτηριστικά Cloud Computing	83

5.3	Ιστορία του Cloud Computing.....	84
5.4	Τα 5 γεγονότα κλειδιά στην ιστορία του Cloud Computing	87
5.5	Οι πιο διαδεδομένες μορφές υπηρεσιών Cloud Computing	89
5.6	Υλοποιήσεις Cloud	91
5.7	Γιατί να επιλέξει κάποιος το Cloud Computing	93
5.8	Open source και Market-Oriented (εμπορικού σκοπού) Cloud Computing	94
5.9	Ποια είναι η σχέση μεταξύ Virtualization και Cloud Computing	97
5.10	Μελλοντικοί στόχοι για το Cloud Computing.....	98
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	100
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	101

Περιεχόμενα πινάκων

Πίνακας 1: Μεταβλητές υπολογισμού TCO.....	42
Πίνακας 2: Σύνθεση servers της Foo	46
Πίνακας 3: Μεταβλητές υπολογισμού μείωσης του κόστους κτήσης για υλικό εξυπηρετητή με χρήση Virtualization.....	47
Πίνακας 4: Σύνθεση των server της Foo πριν και μετά το Virtualization σε αναλογία με τον αριθμό των CPUs.....	49
Πίνακας 5: Μεταβλητές υπολογισμού μείωσης του κόστους ισχύος κατά τη χρήση Virtualization.....	51
Πίνακας 6: Κατανάλωση ισχύος του υλικού των συστημάτων της Foo πριν και μετά το Virtualization.....	52
Πίνακας 7: Μεταβλητές υπολογισμού μείωσης στο κόστος ψύξης με χρήση Virtualization	56
Πίνακας 8: Κατανάλωση ισχύος του υλικού της Foo πριν και μετά το Virtualization	58
Πίνακας 9: Μεταβλητές υπολογισμού μείωσης στο κόστος του SAN με χρήση Virtualization	60

Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1: Συσχέτιση αύξησης αριθμού εξυπηρετητών & βαθμού αξιοποίησής τους.	15
Εικόνα 2: Σχηματική απεικόνιση εξυπηρετητή πριν και μετά την εφαρμογή virtualization	18
Εικόνα 3: Σχηματική απεικόνιση εξυπηρετητή με τη χρήση virtualization	19
Εικόνα 4: Λειτουργικό σύστημα μέσα σε φυσικό και μέσα σε ένα virtual server	20
Εικόνα 5: Δομή ενός εικονικού μηχανήματος	21
Εικόνα 6: Virtual Machine.....	23
Εικόνα 7: Hypervisor	25
Εικόνα 8: Αξιοποίηση υπολογιστή πριν και μετά το virtualization.....	33
Εικόνα 9: Η απομόνωση ως ιδιότητα του Virtualization.....	36
Εικόνα 10: Η ενθυλάκωση ως ιδιότητα του Virtualization	37
Εικόνα 11: Η ανεξαρτησία υλικού ως ιδιότητα του Virtualization	39
Εικόνα 12: Διάταξη hot-aisle/cold-aisle	54
Εικόνα 13: Διάταξη SAN.....	59
Εικόνα 14: Δικτυακή σύνδεση H/Y με και χωρίς Virtualization	65
Εικόνα 15: Αρχιτεκτονική του VMware Infrastructure.....	78

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αποϋλοποίηση (virtualization) είναι μια τεχνολογία με μια μακροχρόνια ιστορία, που χρονολογείται από τις απαρχές της IBM στα τέλη της δεκαετίας του 1960 και στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Τι έχει αλλάξει για μια τεχνολογία που υπάρχει εδώ και 40 χρόνια; Οι προθέσεις και οι βασικές έννοιες του Virtualization δεν είναι πολύ διαφορετικές, αλλά καθώς αυτή πλησιάζει την ηλικία των 40, θα μπορούσε κανείς να πει ότι το virtualization διανύει ένα στάδιο κρίσης μέσης ηλικίας. Αν η αποϋλοποίηση μπορεί να πάει πίσω και να αλλάξει κάποια πράγματα, αποδεικνύεται ότι θα άλλαζε πολλά. Στην πραγματικότητα, δεν υπήρχε ποτέ ο στόχος να είναι μια ιδιόκτητη τεχνολογία, που να περιορίζεται σε επιλεγμένους προμηθευτές και πολύ ακριβό υλικό. Αντ' αυτού, είχε σκοπό να είναι ελεύθερη και ανοιχτή σε όποιον ήθελε να τη χρησιμοποιήσει, και να είναι σε θέση να τρέξει στους επεξεργαστές της εποχής εκείνης.

Στη σημερινή εποχή, το virtualization δεν είναι πλέον μια τεχνολογία για πλούσιους και διάσημους, αλλά μια τεχνολογία για όλους. Σχεδόν όλα τα καταστήματα πληροφορικής χρησιμοποιούν την τεχνολογία virtualization σε οποιαδήποτε μορφή της, καθώς αυτή αναδύεται ως ένα βασικό δομικό στοιχείο για τις περισσότερες υποδομές IT. Για πολλούς οργανισμούς, το virtualization των x86 επεξεργαστών, είναι ένας τρόπος ζωής. Όλες οι νέες εφαρμογές που χρησιμοποιούνται ως εικονικές μηχανές (VMs), εκτός εάν ο ιδιοκτήτης της μπορεί να δικαιολογήσει γιατί χρειάζεται ένας φυσικός πόρος (physical resource).

Η αποϋλοποίηση αφαιρεί τις φυσικές εξαρτήσεις υλικού από λειτουργικά συστήματα server, επιτρέποντας τους να μετακινούνται και να ανακτηθούν όπως ποτέ άλλοτε. Με αυτόν τον τρόπο, αντί να χρειάζεται να εκτελεστεί μια προγραμματισμένη συντήρηση του υλικού σε κάποια περιοριστική ώρα κατά τη διάρκεια του Σαββατοκύριακου, οι διαχειριστές των εξυπηρετητών (servers) μπορούν τώρα άμεσα να μεταφέρουν ένα VM σε ένα άλλο φυσικό πόρο και να εκτελέσουν τη φυσική συντήρηση του hardware server κατά τη διάρκεια μιας εργάσιμης ημέρας. Αυτό το επίπεδο ευελιξίας, έχει επιτρέψει σε πολλούς εργαζόμενους στην κοινότητα IT να

βρουν κάτι που είχε λείψει για ένα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα - προβλεπόμενο χρόνο μακριά από την εργασία και κατ' επέκταση μία ήρεμη προσωπική ζωή.

Όπως είναι εύκολα κατανοητό, η ανεξαρτησία του υλικού που επέφερε το virtualization έχει εξαλείψει την παραδοσιακή πολυπλοκότητα που σχετίζεται με τα διάφορα τεστ που πρέπει να διεξάγονται και επέτρεψε σε πολλούς οργανισμούς τη δοκιμή αξιόπιστων αναπτυξιακών περιβαλλόντων πολύ πιο συχνά από ό, τι είχαν τη δυνατότητα.

Το Virtualization αλλάζει σχεδόν κάθε πτυχή του πώς διαχειρίζονται συστήματα, αποθήκευση δεδομένων, δίκτυα, ασφάλεια, λειτουργικά συστήματα και εφαρμογές. Όπως είναι προφανές, υπάρχουν αμέτρητες εναλλακτικές λύσεις virtualization στη διάθεσή του κοινού. Ζυγίζοντας τα υπέρ και τα κατά της κάθε επιλογής, η επιτυχής εφαρμογή και διαχείρισή τους δεν είναι εύκολη υπόθεση. Κατανοώντας τις ποικίλες δυνατότητες που σχετίζονται με κάθε πλατφόρμα virtualization, είναι απαραίτητη η ενδελεχής μελέτη για την επιτυχή ανάπτυξη των σωστών λύσεων και την αποφυγή των κινδύνων που η συγκεκριμένη λύση μπορεί να παρουσιάσει.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της τεχνολογίας εικονικοποίησης εξυπηρετητή (server virtualization), η παρουσίαση των εφαρμογών της και η περιγραφή της γενικότερης συνεισφοράς της στην εποχή της τεχνολογίας της πληροφορίας.

Στο κεφάλαιο 1 γίνεται ανάλυση της τεχνολογίας του server virtualization καθώς και αναφορά των βασικών όρων της εικονικοποίησης.

Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα της χρήσης του virtualization στους εξυπηρετητές, ενώ στο κεφάλαιο 3 γίνεται ανάλυση της μεθοδολογίας υπολογισμού του Συνολικού Κόστους Κτήσης (Total Cost of Ownership - TCO) και της επενδυτικής απόσβεσης (Return On Investment - ROI) όσον αφορά το εύρος του όρου Virtualization.

Στο κεφάλαιο 4, γίνεται αναφορά στις εφαρμογές server virtualization καθώς και ανάλυση της πλατφόρμας Microsoft Virtual Server και των βασικών χαρακτηριστικών της. Στο κεφάλαιο 5 γίνεται μια εισαγωγή στο Cloud Computing, ανάλυση των βασικών χαρακτηριστικών του καθώς και το πώς αυτό συνδυάζεται με τα εικονικά περιβάλλοντα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ SERVER VIRTUALIZATION

1.1 Ιστορική Αναδρομή

Η αποϋλοποίηση (virtualization) των ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι μία έννοια που εμφανίστηκε για πρώτη φορά στη δεκαετία του 1960 όταν πρωτοεμφανίστηκε η ανάγκη για τον διαχωρισμό των mainframe υπολογιστών, δηλαδή μεγάλων υπολογιστών που ήταν υπεύθυνοι για την εκτέλεση πολύπλοκων εφαρμογών. Σήμερα, ανεξάρτητα με την εξέλιξη της τεχνολογίας, οι υπολογιστές που βασίζονται σε αρχιτεκτονική x86 αντιμετωπίζουν ακριβώς τα ίδια προβλήματα με τα mainframes στη δεκαετία του 1960^{1 2}.

- **Mainframe Virtualization**

Το Virtualization υλοποιήθηκε πριν από 30 χρόνια αρχικά από την IBM σαν ένας τρόπος για τον διαχωρισμό των mainframe υπολογιστών σε ξεχωριστούς υπολογιστές (virtual machines). Αυτά τα διαμερίσματα (partitions) επέτρεπαν στα mainframes το "multitask". Δηλαδή να εκτελούν παράλληλα πολλαπλές εφαρμογές και διεργασίες. Δεδομένου ότι τα mainframes ήταν ιδιαίτερα ακριβοί πόροι εκείνη την εποχή, σχεδιάστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να διανέμονται με στόχο την πλήρη αντιστάθμισή τους (fully leverage).

- **Η ανάγκη για x86 Virtualization**

Το Virtualization πρακτικά εγκαταλείφθηκε στη διάρκεια των δεκαετιών 1980 και 1990 όταν οι πελάτες εξυπηρετητές, οι χαμηλού κόστους x86 εξυπηρετητές και οι σταθμοί εργασίας, εφάρμοσαν με μεγάλη επιτυχία το μοντέλο της

¹ Uhlig, R.; Neiger, G.; Rodgers, D.; Santoni, AL.; Martins, F.C.M.; Anderson, AV.; Bennett, S.M.; Kagi, A; Leung, F.H.; Smith, L., "Intel virtualization technology," Computer , vol.38, no.5, pp.48,56, May 2005

² <http://www.strassmann.com/pubs/gmu/2008-10.pdf>

κατανεμημένης επεξεργασίας (distributed computing). Σύμφωνα με το mainframe μοντέλο το οποίο χρησιμοποιούσε τους πόρους σε κοινή χρήση, οι οργανισμοί χρησιμοποίησαν το χαμηλό κόστος των κατανεμημένων συστημάτων για να δημιουργήσουν «νησίδες» επεξεργαστικής ισχύος.

Η ευρεία υιοθέτηση των Microsoft Windows και η ανάδειξη του Linux σαν συστήματα διαχείρισης εξυπηρετητή στην δεκαετία του 1990, καθιέρωσαν τους x86 servers ως πρότυπο για την βιομηχανία (industry standard). Η γρήγορη και εύκολη ανάπτυξη(deployment) των x86 servers και desktops έχει εισάγει νέες προκλήσεις στην υποδομή του τομέα της πληροφορικής. Σε αυτές τις προκλήσεις περιλαμβάνονται τα παρακάτω³:

- **Περιορισμένη Αξιοποίηση Υποδομής**

Σύμφωνα με το International Data Corporation (IDC), η συνηθισμένη ανάπτυξη των x86 servers επιτυγχάνει μέση χρήση της τάξης του μόνο 10 – 15% επί της συνολικής χωρητικότητας. Οι οργανισμοί συνήθως εκτελούν μία εφαρμογή ανά εξυπηρετητή προκειμένου να αποφύγουν τον κίνδυνο μία εφαρμογή να επηρεάσει τον ίδιο εξυπηρετητή.

- **Ανεπαρκής Μετάπτωση και Προστασία από Καταστροφές**

Οι οργανισμοί επηρεάζονται συνεχώς από την ξαφνική διακοπή λειτουργίας (downtime) κρίσιμων υπηρεσιών και την αδυναμία πρόσβασης εξαιρετικά σημαντικών τελικών χρηστών σε σταθμούς εργασίας. Τον τελευταίο καιρό έχει αυξηθεί η ανάγκη για τον κατάλληλο σχεδιασμό (business continuity planning) και την διατήρηση της ομαλής λειτουργίας εξαιτίας των παρακάτω απειλών:

- Οι επιθέσεις στην ασφάλεια
- Οι επιδημίες
- Η απειλή των φυσικών καταστροφών

³ Uhlig, R.; Neiger, G.; Rodgers, D.; Santoni, AL.; Martins, F.C.M.; Anderson, AV.; Bennett, S.M.; Kagi, A; Leung, F.H.; Smith, L., "Intel virtualization technology," Computer , vol.38, no.5, pp.48,56, May 2005

➤ Το ενδεχόμενο τρομοκρατίας τόσο για τους σταθμούς εργασίας όσο και για τους εξυπηρετητές.

- **Αυξανόμενο Κόστος Διαχείρισης⁴**

Τα τελευταία χρόνια τα περιβάλλοντα των υπολογιστών γίνονται περισσότερο σύνθετα, με αποτέλεσμα το επίπεδο εξειδικευμένης εκπαίδευσης και εμπειρίας που απαιτείται από το προσωπικό διαχείρισης της υποδομής να είναι σαφέστατα μεγαλύτερο. Οι οργανισμοί ξοδεύουν όχι τον ίδιο χρόνο και πόρους σε χειρωνακτικές εργασίες που έχουν σχέση με την συντήρηση των εξυπηρετητών. Εξαιτίας όλων αυτών είναι ολοφάνερο πως οι ανάγκες για περισσότερο προσωπικό είναι μεγαλύτερες.

- **Αυξημένο Κόστος Φυσικής Υποδομής**

Το λειτουργικό κόστος για να υποστηριχθεί η αυξανόμενη φυσική υποδομή μεγαλώνει αργά και σταθερά. Το μεγαλύτερο μέρος της υποδομής υπολογιστών είναι απαραίτητο να παραμένει σε λειτουργία διαρκώς, οδηγώντας στα εξής:

- σε κατανάλωση ισχύος
- ανάγκες ψύξης
- κόστος εγκαταστάσεων που δεν αλλάζουν σύμφωνα με το βαθμό χρήσης.

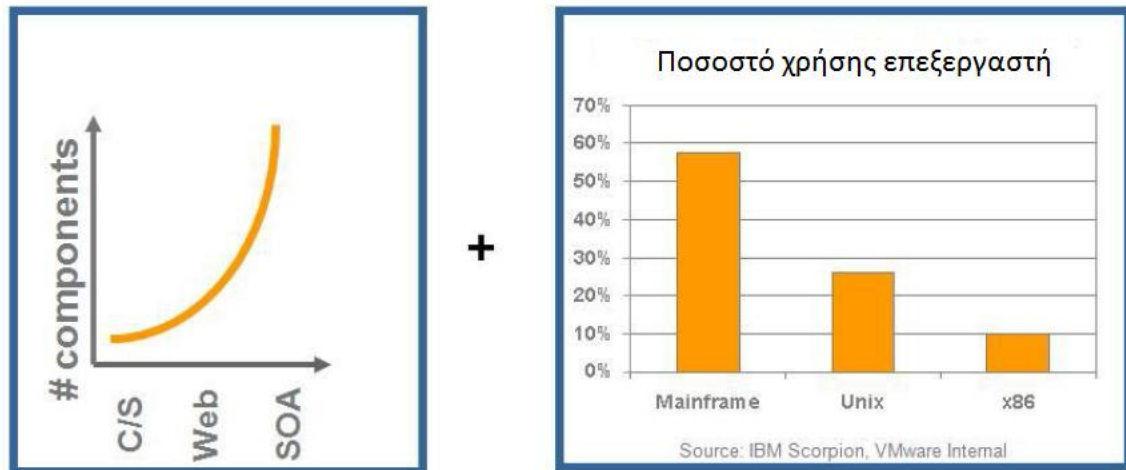
- **Έντονη Συντήρηση των Σταθμών Εργασίας τελικών χρηστών**

Η σωστή διαχείριση και η ασφάλιση των σταθμών εργασίας εμφανίζει πολλές προκλήσεις. Ο έλεγχος ενός περιβάλλοντος με διασκορπισμένους σταθμούς εργασίας και η επιβολή πολιτικής διαχείρισης και ασφάλειας χωρίς βέβαια να αποδυναμώνεται η δυνατότητα των χρηστών να δουλεύουν με αποδοτικό τρόπο είναι μία διαδικασία σύνθετη και απαιτούνται πολλά έξοδα. Για να εξαφανιστούν όλα τα προβλήματα στην ασφάλεια πρέπει να πραγματοποιηθούν τα εξής:

⁴ Intel Corp. Intel Vanderpool Technology for Intel Itanium Architecture (VT-i) Preliminary Specification, 2005.

- Πολυάριθμες διορθώσεις (patches)
- αναβαθμίσεις υπολογιστών γραφείου

Η εικόνα 1 αναδεικνύει την τρομερή αύξηση στον πληθυσμό των φυσικών συστημάτων x86 αρχιτεκτονικής τα τελευταία χρόνια σε συνδυασμό με το γεγονός ότι αξιοποιούνται πολύ περιορισμένα.



Εικόνα 1: Συσχέτιση αύξησης αριθμού εξυπηρετητών & βαθμού αξιοποίησής τους

1.2 Προκλήσεις και Εμπόδια στο x86 Virtualization

Σε αντίθεση με τα mainframes, τα συστήματα x86 δε σχεδιάστηκαν με σκοπό την πλήρη υποστήριξη του Virtualization. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να καθίσταται δύσκολη η δημιουργία των virtual μηχανημάτων, τα οποία θα βασίζονταν σε αρχιτεκτονικές τύπου x86.

Η πιο βασική λειτουργικότητα των Κεντρικών Μονάδων Επεξεργασίας (Central Processing Units - CPUs) τόσο στους συμβατικούς όσο και στους υπολογιστές εξυπηρετητές ήταν να εκτελούν μία αλληλουχία ήδη υπάρχουσών

αποθηκευμένων εντολών. Στους επεξεργαστές τύπου x86, υπάρχουν περίπου 20 εντολές όπου η ιδεατοποίησή (virtualization) τους προκαλούσε προβλήματα, με αποτέλεσμα το λειτουργικό σύστημα να τερματίζει την εφαρμογή, να εμφανίζει σχετικές προειδοποιήσεις ή απλά να καταρρέει. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να προκύπτουν προβλήματα στην εφαρμογή του Virtualization σε υπολογιστές x86. Για την επίλυση των παραπάνω προβλημάτων και την επίτευξη της λειτουργίας των εικονικών εντολών σε x86 περιβάλλοντα εργασίας, οι κατασκευαστές λογισμικού Virtualization ανέπτυξαν μια τεχνική η οποία «προστατεύει» τις εντολές αυτές όταν προκύπτει κάποιο πρόβλημα και τις μετατρέπει σε εντολές ασφαλούς λειτουργίας που μπορούν να γίνουν virtualize, ενώ παράλληλα επιτρέπει στις άλλες εντολές οι οποίες δε δημιουργούσαν πρόβλημα, να εκτελούνται κανονικά χωρίς παρέμβαση. Εφαρμόζοντας τα παραπάνω, δημιουργείται ένα εικονικό μηχάνημα υψηλών προδιαγραφών, το οποίο διατηρεί πλήρως τη συμβατότητα του λογισμικού και συνεργάζεται χωρίς προβλήματα με το υλικό του εξυπηρετητή.

1.3 Ορισμός Server Virtualization

Η εικονικοποίηση των εξυπηρετητών (Server Virtualization) είναι μια μεθοδολογία η οποία αναλαμβάνει την κατανομή των φυσικών πόρων ενός υπολογιστή σε περισσότερα του ενός περιβαλλόντων εκτέλεσης με την εφαρμογή διάφορων τεχνολογιών όπως είναι η εξομοίωση, ο διαμερισμός σε επίπεδο λογισμικού ή σε επίπεδο υλικού, η ποιότητα υπηρεσιών, η κατανομή στο χρόνο, η μερική ή ολική προσομοίωση του υπολογιστή, καθώς και πολλές άλλες δυνατότητες.

Με λίγα λόγια, η εικονικοποίηση των εξυπηρετητών είναι:

- Η διαδικασία εκτέλεσης ανεξάρτητων και πολλαπλών εικονικών λειτουργικών συστημάτων σε έναν φυσικό υπολογιστή.
- Η απόκρυψη της ταυτότητας και του αριθμού των φυσικών εξυπηρετητών,

των φυσικών πόρων του υπολογιστή, των λειτουργικών συστημάτων και των επεξεργαστών από τους χρήστες του εικονικού επεξεργαστή.

Επιπλέον, το Virtualization, συντελεί στο διαχωρισμό ενός φυσικού συστήματος σε πολλαπλά εικονικά περιβάλλοντα τα οποία είναι απομονωμένα. Τα εικονικά αυτά περιβάλλοντα τα βρίσκουμε συχνά με το όνομα virtual private servers, αλλά μπορεί με άλλες συναφείς ονομασίες όπως:

- partitions
- guests
- instances
- containers
- emulations
- virtual machines

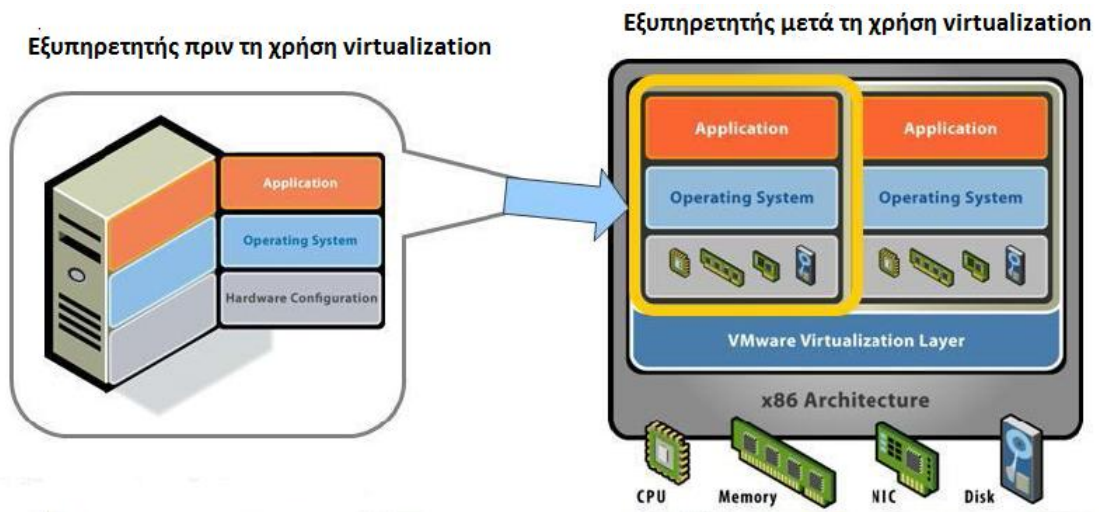
Επιπλέον, είναι ένα στρώμα που δίνει πρόσβαση σε ποικίλα ιδεατά μηχανήματα, με διαφορετικά λειτουργικά συστήματα τα οποία για να μπορέσουν να λειτουργήσουν πρέπει να βρίσκονται διαχωρισμένα, σε απομονωμένο περιβάλλον και το ένα πλάι στο άλλο.

Το Virtualization είναι μια τεχνολογία που έχει επανειλημμένως δοκιμαστεί και έχει αλλάξει ριζικά το τοπίο στον τομέα της τεχνολογίας πληροφοριών (Information Technology - IT) αλλά και τη χρήση που κάνει ο καθένας μας στον υπολογιστή. Τη σημερινή εποχή οι x86 υπολογιστές είναι πολύ ισχυροί αλλά έχουν σχεδιαστεί να εκτελούν μία μόνο εφαρμογή σε ένα λειτουργικό σύστημα. Με την εμφάνιση του Virtualization, καταργείται αυτός ο περιορισμός διότι πλέον υπάρχει η δυνατότητα να τρέχουν πολλές εφαρμογές σε πολλαπλά λειτουργικά συστήματα την ίδια στιγμή. Η παραπάνω διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα την σωστή αξιοποίηση και την προσαρμοστικότητα των φυσικών πόρων.

Το Virtualization είναι μια τεχνοτροπία από την οποία μπορούμε να εξοικονομήσουμε χρόνο, χρήμα και ενέργεια και να ωφεληθούν οι εξής ομάδες:

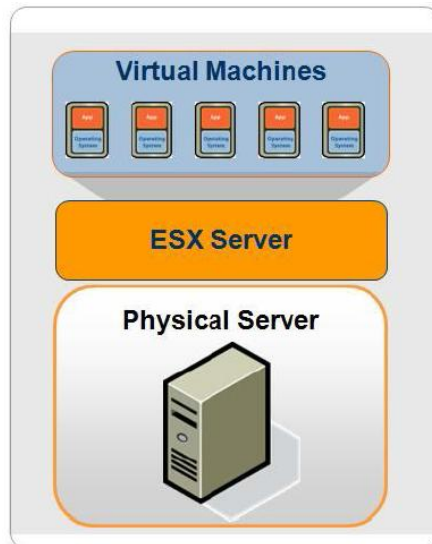
- οι απλοί χρήστες ενός υπολογιστή
- οι επαγγελματίες της πληροφορικής
- οι οπαδοί των Macintosh
- οι εμπορικές επιχειρήσεις
- οι κυβερνητικοί οργανισμοί

Η εικόνα 2 απεικονίζει ένα λειτουργικό σύστημα και τις εφαρμογές τους μέσα σε ένα φυσικό μηχάνημα, σε αντίθεση με το ίδιο λειτουργικό σύστημα και τις εφαρμογές του μέσα σε ένα ιδεατό (virtual) μηχάνημα.



Εικόνα 2: Σχηματική απεικόνιση εξυπηρετητή πριν και μετά την εφαρμογή virtualization

Η εικόνα 3 αντικατοπτρίζει την παρουσία πολλαπλών ιδεατών συστημάτων (virtual machines) μέσα σε ένα φυσικό σύστημα (physical server). Στο συγκεκριμένο σχήμα παρατηρούμε το «ESX Server» της εταιρείας VMware όπου το λογισμικό Virtualization παρεμβάλλεται ανάμεσα στο φυσικό εξυπηρετητή τα ιδεατά μηχανήματα. Το μεγάλο όφελος αυτής της διαδικασίας είναι η αύξηση της χρήσης του υλικού (hardware) με την κοινή του χρήση από τα εικονικά μηχανήματα.



Εικόνα 3: Σχηματική απεικόνιση εξυπηρετητή με τη χρήση virtualization

1.4 Τρόπος λειτουργίας του εικονικού εξυπηρετητή

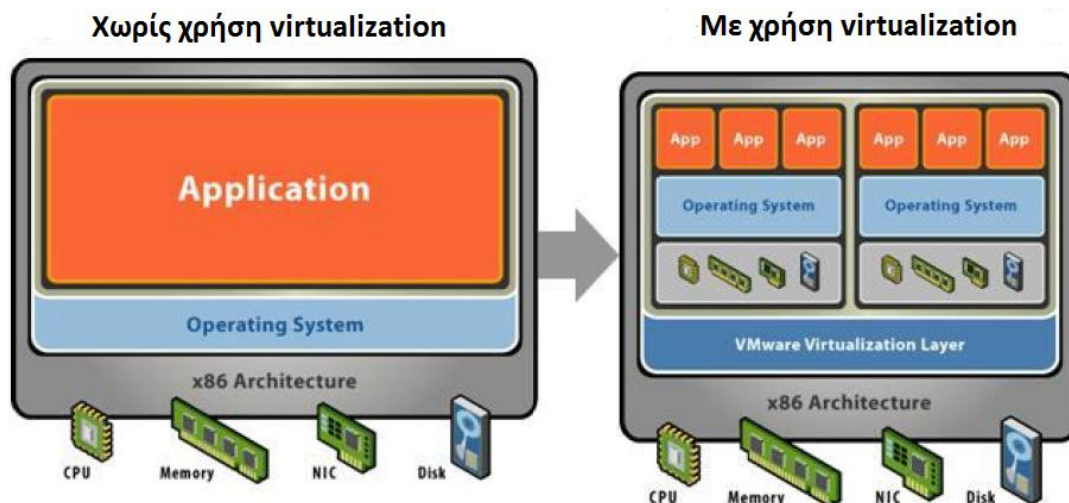
Η δουλειά που κάνει το Virtualization είναι να μετατρέπει το hardware σε software. Για να μετατραπούν (virtualize) οι φυσικοί πόροι ενός x86-based υπολογιστή μπορεί να χρησιμοποιηθεί λογισμικό, όπως για παράδειγμα το VMware ESX Server, όπου θα συμπεριλαμβάνει τα εξής:

- Κεντρικές μονάδες επεξεργασίας (CPUs)
- Σκληρός δίσκος (hard disk)
- Μνήμη (RAM)
- Ελεγκτής δικτύου (network controller)

Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένα ολοκληρωμένο λειτουργικό ιδεατό μηχανήμα (virtual machine) το οποίο θα έχει τη δυνατότητα να «τρέχει» το δικό του λειτουργικό σύστημα και τις δικές του εφαρμογές ακριβώς όπως κάνει ένας «πραγματικός» υπολογιστής.

Όταν πολλαπλά virtual machines μοιράζονται τους φυσικούς πόρους χωρίς να

επιρεάζουν το ένα το άλλο μπορούν με ασφάλεια να εκτελεστούν ταυτόχρονα πολλαπλά λειτουργικά συστήματα και εφαρμογές παράλληλα σε έναν υπολογιστή. Η διαδικασία αυτή παρουσιάζεται στην εικόνα 4.



Εικόνα 4: Λειτουργικό σύστημα μέσα σε φυσικό και μέσα σε ένα virtual server

1.5 Ορισμός Virtual Machine

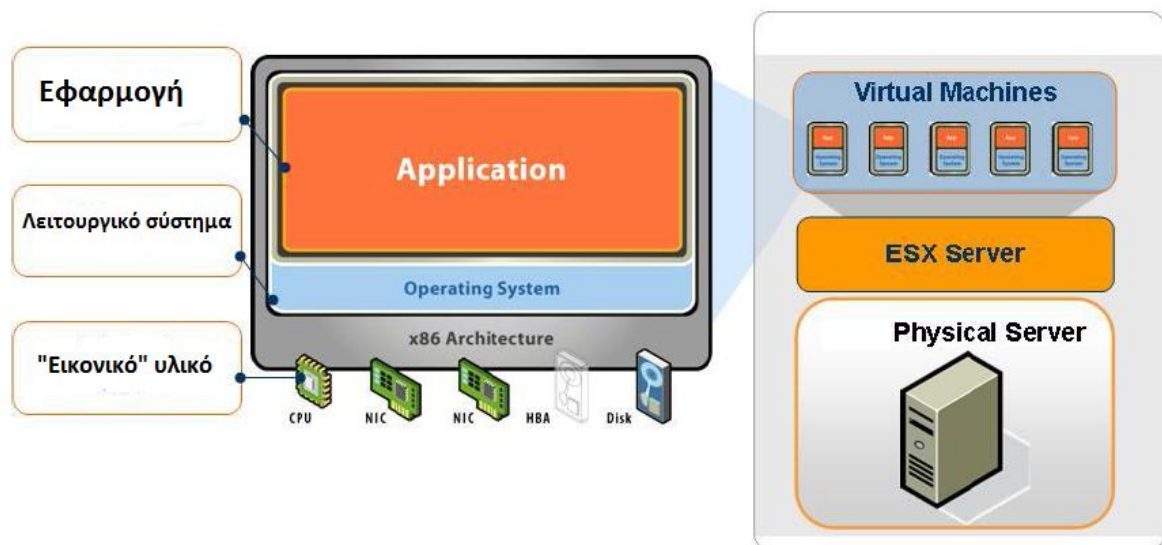
Ένα Ιδεατό Μηχάνημα (Virtual Machine) είναι όπως ένα Φυσικό Μηχάνημα (Physical Machine), το οποίο αποτελείται από ένα σύνολο αρχείων λογισμικού. Κάθε virtual machine αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα το οποίο περιέχει, όπως δείχνει και η εικόνα 5 τα εξής:⁵

- μνήμη
- επεξεργαστές
- αποθηκευτικό χώρο
- υποδομή για διαδικτυακή επικοινωνία

⁵ <http://www.oracle.com/oms/hardware/extremeperformance/assets/ept-eb-dummies-server-1641465.pdf>

- BIOS

Ένα ιδεατό μηχάνημα(Virtual Machine) όπως ακριβώς κάνει και ένας φυσικός εξυπηρετητής (Physical server) εκτελεί ένα δικό του λειτουργικό σύστημα και τις αντίστοιχες εφαρμογές, χωρίς καμία μετατροπή. Η διαδικασία δημιουργίας ενός νέου server(server provisioning) είναι σχεδόν ίδια με την απλή αντιγραφή ενός αρχείου. Το server migration γίνεται παρόμοιο με το data migration. Με λίγα λόγια οι τεχνικές διαχείρισης δεδομένων μπορούν να αξιοποιηθούν για το σωστό χειρισμό του server.



Εικόνα 5: Δομή ενός εικονικού μηχανήματος

Το «Ιδεατό Μηχάνημα» («Virtual Machine» ή «VM») είναι ένα περιβάλλον ή λειτουργικό σύστημα, που δεν υπάρχει στην πραγματικότητα αλλά συντελείται μέσα σε ένα άλλο περιβάλλον. Με βάση αυτά τα δεδομένα, ένα VM ονομάζεται «guest» ενώ το περιβάλλον μέσα στο οποίο πραγματοποιείται ονομάζεται «host». Τα ιδεατά μηχανήματα κατασκευάζονται συνήθως για να πραγματοποιήσουν ένα σύνολο εντολών (instruction set) διαφορετικό από αυτό του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο φιλοξενούνται (host).

Το περιβάλλον που φιλοξενούνται μπορεί συχνά να εκτελεί πολλά virtual machines ταυτόχρονα. Εξαιτίας του διαχωρισμού των VMs από τους φυσικούς πόρους που χρησιμοποιούν, το φιλοξενούμενο περιβάλλον έχει συνήθως την ευκαιρία να

αναθέτει δυναμικά αυτούς τους πόρους ανάμεσα στα VJMs⁶.

Η φράση «Virtual Machine» χρησιμοποιείται συχνά όταν θέλουμε να αναφερθούμε στα εξής:

- στο Java runtime περιβάλλον της Sun Microsystems και
- το Java virtual machine (JVM), μέσα στο οποίο μεταφράζονται Java εντολές.

Το JVM είναι ένα virtual machine που για να είναι λειτουργικό πρέπει να εκτελεί κώδικα που έχει δημιουργηθεί ειδικά για αυτό και είναι γνωστό με την ονομασία bytecode. Για την εκτέλεση του JVM αποσπάται μέρος των πόρων για αυτό τον κώδικα.

Η γλώσσα προγραμματισμού Java δε χρειάζεται οδηγίες εξειδικευμένες για κάθε πλατφόρμα (platform-specific instruction sets), όπως είναι το API το οποίο εξειδικεύεται σε κάποιο λειτουργικό σύστημα με στόχο να παρουσιάσει κάποιο αποτέλεσμα ή για να έχει πρόσβαση σε πόρους όπως αρχεία. Αντίθετα, το JVM δημιουργεί ιδεατούς πόρους με την bytecode πρόσβαση. Αυτές οι ενέργειες μεταφέρονται για περαιτέρω ανάλυση στους πραγματικούς πόρους του συστήματος.

Ένας χρήσης που συνδέεται με έναν ιδεατό εξυπηρετητή μπορεί να δει τον εξυπηρετητή σαν ένα φυσικό μηχάνημα για το λόγο ότι ο χρήστης έχει πρόσβαση στους πόρους του μηχανήματος οι οποίοι είναι οι εξής:

- οι δικτυακές συνδέσεις
- ο σκληρός δίσκος
- ο επεξεργαστής

⁶ Paul Barham , Boris Dragovic , Keir Fraser , Steven Hand , Tim Harris , Alex Ho , Rolf Neugebauer , Ian Pratt , Andrew Warfield, Xen and the art of virtualization, Proceedings of the nineteenth ACM symposium on Operating systems principles, October 19-22, 2003, Bolton Landing, NY, USA

- η μνήμη

Στην πραγματικότητα, όλοι αυτοί οι πόροι του εξυπηρετητή είναι ιδεατοί. Για παράδειγμα αντί να προσεγγίζει έναν πραγματικό σκληρό δίσκο, ο χρήστης προσεγγίζει μία δομή του φιλοξενούμενου περιβάλλοντος. Αυτή η δομή πλησιάζει στη συνέχεια το πραγματικό δίσκο για να μπορέσει να καταγράψει τα δεδομένα που έχουν προκύψει.

Το Ιδεατό Μηχάνημα (Virtual Machine) (Σχ. 6) μπορεί να τρέχει με ευκολία τις δικές του εφαρμογές και το δικό του λειτουργικό σύστημα σα να είναι ένας φυσικός υπολογιστής. Ένα ιδεατό μηχάνημα λειτουργεί ακριβώς όπως ένας φυσικός υπολογιστής και περιέχει τα εξής:

- Κ.Μ.Ε (CPU)
- μνήμη (RAM)
- σκληρό δίσκο (hard disk)
- κάρτα δικτύου (NIC)



Εικόνα 6: Virtual Machine

Όλα τα παραπάνω είναι βασισμένα σε λογισμικό. Το λειτουργικό σύστημα, οι

εφαρμογές και οι άλλοι υπολογιστές δεν μπορούν να ξεχωρίσουν τη διαφορά ανάμεσα σε ένα ιδεατό και ένα φυσικό μηχάνημα. Ακόμα και το ιδεατό μηχάνημα νομίζει ότι είναι ένας «πραγματικός» υπολογιστής.

Ένα βασικό πλεονέκτημα που διαθέτει ένα ιδεατό μηχάνημα σε σύγκριση με τα φυσικά συστήματα είναι ότι το πρώτο αποτελείται εξολοκλήρου από Software και δεν περιέχει υλικά μέρη ⁷.

1.6 Αρχιτεκτονικές x86 Server Virtualization

Η εικονικοποίηση της χρήσης των εξυπηρετητών, προσεγγίζεται με τρεις διαφορετικούς τρόπους στο επίπεδο του λειτουργικού συστήματος⁸⁹:

- το μοντέλο εικονικού μηχανήματος
- το μοντέλο παρα - εικονικού μηχανήματος
- την εικονικοποίηση

➤ Μοντέλο Virtual Machine

Τα Virtual Machines στηρίζονται στο πρότυπο οικοδεσπότης/φιλοξενούμενος (guest/host). Ο κάθε guest τρέχει σε μια ιδεατή μίμηση του hardware επιπέδου. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει στον οικοδεσπότη το λειτουργικό σύστημα να εκτελείται χωρίς τροποποιήσεις. Επίσης, επιτρέπει στον διαχειριστή να δημιουργεί οικοδεσπότες που χρησιμοποιούν διαφορετικά λειτουργικά συστήματα. Ο οικοδεσπότης δεν

⁷ Paul Barham , Boris Dragovic , Keir Fraser , Steven Hand , Tim Harris , Alex Ho , Rolf Neugebauer , Ian Pratt , Andrew Warfield, Xen and the art of virtualization, Proceedings of the nineteenth ACM symposium on Operating systems principles, October 19-22, 2003, Bolton Landing, NY, USA

⁸ <http://www.oracle.com/oms/hardware/extremepformance/assets/ept-eb-dummies-server-1641465.pdf>

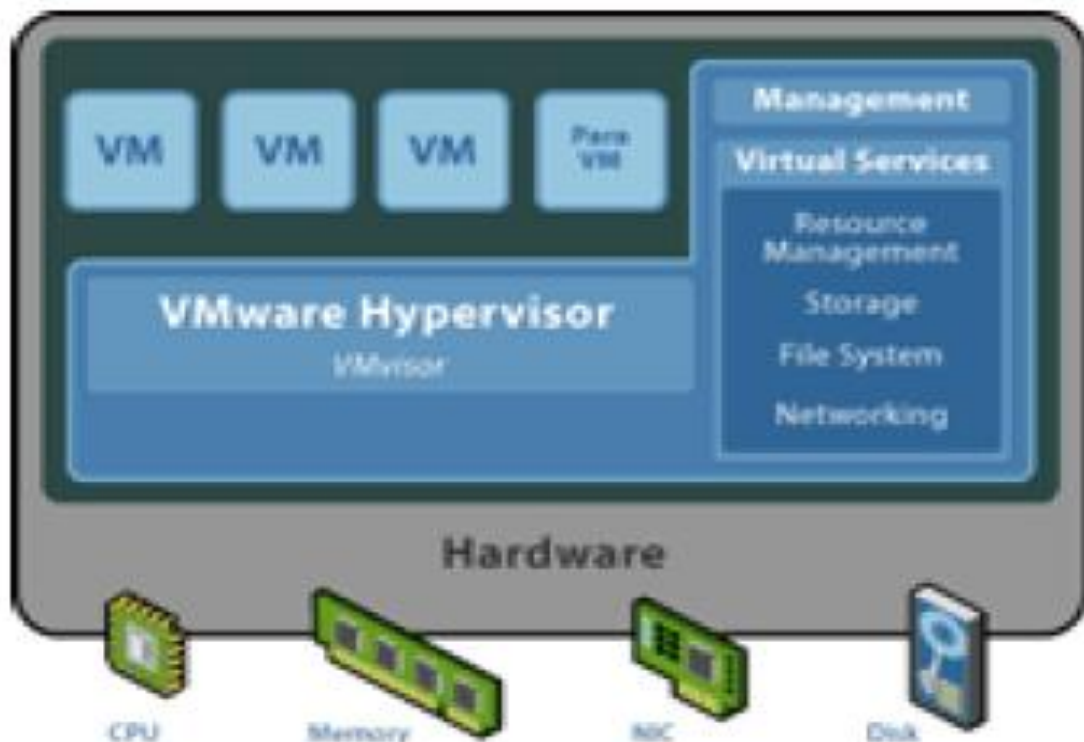
⁹ Samuel T. King , George W. Dunlap , Peter M. Chen, Debugging operating systems with time-traveling virtual machines, Proceedings of the annual conference on USENIX Annual Technical Conference, p.1-1, April 10-15, 2005, Anaheim, CA

γνωρίζει ότι δεν εκτελείται σε αληθινό hardware γι' αυτό και δεν έχει ιδέα για την ύπαρξη του host. Ένας hypervisor κατευθύνει με πολύ καλή οργάνωση τις οδηγίες που στέλνονται στον επεξεργαστή. Ο hypervisor (Σχ. 7), που συνήθως τον βρίσκουμε και ως Virtualization manager, είναι ένα πρόγραμμα που δίνει πρόσβαση σε πολλά λειτουργικά συστήματα να μοιράζονται τον ίδιο επεξεργαστή είτε μοιάζουν είτε όχι. Ο επεξεργαστής PowerPC και ο x86 της Intel έχουν σχεδιαστεί με μία συγκεκριμένη αρχιτεκτονική.

Όμως, ο hypervisor είναι εκείνος που έχει τον πραγματικό έλεγχο στα εξής:

- τον πραγματικό επεξεργαστή
- τους πόρους του

Τον hypervisor τον βρίσκουμε και με το όνομα Monitor. Ελέγχει όλες τις CPU οδηγίες που προέρχονται από τους φιλοξενούμενους και επεξεργάζεται οποιοδήποτε κώδικα εκτελείται ο οποίος έχει ανάγκη από δικαιώματα/προνόμια. Το virtual machine μοντέλο χρησιμοποιείται και από το Virtualization VMware αλλά και από το Microsoft Virtual Server.



Εικόνα 7: Hypervisor

Το Virtual Machine Monitor στον Microsoft Virtual Server 2005, έχει την ιδιότητα να λειτουργεί ως προστατευτικό τοίχος (firewall) ανάμεσα στα virtual machines και τον host OS. Επίσης, έχει την ιδιότητα να κάνει υπερκατανάλωση των πόρων του host OS εμποδίζοντας οποιοδήποτε μεμονωμένο πρόγραμμα, που τρέχει μέσα σε ένα από τα virtual machines.

Το Virtual Machine Monitor (VMM) είναι ένα πρόγραμμα που δίνει τη δυνατότητα σε έναν υπολογιστή να επεξεργάζεται πολλά και διαφορετικά περιβάλλοντα εκτέλεσης. Παρόλο που οι χρήστες εξυπηρετούνται από το ίδιο μηχάνημα, θεωρούν πως τα συστήματά τους λειτουργούν ως ανεξάρτητοι υπολογιστές. Με τα δεδομένα αυτά, είναι φανερό ότι ένα virtual machine είναι ένα λειτουργικό σύστημα που τον έλεγχό του τον έχει ένα πρόγραμμα ελέγχου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το VM/ESA της IBM το οποίο μπορεί να ελέγχει ταυτόχρονα ποικίλα virtual machines πάνω σε ένα σύστημα IBM S/390.

➤ **Μοντέλο Paravirtual Machine¹⁰**

Το paravirtual machine μοντέλο στηρίζεται στο host/guest πρότυπο χρησιμοποιώντας ένα virtual machine monitor. Porting ονομάζεται η διαδικασία στην οποία το VMM μεταβάλλει τον κώδικα του οικοδεσπότη του λειτουργικού συστήματος. Η παραπάνω διαδικασία βοηθάει το VMM ώστε να μπορεί να χρησιμοποιήσει προνομιακές κλήσεις συστήματος με μέτρο. Τα virtual machines όπως ακριβώς και τα paravirtual machines έχουν τη δυνατότητα να τρέχουν πολλαπλά λειτουργικά συστήματα. Το paravirtual machine μοντέλο χρησιμοποιείται από το Xen και το UML.

➤ **Transparent Paravirtualization¹¹**

Ο hypervisor προσφέρει την ιδεατή αφαίρεση του υποκείμενου υπολογιστικού συστήματος. Στο ολοκληρωμένο Virtualization, ένα φιλοξενούμενο λειτουργικό σύστημα τρέχει χωρίς καμία απολύτως αλλαγή πάνω σε έναν hypervisor. Ωστόσο, αν

¹⁰ <http://www.vmware.com/pdf/virtualization.pdf>

¹¹ <http://www.vmware.com/pdf/virtualization.pdf>

το λειτουργικό σύστημα επικοινωνεί με τον hypervisor δημιουργείται βελτιωμένη αποδοτικότητα. Με την ελεύθερη πρόσβαση στο λειτουργικό σύστημα του οικοδεσπότη φανερώνεται η πρόθεση που υπάρχει στον hypervisor , επιτυγχάνοντας την καλύτερη απόδοση. Παρά - virtualization ονομάζεται η διαδικασία κατά την οποία το λειτουργικό σύστημα τρέχει μέσα από ένα virtual machine.

Το 2005, η εταιρεία VMware έφερε στο τραπέζι μία ιδέα όπου μια διεπαφή (interface), στην οποία το Virtual Machine Interface (VMI) θα λειτουργούσε σαν μηχανισμός επικοινωνίας ανάμεσα στον hypervisor και το λειτουργικό σύστημα που το φιλοξενούσε. Η διεπαφή αυτή έδωσε την δυνατότητα στο χρήστη για διάφανο παρά - virtualization. Με λίγα λόγια μία έκδοση του λειτουργικού συστήματος μπορεί να τρέχει είτε σε έναν hypervisor σε παραεικονικοποιημένη μορφή είτε αμέσως στο hardware.

Το 2006, η VMware εκδίδει το «VMI specification». Στόχος της ήταν να βελτιώσει την αξιολόγηση από την βιομηχανία. Στη συνέχεια, η VMware δημοσιεύει ένα άρθρο με τίτλο <Technology Preview> που δείχνει ξεκάθαρα την υποστήριξη της για παραεικονικοποιημένα λειτουργικά συστήματα με τη χρήση του VMI σε ένα φιλοξενούμενο περιβάλλον.

Η εταιρεία συνεχίζει την συνεργασία της με το Linux με στόχο την ανάπτυξη μιας διεπαφής paravirtualization η οποία υποστηρίζει πολλούς hypervisors. Το όνομα paravirtual-ops, υιοθετείται από τους εξής προγραμματιστές:

- IBM
- VMware
- Red Hat
- XenSource.

Η διεπαφή που αναφέρθηκε παραπάνω ενσωματώνει πολλές έννοιες του VMI. Με τη χρήση αυτής της διεπαφής, δημιουργείται το πλεονέκτημα ένα paravirtualized Linux λειτουργικό σύστημα να μπορεί να «τρέχει» τις πληροφορίες του σε οποιονδήποτε hypervisor.

Η VMware υποστηρίζει τα παραεικονικοποιημένα λειτουργικά συστήματα, διότι τα τελευταία χρησιμοποιούνται στο εμπόριο σε όλα τα προϊόντα της¹².

➤ **Virtualization σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος**

Το Virtualization παρουσιάζει διαφοροποιήσεις στο λειτουργικό του σύστημα καθώς δεν βασίζεται στο υπόδειγμα οικοδεσπότης/φιλοξενούμενος(host/guest). Η διαδικασία έχει ως εξής: Ο host τρέχει έναν OS kernel και παίρνει τις λειτουργίες του λειτουργικού συστήματος σε καθέναν από τους οικοδεσπότες. Οι guests, όμως, οφείλουν να τρέχουν το ίδιο λειτουργικό σύστημα με τον host, παρόλο που γενικότερα υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιούνται διαφορετικές εκδόσεις. Αυτή η μοιρασμένη αρχιτεκτονική διώχνει την ανάγκη για κλήσεις συστήματος (system calls) μεταξύ των επιπέδων. Η τελευταία μειώνει αισθητά την επιβάρυνση που τυχόν έχει η χρήση του επεξεργαστή (CPU usage overhead). Επίσης, είναι απαραίτητο κάθε διαμέρισμα (partition) να μένει αυστηρά ανεξάρτητο από τα υπόλοιπα ώστε να αποφευχθούν τυχόν λάθη ή κάποια παραβίαση στην ασφάλεια. Σε αυτό το μοντέλο όταν χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα και μαζί στο ίδιο μηχάνημα οι βιβλιοθήκες (libraries) και τα κοινά δυαδικά αρχεία (binaries) έχουμε ως αποτέλεσμα ένας OS level virtual server να έχει τη δυνατότητα να φιλοξενήσει χιλιάδες πολλούς guests την ίδια χρονική στιγμή. Για παράδειγμα το OS-level Virtualization χρησιμοποιείται και από το Virtuozzo αλλά και από τα Solaris Zones¹³.

1.7 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Virtualization

Το Virtualization όσον αφορά το λειτουργικό σύστημα χρησιμοποιείται διαδομένα σε περιβάλλοντα virtual hosting, διευκολύνοντας έτσι πολλούς χρήστες να χρησιμοποιούν με ασφάλεια περιορισμένους πόρους. Επίσης, χρησιμοποιείται, σε

¹² <http://www.vmware.com/pdf/virtualization.pdf>

¹³ Robert P. Goldberg. Survey of virtual machine research. IEEE Computer Magazine, 7(6), 1974.

μικρότερο βαθμό, για να μπορέσει να αφομοιωθεί ο server hardware μέσω της μετακίνησης υπηρεσιών που θα πραγματοποιηθεί από διαφορετικούς εξυπηρετητές¹⁴.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του virtualization είναι¹⁵:

- **Ευελιξία**

Το Virtualization σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος δεν είναι ιδιαίτερα ευέλικτο γιατί δε μπορεί να φιλοξενήσει διαφορετικά λειτουργικά συστήματα ή διαφορετικό πυρήνα από αυτά που μπορεί να φιλοξενήσει ο εξυπηρετητής. Λαμβάνοντας υπόψη την περίπτωση Linux, παρόλο που μπορούν να φιλοξενηθούν ποικίλες διανομές δεν είναι δυνατό να φιλοξενηθούν άλλα λειτουργικά συστήματα. Ευτυχώς, αυτή η δυσκολία έχει κατά κάποιον τρόπο ξεπεραστεί στα «Solaris Containers» μέσω της ιδιότητας «branded zones». Η ιδιότητα αυτή παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να εκτελείται ένα περιβάλλον που αφομοιώνει μία έκδοση Linux 2.4 μέσα σε ένα άλλο διαμέρισμα (container).

- **Επιβάρυνση (Overhead)**

Ο συγκεκριμένος τύπος Virtualization συνήθως δε δημιουργεί σχεδόν καμία επιβάρυνση, διότι τα προγράμματα τα οποία τρέχει χρησιμοποιούν τη διεπαφή που αναφέρθηκε παραπάνω δηλαδή των συστημικών κλήσεων (system call interface) με αποτέλεσμα να μην χρειάζεται εκτέλεση ή εξομοίωση. Επίσης, δεν είναι αναγκαία η παροχή βοήθειας από το hardware (hardware assistance), όπως ακριβώς κάνει το Intel VT (Intel Virtualization Technology) με στόχο την επίτευξη της καλύτερα δυνατής απόδοσης.

¹⁴ <http://www.infoworld.com/article/2621446/server-virtualization/top-10-benefits-of-server-virtualization.html>

¹⁵ http://cdn.paessler.com/common/files/pdf/whitepaper/server_virtualization_en.pdf

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ VIRTUALIZATION

2.1 Πλεονεκτήματα του Server Virtualization

Η τεχνολογία Server Virtualization έχει πολλά πλεονεκτήματα τα οποία μπορούν να βοηθήσουν πολύ ένα τμήμα της τεχνολογίας πληροφοριών και γενικότερα έναν οργανισμό¹⁶. Ακολουθεί μία λίστα με τους λόγους που πρέπει να εκμεταλλευτούμε στο Server Virtualization. Οι Ιδεατές Μηχανές (Virtual Machines) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ένωση του φορτίου εργασίας πολλών υποαπασχολούμενων εξυπηρετητών σε ένα μηχάνημα ή σε περισσότερα^{17 18}. Τα οφέλη είναι τα εξής:

- Η εξοικονόμηση σε υλικό εξοπλισμό (hardware)
- Η εξοικονόμηση σε περιβαλλοντικό κόστος,
- Η εξοικονόμηση σε διοίκηση
- Η εξοικονόμηση της διαχείριση της υποδομής εξυπηρετητών.

Επιπλέον, η ανάγκη για εκτέλεση παλαιότερων εφαρμογών εξυπηρετείται απόλυτα από τη χρήση ιδεατών μηχανών. Μία εφαρμογή που ανήκει στο παρελθόν μπορεί να μην είναι δυνατή η λειτουργία της σε νεότερο υλικό και/ή λειτουργικό σύστημα. Ακόμα και αν μπορεί να ανταπεξέλθει εκεί, υπάρχει πιθανότητα να απασχολεί τον εξυπηρετητή για μικρό χρονικό διάστημα. Το τελευταίο ίσως να μην είναι εύκολα πραγματοποιήσιμο χωρίς τη χρήση του Virtualization. Αυτό συμβαίνει γιατί τέτοιες εφαρμογές δεν μπορούν να συμβαδίσουν σε ένα περιβάλλον εκτέλεσης.

¹⁶ Robert P. Goldberg. Survey of virtual machine research. IEEE Computer Magazine, 7(6), 1974.

¹⁷ Intel Corp. Intel Vanderpool Technology for Intel Itanium Architecture (VT-i) Preliminary Specification, 2005.

¹⁸ <http://www.strassmann.com/pubs/gmu/2008-10.pdf>

Τα virtual machines χρησιμοποιούνται για την ασφαλή επεξεργασία εφαρμογών που δεν μπορούμε να εμπιστευτούμε. Το Virtualization αποτελεί σταθμό στη δημιουργία ενός πλαισίου όπου θα υπάρχουν υγιείς υπολογιστικές πλατφόρμες¹⁹.

Τα virtual machines χρησιμοποιούνται για την δημιουργία λειτουργικών συστημάτων εφόσον υπάρχουν οι κατάλληλοι δρομολογητές με τη χρήση όμως περιορισμένων πόρων. Ο διαμερισμός (partitioning) ακολουθείται συνήθως από υπηρεσίες που είναι ποιοτικές και συμβάλλουν στη δημιουργία λειτουργικών συστημάτων με σίγουρη ποιότητα υπηρεσίας.

Τα ιδεατά μηχανήματα δίνουν την ψευδαίσθηση ότι υπάρχει υλικό όπως πολλαπλοί επεξεργαστές, συσκευές SCSI, κτλ., υλικό που στην πραγματικότητα δεν υπάρχει. Το Virtualization μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την ταύτιση δικτύων με ανεξάρτητους υπολογιστές²⁰.

Οι ιδεατές μηχανές μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση πολλαπλών λειτουργικών συστημάτων που βρίσκονται σε αναμονή όπως:

- διαφορετικές εκδόσεις
- εντελώς διαφορετικά συστήματα

Σε τέτοιου είδους συστήματα ίσως να είναι δύσκολο ή ακόμα και ανέφικτο να λειτουργήσουν σε ένα νέο πραγματικό hardware^{21 22}.

Επιπροσθέτως, τα virtual machines επιτρέπουν εύκολα την εξουδετέρωση των λαθών που έχουν προκύψει καθώς και την παρακολούθηση των επιδόσεων. Όσον

¹⁹ <http://www.infoworld.com/article/2621446/server-virtualization/top-10-benefits-of-server-virtualization.html>

²⁰ http://cdn.paessler.com/common/files/pdf/whitepaper/server_virtualization_en.pdf

²¹ <http://www.vmware.com/pdf/virtualization.pdf>

²² <http://www.vmware.com/virtualization/virtualization-basics/virtualization-benefits>

αφορά την αντιμετώπιση των σφαλμάτων (debugging) μπορεί να πραγματοποιηθεί σε λειτουργικά συστήματα χωρίς να σταματήσει η παραγωγική τους λειτουργία.

Τα virtual machines έχουν την ικανότητα να πραγματοποιούνται σε απομονωμένο περιβάλλον αποφεύγοντας τα σφάλματα που τυχαίνουν να εμφανίζονται σε ένα εικονικό σύστημα. Μερικές φορές δημιουργούνται εκούσια λάθη στο λογισμικό με στόχο τη μελέτη των συνεπειών που θα προκύψουν.

Τα εικονικά μηχανήματα προσφέρουν εύκολη μετακίνηση του λογισμικού νεότερης γενιάς από το ένα υλικό σε ένα άλλο. Οι εικονικές μηχανές αποτελούν τα ιδανικά εργαλεία για πειράματα και έρευνα σε ακαδημαϊκό επίπεδο. Αυτό συμβαίνει επειδή οι εικονικές μηχανές είναι ασφαλείς λόγω της απομόνωσης που προσφέρουν. Οι εικονικές μηχανές έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Να μπορεί κάποιος να αποθηκεύσει την κατάστασή του
- Να την εξετάσει
- Να την τροποποιήσει
- Να την επαναφορτώσει

Το Virtualization μπορεί να επιτρέψει στα λειτουργικά συστήματα που υπάρχουν ήδη να εκτελεστούν σε πολύ-επίπεδες εργασίες διαμοιραζόμενης μνήμης (shared memory multiprocessors) ²³.

Οι ιδεατές μηχανές είναι ιδανικές για τη δημιουργία τυχαίων σεναρίων δοκιμών (test scenarios), και με τη σωστή χρήση τους μπορούν να οδηγήσουν σε εντυπωσιακά αποτελέσματα. Το Virtualization μπορεί επίσης να πραγματοποιήσει καλύτερα και πιο εύκολα λειτουργίες όπως ²⁴:

- η αλλαγή συστημάτων (system migration)

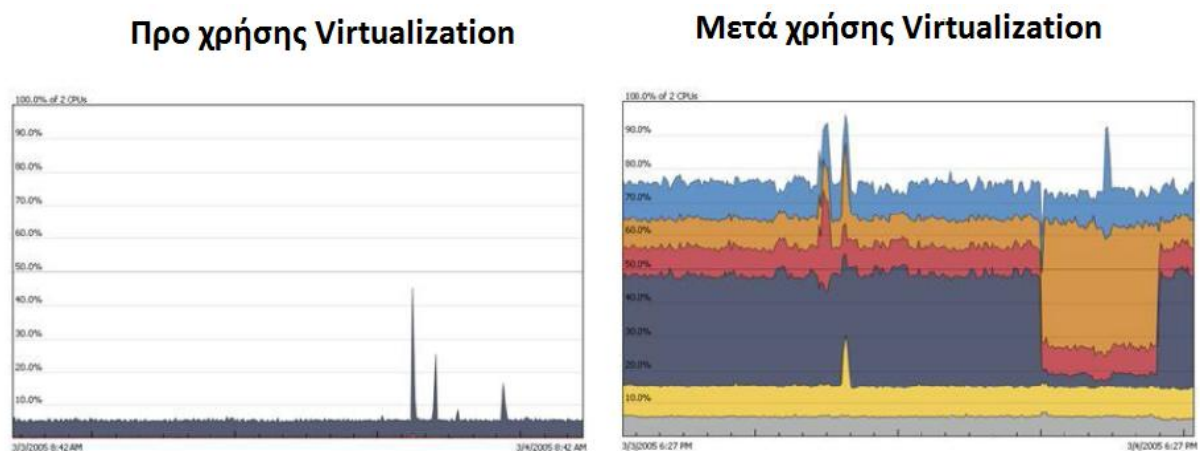
²³ <http://www.vmware.com/virtualization/virtualization-basics/virtualization-benefits>

²⁴ <http://www.vmware.com/virtualization/virtualization-basics/virtualization-benefits>

- η ανάκαμψη από σφάλματα (recovery).
- η δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας (backup)

Επιπλέον, η εικονικοποίηση μπορεί να είναι ένας ιδανικός τρόπος για δυαδική Συμβατότητα. Γενικότερα, υπάρχουν πολλοί λόγοι για τους οποίους ένας χρήστης θα επιθυμούσε τη χρήση τεχνολογίας Virtualization.

Η εικόνα 8 απεικονίζει την αύξηση στην εκμετάλλευση των φυσικών συστημάτων με τη χρήση του Virtualization.



Εικόνα 8: Αξιοποίηση υπολογιστή πριν και μετά το virtualization

2.2 Η αξία του Virtualization

Το Virtualization είναι μια τεχνολογία από την οποία μπορούν να βγουν κερδισμένοι όλοι οι χρήστες ηλεκτρονικών υπολογιστών. Εκατομμύρια άνθρωποι και οργανισμοί σε όλο τον κόσμο, χρησιμοποιούν λύσεις Virtualization με στόχο τη μείωση του κόστους και παράλληλα προσπαθούν να αυξήσουν²⁵:

²⁵ <http://www.vmware.com/pdf/virtualization.pdf>

- την αξιοποίηση
- την αποδοτικότητα
- την προσαρμοστικότητα στον υπολογιστικό εξοπλισμό τους.

Τα οφέλη που μπορεί να αποκομίσει ένας οργανισμός από τη χρήση του Virtualization είναι τα εξής^{26 27 28}:

1. **Μείωση Κόστους Φυσικής Υποδομής:** Με το Virtualization, μπορούμε εύκολα να περιορίσουμε το σύνολο των servers και το IT hardware στο κέντρο δεδομένων. Το τελευταίο έχει ως αποτέλεσμα να μειώνονται οι ανάγκες σε κινητή περιουσία και δύναμη, οδηγώντας σε σημαντικά χαμηλότερο κόστος.
2. **Αυξημένη Διαθεσιμότητα Εφαρμογών:** Διαγράφεται το προγραμματισμένο downtime και γίνεται πραγματοποιήσιμη η γρήγορη ανάκαμψη από απροσδόκητες διακοπές λειτουργίας. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται ασφαλές backup και τα εικονικά περιβάλλοντα μετακινούνται, χωρίς καμία διακοπή στην υπηρεσία.
3. **Βελτιστοποίηση Υποδομής (Infrastructure Optimization) και Ενοποίηση Εξυπηρετητών (Server Consolidation):** Το Virtualization καταργεί την εφαρμογή του παραδοσιακού μοντέλου όπου κάθε εφαρμογή ανήκει σε έναν εξυπηρετητή και υιοθετεί την συγκέντρωση πόρων σε μία κοινή υποδομή.
4. **Βελτιωμένη Διαχειρισιμότητα και Ασφάλεια των Σταθμών Εργασίας (Desktops):** Παρέχεται η δυνατότητα στους χρήστες μέσω desktop ή οποιαδήποτε άλλη ηλεκτρονική συσκευή να διαχειρίζονται και να παρακολουθούν ένα ασφαλές περιβάλλον, όπου και να βρίσκονται ακόμα και

²⁶ http://cdn.paessler.com/common/files/pdf/whitepaper/server_virtualization_en.pdf

²⁷ <http://www.infoworld.com/article/2621446/server-virtualization/top-10-benefits-of-server-virtualization.html>

²⁸ <http://www.vmware.com/virtualization/virtualization-basics/virtualization-benefits>

αν δεν έχουν σύνδεση στο διαδίκτυο.

5. Βελτιωμένη Ευελιξία Λειτουργιών και Ανταπόκριση: Το Virtualization προσφέρει έναν ιδανικό τρόπο διαχείρισης της υποδομής ο οποίος προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα στους διαχειριστές όσον αφορά τη σπατάλη λιγότερου χρόνου σε διαδικασίες που επαναλαμβάνονται συνεχώς όπως:

- το provisioning (προμήθειες)
- η παραμετροποίηση
- η παρακολούθηση
- η συντήρηση

2.3 Πλεονεκτήματα των Virtual Machines

Τα virtual machines έχουν τέσσερα σημαντικά χαρακτηριστικά που βοηθούν τον χρήστη ²⁹:

- Απομόνωση: Τα virtual machines είναι ανεξάρτητα το ένα από το άλλο σαν να ήταν έτσι από τη φύση τους.
- Ενθυλάκωση: Τα virtual machines οικειοποιούν ένα ολοκληρωμένο υπολογιστικό περιβάλλον.
- Συμβατότητα: Τα virtual machines είναι σύμφωνα με όλους τους τυποποιημένους x86 υπολογιστές.
- Ανεξαρτησία από το Hardware: Τα virtual machines λειτουργούν μόνα τους χωρίς να στηρίζονται στο υποκείμενο hardware.

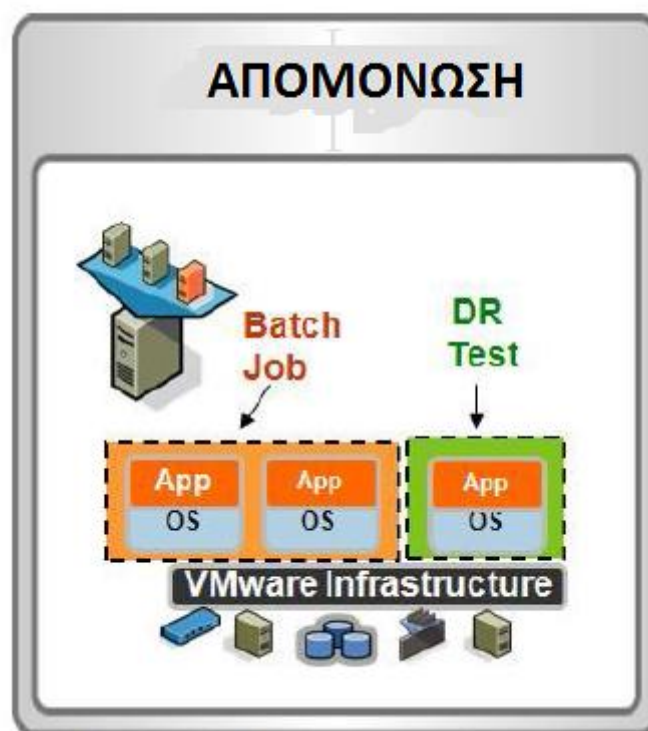
Τα παραπάνω χαρακτηριστικά αναλύονται ακολούθως:

1. Απομόνωση

Τα virtual machines είναι απομονωμένα το ένα από το άλλο λειτουργώντας σα

²⁹ http://www.cpd.iit.edu/netsecure08/ROBERT_RANDELL.pdf

να ήταν διαφορετικά μηχανήματα. Για να γίνει κατανοητό αυτό θα αναφέρουμε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα: Εάν υπάρχουν τέσσερα virtual machines σε έναν server και ένα από αυτά σταματήσει τελείως να λειτουργεί, τα άλλα τρία παραμένουν ενεργά χωρίς να σταματήσει τη διαδικασία. Η απομόνωση (εικόνα 9) είναι ένας εξαιρετικά σημαντικός λόγος για τον οποίο η ασφάλεια των εφαρμογών που τρέχουν μέσα σε ένα ιδανικό περιβάλλον υπερσχύει σε σχέση με τις αντίστοιχες εφαρμογές που τρέχουν σε ένα παραδοσιακό σύστημα ³⁰.



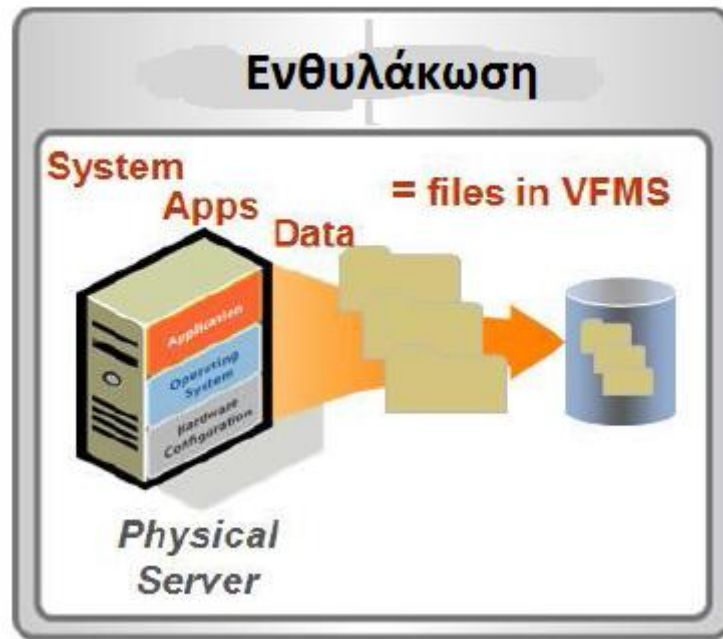
Εικόνα 9: Η απομόνωση ως ιδιότητα του Virtualization

2. Ενθυλάκωση

Ένα virtual machine είναι ένα πακέτο λογισμικού που περιέχει ένα ολοκληρωμένο σύνολο από φυσικούς πόρους, όλες τις εφαρμογές του και

³⁰ <http://www.techrepublic.com/blog/10-things/10-benefits-of-virtualization-in-the-data-center/>

ένα λειτουργικό σύστημα. Η ενθυλάκωση (εικόνα 10) καθιστά τα virtual machines εύκολα στη μεταφορά και το χειρισμό. Για παράδειγμα, μπορούμε να μεταφέρουμε ή να αντιγράψουμε ένα virtual machine από ένα μέρος σε ένα άλλο. Επίσης, μπορούμε να αποθηκεύσουμε ένα virtual machine σε οποιοδήποτε τυπικό μέσο αποθήκευσης δεδομένων όπως μία USB κάρτα μνήμης σε μέγεθος τσέπης ή ακόμα και σε μεγαλύτερα μέσα αποθήκευσης^{31 32}.



Εικόνα 10: Η ενθυλάκωση ως ιδιότητα του Virtualization

3. Συμβατότητα³³

Όπως και ένας φυσικός υπολογιστής με τον ίδιο τρόπο και ένα virtual machine φιλοξενεί το δικό του λειτουργικό σύστημα καθώς και τις εφαρμογές που χρειάζεται και έχει όλα τα αναγκαία μέρη που συναντώνται σε ένα φυσικό υπολογιστή. Αυτά είναι τα εξής:

³¹ https://www.vmware.com/files/pdf/vmware_advantage.pdf

³² <http://www.techrepublic.com/blog/10-things/10-benefits-of-virtualization-in-the-data-center/>

³³ https://www.vmware.com/files/pdf/vmware_advantage.pdf

- Motherboard
- κάρτα δικτύου
- κάρτα VGA κτλ.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, οι εικονικές μηχανές να είναι απόλυτα συμβατές με:

- όλα τα x86 λειτουργικά συστήματα
- τους οδηγούς συσκευών
- τις εφαρμογές

έτσι ώστε να είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ένα ιδεατό μηχάνημα (virtual machine) το οποίο θα τρέξει το ίδιο λογισμικό που θα «έτρεχε» και σε έναν φυσικό x86 υπολογιστή³⁴.

4. Ανεξαρτησία από το ηλεκτρομηχανικό μέρος του Η/Υ

Ένα ιδεατό μηχάνημα λειτουργεί ανεξάρτητα και μας δίνεται η ελευθερία με αυτόν τον τρόπο να το μετακινήσουμε τις εφαρμογές που χρειαζόμαστε από έναν τύπο x86 υπολογιστή σε έναν άλλο χωρίς να χρειάζονται αλλαγές στους οδηγούς συσκευών (device drivers) ή στο λειτουργικό σύστημα, ή στις εφαρμογές. Η ανεξαρτησία του από το hardware μας δίνει τη δυνατότητα να τρέχουμε διαφορετικά είδη λειτουργικών συστημάτων και εφαρμογών σε έναν φυσικό υπολογιστή.

³⁴ <http://www.techrepublic.com/blog/10-things/10-benefits-of-virtualization-in-the-data-center/>



Εικόνα 11: Η ανεξαρτησία υλικού ως ιδιότητα του Virtualization

5. Διαμερισμός^{35 36}

Τα virtual machines επιτρέπουν στον κάθε υπολογιστή να διαιρεθεί σε ξεχωριστά λογικά μέρη που το καθένα θα έχει τη δυνατότητα να τρέχει ένα λειτουργικό σύστημα και εφαρμογές την ίδια χρονική στιγμή με τα υπόλοιπα. Στην πραγματικότητα, αυτά τα ιδεατά μηχανήματα επειδή το καθένα έχει τους δικούς του αποθηκευτικούς χώρους μπορεί να τρέχουν ταυτόχρονα τα εξής:

- διαφορετικά λειτουργικά συστήματα
- λογισμικό
- περιοχές μνήμης
- δικτυακές διεπαφές

Το virtual machine monitor διαχειρίζεται την παράλληλη εκτέλεση του κάθε virtual machine στο σκληρό δίσκο του φιλοξενούμενου συστήματος. Συνήθως

³⁵ https://www.vmware.com/files/pdf/vmware_advantage.pdf

³⁶ <http://www.techrepublic.com/blog/10-things/10-benefits-of-virtualization-in-the-data-center/>

παρατηρείται ένα ποσοστό περίπου 4 έως 8 σε λειτουργία των ιδεατών μηχανημάτων. Οι ιδιότητες που έχουν στο δίκτυο και τη χωρητικότητα επιτρέπουν να τα χρησιμοποιούμε όπως τα πραγματικά μηχανήματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ - TCO

Στην ενότητα αυτή γίνεται ανάλυση της μεθοδολογίας υπολογισμού του Συνολικού Κόστους Κτήσης (Total Cost of Ownership - TCO) και της επενδυτικής απόσβεσης (Return On Investment - ROI) όσον αφορά το εύρος του όρου Virtualization. Η μεθοδολογία αυτή είναι βασισμένη στον υπολογισμό του τρόπου εξοικονόμησης του κόστους σε ποικίλες κατηγορίες προσδιορισμού κόστους. Οι κατηγορίες αυτές είναι οργανωμένες ως εξής³⁷:

- Συνένωση των Εξυπηρετητών (Server Consolidation)
- Υλικό Εξυπηρετητή
- Ισχύς Εξυπηρετητή
- Ψύξη Εξυπηρετητή
- Περιβάλλον Αποθηκευτικών Συστημάτων (storage area network - SAN)
- Ιδιοκτησία του Data Center (Data Center Real Estate)
- Διασφάλιση της Ομαλής Λειτουργίας της Επιχείρησης (Business Continuity)
- Λειτουργικές και Κεφαλαιακές Δαπάνες για Ανάκαμψη από Καταστροφή (CapEx and OpEx Disaster Recovery)
- Συντήρηση των Εξυπηρετητών (Provisioning) σε περιπτώσεις ανάνηψης από κάποιο σοβαρό σφάλμα
- Χρόνος Διακοπής Λειτουργίας για λόγους συντήρησης (General Downtime)
- Ανάνηψη από κάποια Καταστροφή ή Αστοχία του υλικού
- Διάθεση Υποδομής Εξοπλισμού (Infrastructure Provisioning)
- Διάθεση νέων ιδεατών εξυπηρετητών για επιπλέον κατανομή εργασίας (workload provisioning)
- Εγκατάσταση πλατφόρμας Virtualization

³⁷ <http://www.vmware.com/pdf/TCO.pdf>

Η ενότητα αυτή αποτελεί την βάση για έναν αναλυτικό υπολογισμό συνολικού κόστους κτήσης και λαμβάνει υπόψη κάθε μία από τις παραπάνω κατηγορίες για την περαιτέρω μείωση του TCO. Αξίζει να σημειωθεί ότι αν και η παρακάτω μελέτη αφορά μία συγκεκριμένη υπηρεσία Virtualization (VMware), μπορεί αντίστοιχα να χρησιμοποιηθεί για οποιαδήποτε μελέτη ανεξαρτήτως παρόχου.

Η TCO μεθοδολογία έχει ελεγχθεί και εγκριθεί από ειδικούς της Gartner στη συμβουλευτική εταιρία Alinean Inc. Η μεθοδολογία χρησιμοποιεί βιομηχανική έρευνα, δεδομένα από εταιρίες, οικονομικές τεχνικές και δεδομένα χρηστών για τη σύγκριση της εξοικονόμησης διαφόρων εφαρμογών στη διαδικασία του TCO.

3.1 Ορολογία

Για την περιγραφή της μεθοδολογίας υπολογισμού του TCO, χρησιμοποιούνται ποικίλοι όροι σε κάθε υποενότητα. Ο παρακάτω πίνακας δίνει μια συνολική εικόνα των διαφόρων μεταβλητών που χρησιμοποιούνται στις μεθόδους.³⁸

Πίνακας 1: Μεταβλητές υπολογισμού TCO

Μεταβλητή	Περιγραφή	Προεπιλεγμένη Τιμή
VI _{\$(ENI)}	Κόστος μονάδας του VMware Infrastructure 3 Enterprise	\$5.750 (τιμή καταλόγου US\$)
VI _{\$(STD)}	Κόστος μονάδας του VMware Infrastructure 3 Standard	\$3.750 (τιμή καταλόγου US\$)

³⁸ <http://www.vmware.com/pdf/TCO.pdf>

$VI_{\$}(SIRI)$	Κόστος μονάδας του VMware Infrastructure 3 Starter	\$1.000 (τιμή καταλόγου US\$)
$VC_{\$}$	Κόστος μονάδας του VirtualCenter Management Center	\$5.000 (τιμή καταλόγου US\$)
S	Παράγοντας συνδρομής -ποσοστό της τιμής μονάδας που επιφέρει ετήσια τέλη	21% (Go1d) 25% (Platinum)
S_{total}	Αριθμός φυσικών servers ανά CPU	Πληροφορία από τον επιχειρήση/πελάτη
$S_{\$}$	Κόστος ανά φυσικό server ανά CPU	Πριν/Μετά 1 CPU: \$4.000 I \$4.000 2 CPU: \$6.500 I \$ 10.000 4 CPU: \$ 14.000 I \$23.000 8 CPU: \$30.000 I \$45.000 16 CPU: \$ 140.000 I \$160.000 32 CPU: \$275.000 I \$32.0000

R_{total}	Συνολικό πλήθος racks	Παρέχεται από την επιχειρήση
r	Δείκτης Ετήσιου Ποσοστού	6,00%
$D_{\$}$	Κόστος downtime / ώρα	\$20.000
τ_u	Μη προβλεπόμενο downtime / έτος	15 ώρες
k_u	Παράγοντας μείωσης του απρόσμενου downtime	25%
τ_R	Χρόνος για πλήρη ανάκαμψη μετά από καταστροφή	40 ώρες
k_R	Παράγοντας μείωσης του χρόνου ανάκαμψης	25%
I_{ESX}	Πλήθος εγκαταστάσεων ESX (Πλήθος servers μετά το Virtualization)	Παρέχεται από την επιχειρήση
t_{ESX}	Ωρες / εγκατάσταση ESX	2

S_{LIFE}	Ωφέλιμος χρόνος ζωής του server (ρυθμός ανανέωσης)	3 Χρόνια
------------	--	----------

W_{PROV}	Συνολικά φορτία εργασίας (workloads) που διατίθενται/παράγονται (provisioned) ανά έτος	Μη διαθέσιμη πληροφορία
t_{PROV}	Συνολικές ώρες για να τη διάθεση (provisioning) ενός workload	20 ώρες (χωρίς VMware) 1 ώρα (με VMware)
k_{PT}	Παράγοντας μείωσης χρόνου provisioning	13,48 ώρες
$S_{titlprwr}$	Άθροισμα όλων των ονομαστικών τιμών ισχύος ολόκληρου του δικτύου υπολογιστών σε kW.	Πριν/Μετά CPU: 475W I 550W CPU: 550W I 675W 4 CPU: 950W I 1150W 8 CPU: 1600W I 1900W 16 CPU: 4400W I 5200W 32 CPU: 9200W I 11000W
$E_{\$}$	Κόστος kWh	\$0,0813 (Μέση εμπορική τιμή για τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής το 2005)
λ	Σταθερά σταθερής κατάστασης	0,67
L	Παράγοντας Φορτίου Ψύξης- ποσότητα ισχύος που καταναλώνεται από τον εξοπλισμό ψύξης για 1W εκλυόμενης θερμότητας	0,8
ρ	Σταθερά Ροής Αέρα - Η ροή αέρα που απαιτείται για την ψύξη του κέντρου δεδομένων (data center)	25%

W_{ratio}	Μέσο πλήθος φόρτου εργασίας (workloads) ανά CPU	4
δ	Σταθερά Ανεπάρκειας (*Υγρανση)- Ροή αέρα για τον υπολογισμό της επιβαρύνουσας ύγρανσης	25%
N_{SANSW}	Αριθμός νέων SAN / χρόνο	Υπολογίζεται από το συνολικό αριθμό των servers
N_{HBA}	Αριθμός νέων οπτικών καρτών (HBAs) ανά χρόνο	2 HBAs/server
$P_{\$(HBA)}$	Κόστος ανά HBA	\$ 1.000
$P_{\$(SWITCH)}$	Κόστος ανά SAN switch	\$5.000
$P_{\$(STORAGE)}$	Τιμή ανά terabyte χωρητικότητας	\$6.000
σ_{TOTAL}	SAN χωρητικότητα	20 GB
N	Ποσοστό των servers που είναι συνδεδεμένοι στο SAN	25% πριν, 100% μετά (όλα τα VMs θα είναι στο SAN)
N_{NETSW}	Αριθμός νέων δικτυακών μεταγωγών ανά έτος	Υπολογίζεται από το συνολικό αριθμό των servers
S_{NIC}	Αριθμός καρτών δικτύου (NIC) ανά server	Πριν: 2 /server Μετά : 3 / server
P_n	Θύρες / κάρτα δικτύου	1
$P_{\$(NETSW)}$	Κόστος ανά SAN switch	\$4.000
$A_{\$}$	Κόστος ανά τετραγωνικό πόδι για την δημιουργία του κέντρου δεδομένων	\$600
R_{sf}	Τετραγωνικό πόδι / rack	7
R_{SPACE}	Ποσοστό χώρου που χρησιμοποιείται από τα racks	30%

3.2 FOO INC: Παράδειγμα υλοποίησης ενοποίησης εξυπηρετητή (server consolidation)

Στο παράδειγμα αυτό, γίνεται αναφορά σε μία υποθετική επιχείρηση, την Foo Inc., που χρησιμοποιείται για να παρουσιαστούν οι λεπτομέρειες υπολογισμού του TCO για κάποιες από τις προαναφερθείσες κατηγορίες. Για να υπάρχει μια λογική ακολουθία στο παράδειγμα, χρησιμοποιούνται ίδιες τιμές στις μεταβλητές για τα διαφορετικά παραδείγματα.

Η Foo διαθέτει περιβάλλον με την ακόλουθη σύνθεση από servers:

Πίνακας 2: Σύνθεση servers της Foo

# 1 CPU Servers	300
# 2 CPUs Servers	500
# 4 CPUs Servers	200

3.3 Ενοποίηση Εξυπηρετητών (Server Consolidation)³⁹

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η μεθοδολογία για τον υπολογισμό του TCO όσον αφορά την ενοποίηση των server.

³⁹ <http://www.vmware.com/pdf/TCO.pdf>

3.3.1 Server Hardware

Η ενοποίηση των server έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση σε ανάγκες για υλικό, καθώς οι απαιτήσεις για καινούριο hardware μειώνονται δραματικά. Η εξοικονόμηση σε υλικό γίνεται δυνατή με τη σύγκριση του αριθμού των servers που αγοράζονται κάθε χρόνο με και χωρίς χρήση Virtualization. Διαιρώντας αυτό τον αριθμό με το Ωφέλιμο Χρόνο Ζωής των Servers, εξάγεται η ετήσια εξοικονόμηση. Η διαφορά στο κόστος για τις προμήθειες hardware αντιπροσωπεύει την μείωση στο TCO λόγω της χρήσης του Virtualization.

Η είσοδος του μοντέλου αποτελείται από τον αριθμό των servers που προκύπτουν βάσει του αριθμού των CPU's ανά μηχανήμα. Για τον υπολογισμό του μοντέλου, θεωρείται ότι ανά επεξεργαστή, λειτουργούν 4 virtual machines, με τη δυνατότητα αύξησής του αν αυτό είναι επιθυμητό.

Πίνακας 3: Μεταβλητές υπολογισμού μείωσης του κόστους κτήσης για υλικό εξυπηρετητή με χρήση Virtualization

Είσοδος	Περιγραφή	Τιμή	Πηγή
S_{total}	Αριθμός φυσικών servers / CPU	Μη διαθέσιμο	Πληροφορία από την επιχείρηση
S_s	Κόστος ανά φυσικό server κατηγοριοποιημένο / CPU	Πριν/Μετά 1 CPU: \$4.000/\$4.000 2 CPU: \$6.500/\$10.000 4 CPU: \$14.000 / \$23.000 8 CPU: \$30.000/\$45.000 16 CPU: \$140.000/\$160.000	Μέσες τιμές λιανικής για Dell, HP και IBM servers

		32 CPU: \$275.000/ \$320.000	
S_{LIFE}	Ωφέλιμος χρόνος ζωής του server (ρυθμός ανανέωσης)	3 Χρόνια	Εκτίμηση της VMware
W_{ratio}	Μέσο πλήθος φορτίων εργασίας (workloads) / CPU	4	Εκτίμηση της VMware

$$\text{Εξοικονόμηση υλικού} = \left(\frac{S_{TOTAL} \cdot S_{\$}}{S_{LIFE}} \right)_{\text{Πριν}} - \left(\frac{S_{TOTAL} \cdot S_{\$}}{S_{LIFE}} \right)_{\text{Μετά}}$$

Υποθέσεις:

- Η ανανέωση στο υλικό του εξυπηρετητή γίνεται ως εξής:
 - Το hardware ανανεώνεται κάθε τρία χρόνια ελλείψει virtualization.
 - Σε περίπτωση χρήσης Virtualization, όλο το hardware αγοράζεται εκ νέου την στιγμή της εγκατάστασης. Επομένως, δε γίνεται ανανέωση του hardware το προαναφερθέν διάστημα μετά την πρώτη αγορά.
- Τα κόστη φθοράς και απόσβεσης δεν συμπεριλαμβάνονται σε αυτό τον υπολογισμό.

Παράδειγμα

Η Foo Inc. έχει προς το παρόν 1000 servers και εκτιμά πως οι ανάγκες σε hardware μετά τη χρήση του Virtualization θα έχουν ως εξής:

Πίνακας 4: Σύνθεση των server της Foo πριν και μετά το Virtualization σε αναλογία με τον αριθμό των CPUs

	Προ Virtualization		Μετά Virtualization	
Τύπος	Ποσότητα	Τιμή	Ποσότητα	Τιμή
1 CPU	300	\$4.000	0	\$4.000
2CPU	500	\$6.500	38	\$10.000
4CPU	200	\$14.000	38	\$23.000
8 CPU	0	\$30.000	4	\$45.000

Επομένως, το κόστος για το υλικό σε συνθήκες μη χρήσης του virtualization έχει ως εξής:

$$(300)(\$4000) + (500)(\$6500) + (200)(\$14000) = \$2.416.667$$

Με χρήση της πλατφόρμας του VMware Virtualization, όλα τα κόστη σε hardware απορροφώνται τον πρώτο χρόνο μιας και το νέο hardware αγοράζεται στην αρχή του έργου:

$$(38)(\$10000) + (38)(\$30000) + (4)(\$45000) = \$1.434.000$$

3.3.2 Ισχύς

Η κατανάλωση ισχύος στο data center μπορεί να χωριστεί σε δύο κύριες κατηγορίες:

- Computing Infrastructure (φορτία IT): Υλικό εξυπηρετητή, στοιχεία SAN,

παροχείς δικτύου, κοκ.

- Ηλεκτρολογική καλωδίωση, Φυσική υποδομή δικτύου (Network Critical Physical Infrastructure – NCPI), φωτισμός, συστήματα αδιάκοπης παροχής ρεύματος (uninterruptible power supplies - UPS), ανεμιστήρες, μετασχηματιστές, κλιματιστικά και αντλίες.

Το πλήρες μοντέλο μελέτης πρέπει να λαμβάνει υπόψη όλες τις πιθανές κατηγορίες κατανάλωσης ισχύος που προαναφέρθηκαν. Επιπλέον, το κόστος ισχύος υπολογίζεται εκτιμώντας τη διαφορά κατανάλωσης ισχύος των εξυπηρετητών πριν και μετά τη χρήση του Virtualization. Για λόγους απλότητας, στις επόμενες ενότητες δίνεται έμφαση μόνο στην ισχύ που εξοικονομείται λόγω της μείωσης στο υλικό των servers.

Η ισχύς που καταναλώνεται από τους servers υπολογίζεται αθροίζοντας την κατανάλωση ισχύος του κάθε server στο data center. Καθώς αυτός ο αριθμός αντιπροσωπεύει την μέγιστη ισχύ που χρησιμοποιείται, θα πρέπει να προσαρμοστεί αντίστοιχα για να επιτευχθεί ένας μέσος υπολογισμός κατάστασης στην κατανάλωση ισχύος. Η μέση αυτή σταθερά κατάσταση έχει καθοριστεί εμπειρικά. Σύμφωνα με το American Power Conversion Corporation και τη Forrester Research Inc., οι servers με αρχιτεκτονική x86 σε κατάσταση ηρεμίας καταναλώνουν ισχύ που κυμαίνεται μεταξύ του 30% και 40% της μέγιστης καταναλισκόμενης ισχύος.

Η κατανάλωση ισχύος υπολογίζεται συνήθως με βάσει τον αριθμό μονάδων (units) του server (1U, 2U, 4U, ...). Στη μεθοδολογία αυτή θεωρείται ότι το πλήθος των μονάδων επεξεργασίας συσχετίζεται με τα u σύμφωνα με τα παρακάτω:

- $1 \text{ CPU} = 1U$
- $2 \text{ CPUs} = 2U$
- $4 \text{ CPUs} = 4U$
- $8 \text{ CPUs} = 6U$
- $16 \text{ CPUs} = 12U$
- $32 \text{ CPUs} = 24U$

Πίνακας 5: Μεταβλητές υπολογισμού μείωσης του κόστους ισχύος κατά τη χρήση Virtualization

Είσοδος	Περιγραφή	Προεπιλεγμένη Τιμή	Πηγή
$S_{TTL PWR}$	Άθροισμα όλων των ονομαστικών τιμών κατανάλωσης ισχύος ολόκληρης της εγκατάστασης στο data center σε kW.	Πριν/Μετά 1 CPU: 475W/550W 2 CPU: 550W/675W 4 CPU: 950W/1150W 8 CPU: 1600W/1900W 16 CPU: 4400W/5200W 32 CPU: 9200W/11000W	Διαθέσιμο από τον δικτυακό τόπο των κατασκευαστών (προδιαγραφές servers).
$E_{\$}$	Κόστος / ώρα ενός kW ηλεκτρισμού.	\$0,0813 (Μέση τιμή για τις ΗΠΑ το 2005)	Διοίκηση Πληροφοριών Ενέργειας
λ	Σταθερά σταθερής κατάστασης	0,67	Ο μέσος όρος καταναλώσεων ισχύος είναι 30% υψηλότερος από το φορτίο σταθερής κατάστασης

Υπολογισμός TCO

$$Eξοικονόμηση \text{ Ισχύος} = \lambda E_{\$} [(S_{TTL PWR})_{\text{πριν}} - (S_{TTL PWR})_{\text{μετά}}]$$

Υποθέσεις:

- Η χρήση των κεντρικών μονάδων επεξεργασίας (CPU) θα αυξηθεί με το Virtualization με αποτέλεσμα να αυξηθεί επίσης και η κατανάλωση ισχύος. Η ακριβής αλληλοσυσχέτιση ανάμεσα στην κατανάλωση ισχύος και τη χρήση της CPU είναι δύσκολο να επιτευχθεί, καθώς η κατανάλωση ισχύος ανά επεξεργαστή διαφέρει από μοντέλο σε μοντέλο και από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Η αύξηση αυτή λαμβάνεται υπόψη αυξάνοντας την κατανάλωση ισχύος ανά μονάδα πριν και μετά την εφαρμογή του Virtualization. Παρόλα αυτά, με τη χρήση του online εργαλείου διαστασιοποίησης της Dell, καθίσταται δυνατή η εκτίμηση της αλλαγής στην κατανάλωση ισχύος ανάλογα με τον τύπο του φορτίου. Η Dell προσφέρει τις ακόλουθες κατηγορίες φορτίου: Κατάσταση Ηρεμίας, φορτίο σε έντονη επεξεργαστική ισχύ (Processor Intensive), φορτίο για απαιτητική είσοδο/έξοδο δεδομένων (I/O Intensive) και μέσο φορτίο. Ένα φορτίο σε έντονη επεξεργαστική ισχύ μπορεί να καταναλώσει μέχρι και 150W περισσότερα από ένα αντίστοιχο φορτίο σε κατάσταση ηρεμίας, και 80W περισσότερα από ένα μέσο φορτίο (σύμφωνα με την εφαρμογή της Dell).

Παράδειγμα:

Η Foo Inc. πληρώνει \$0,0813 ανά kWh ηλεκτρισμού. Η κατανάλωση ισχύος του υλικού των συστημάτων της Foo Inc. δίδεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 6: Κατανάλωση ισχύος του υλικού των συστημάτων της Foo πριν και μετά το Virtualization

	Πριν		Μετά	
Τύπος	Ποσότητα	Κατανάλωση Ισχύος	Ποσότητα	Κατανάλωση Ισχύος
1 CPU	300	475W	0	550W

2CPU	500	550W	38	675W
4CPU	200	950W	38	1150W
8CPU	0	1600W	4	1900W

Το ετήσιο κόστος ισχύος των servers πριν από την χρήση Virtualization είναι:

Κόστος ισχύος_(πριν) =

$$(0,67)(0.0883\$/KWh)[(300)(0,475kW) + (500)(0,55kW) + (200)(0,95kW)] 24 \text{ ώρες} \times 365 \text{ μέρες} = \$289.878$$

Το ετήσιο κόστος ισχύος των servers μετά την χρήση Virtualization είναι:

Κόστος Ισχύος_(μετά) = (0,67)(\$0,0813/kWh)

$$[(38) (0,675kW) + (38) (1,15kW) + (4)(1,90kW)] 24 \text{ ώρες} \times 365 \text{ μέρες} = \$36.718$$

3.3.3 Ψύξη

Όπως είναι λογικό, όλος ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός ενός data center παράγει θερμότητα. Στα στοιχεία που παράγουν θερμότητα συγκαταλέγονται:

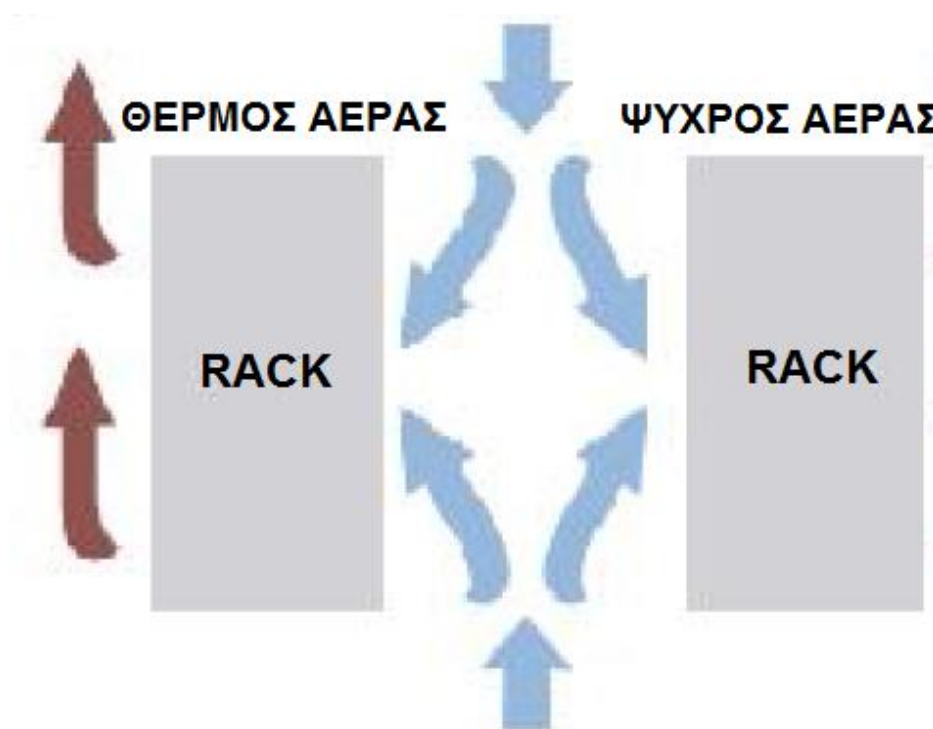
- ο εξοπλισμός πληροφορικής (servers, switches, στοιχεία του SAN)
- τα συστήματα παροχής ισχύος (UPS, Διανομείς Ισχύος)
- οι μονάδες κλιματισμού
- ο φωτισμός
- το εργατικό δυναμικό.

Για λόγους απλούστευσης, η ανάλυση θα επικεντρωθεί αποκλειστικά στην θερμότητα που εκλύεται από τους servers.

Ο σχεδιασμός του data center παίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του κόστους ψύξης και της θερμικής απόδοσης. Μία λύση που εφαρμόζουν πολλά data centers είναι η χρήση μιας διάταξης εμπρός-πίσω, κατά την οποία οι servers

τοποθετούνται στην ίδια κατεύθυνση, με αποτέλεσμα η εκλυόμενη θερμότητα από το πίσω μέρος ενός να τροφοδοτείται απευθείας στην εισαγωγή αέρα του εμπρός μέρους ενός άλλου εξυπηρετητή.

Μία καλύτερη και αποδοτικότερη προσέγγιση είναι η διάταξη hot-aisle/cold-aisle (θερμός διάδρομος/ψυχρός διάδρομος), η οποία περιορίζει τις μη αποδεκτές θερμοκρασιακές ενδείξεις που σχετίζονται με τη χρήση της διάταξης εμπρός-πίσω.



Εικόνα 12: Διάταξη hot-aisle/cold-aisle

Παρόλη την ύπαρξη μιας βελτιστοποιημένης διάταξης στο κέντρο δεδομένων, υπάρχει ακόμα η ανάγκη ύπαρξης πλεονάζουσας ροής αέρα κατά 25%. Επιπλέον, πολλά κέντρα δεδομένων έχουν θερμά σημεία, όπου η πυκνότητα θερμότητας είναι μεγαλύτερη από ό,τι σε άλλα σημεία. Η εστιασμένος πλεονασμός ικανοποιεί τοπικές ανάγκες ψύξης του data center. Σε περίπτωση βλάβης μιας μονάδας κλιματισμού του Δωματίου Υπολογιστών (Computer Room Air Conditioning - CRAC), ο πλεονασμός σε ροή αέρα θα συνεχίσει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις για ψύξη.

Τα κέντρα δεδομένων, πέραν από τις απαιτήσεις που προαναφέρθηκαν για επιπρόσθετη ροή αέρα, είναι απαραίτητη η ύπαρξη αέρα για τις ανεπάρκειες που σχετίζονται με την υγρασία, η οποία χρησιμοποιείται για να μειώσει την πιθανότητα ζημιάς από στατικό ηλεκτρισμό. Για να διατηρηθεί ένα αποδεκτό επίπεδο υγρασίας, χρειάζεται επιπρόσθετη υγρασία, που δημιουργεί πρόσθετο φορτίο στις μονάδες CRAC ⁴⁰. Ωστόσο, τα περισσότερα συστήματα κλιματισμού, προκαλούν έλλειψη υγρασίας λόγω της λειτουργίας ψύξης του αέρα, ενεργοποιώντας με αυτόν τον τρόπο την υγραποίηση του ατμών. Γενικότερα, το πρόσθετο φορτίο ανέρχεται και σε επίπεδα του 30% του τυπικού φορτίου.

Σαν πρώτη προσέγγιση, η εναλασσύμενη ισχύς που καταναλώνεται στο data center μετατρέπεται πλήρως σε θερμότητα. Με τον τρόπο αυτό, η κατανάλωση ισχύος - μετρημένη σε Watt - του υλικού του εξυπηρετητή είναι ίση με την αντίστοιχη εκπομπή θερμότητας. Επιπλέον, σύμφωνα με πειράματα που έχουν διεξαχθεί στα εργαστήρια της HP, ο εξοπλισμός ψύξης στο data center (Load Factor L) για κάθε 1W εκλυόμενης θερμότητας είναι ίσος με 0.8W. Η τιμή αυτή επιβεβαιώνεται από την Forrester Research Inc., που εκτιμά ότι 0.5 με 1.0W ισχύος απαιτείται για να απορροφηθεί 1W θερμότητας ⁴¹. Λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω ισχυρισμούς, γίνεται δυνατός ο υπολογισμός του συνολικού κόστους ψύξης.

⁴⁰ http://www.vmware.com/files/pdf/technology/True_Cost_Virtual_Server_Solutions.pdf

⁴¹ http://www.vmware.com/files/pdf/technology/True_Cost_Virtual_Server_Solutions.pdf

Είσοδοι

Πίνακας 7: Μεταβλητές υπολογισμού μείωσης στο κόστος ψύξης με χρήση
Virtualization

Είσοδος	Περιγραφή	Προεπιλεγμένη Τιμή	Πηγή
$S_{TTL PWR}$	Άθροισμα όλων των τιμών κατανάλωσης ισχύος του data center σε kW.	Πρω/Μετά CPU: 475W I 550W CPU: 550W I 675W 4 CPU: 950W I 1150W 8 CPU: 1600W I 1900W 16 CPU: 4400W I 5200W 32 CPU: 9200W I 11000W	Διαθέσιμο από τον δικτυακό τόπο των κατασκευαστών
E_s	Κόστος / ώρα ενός kW ηλεκτρισμού.	\$0,0813 (Μέση για τις ΗΠΑ το 2005)	Διοίκηση Πληροφοριών Ενέργειας
λ	Σταθερά σταθερής κατάστασης	0,67	Ο μέσος όρος καταναλώσεων ισχύος είναι 30% υψηλότερος από το φορτίο σταθερής κατάστασης

L	Παράγοντας Φορτίου Ψύξης- ποσότητα ισχύος που καταναλώνεται από τον εξοπλισμό ψύξης για 1W εκλυόμενης θερμότητας	0,8	Εμπειρικά ορισμένο στα εργαστήρια της HP
ρ	Σταθερά Ροής Αέρα - Η ροή αέρα που απαιτείται για την ψύξη του κέντρου δεδομένων (data center)	25%	SearchDataCenter .com
δ	Σταθερά Ανεπάρκειας (*Υγρανση) - Ροή αέρα για τον υπολογισμό της επιβαρύνουσας ύγρανσης	25%	SearchDataCenter.com

Υπολογισμός TCO

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\psi\upsilon\chi\eta\varsigma} = (\lambda L E_{\$} (1+\rho)/\delta) [(S_{\pi}LPWR)_{\pi\upsilon\upsilon\nu} - (S_{\pi}PWR)_{\mu\epsilon\tau\acute{\alpha}}]$$

Υποθέσεις:

- Ο υπολογισμός αυτός δεν περιλαμβάνει το κόστος συντήρησης και το κόστος απόσβεσης των συστημάτων ψύξης και συστημάτων τροφοδοσίας.

Παράδειγμα:

Η ισχύς που καταναλώνεται από τους servers της Foo Inc. επαναλαμβάνεται παρακάτω για λόγους ευκολίας στον αναγνώστη.

**Πίνακας 8: Κατανάλωση ισχύος του υλικού της Foo πριν και μετά το
Virtualization**

	Πριν		Μετά	
Τύπος	Ποσότητα	Κατανάλωση Ισχύος	Ποσότητα	Κατανάλωση Ισχύος
1 CPU	300	475W	0	550W
2 CPU	500	550W	38	675W
4 CPU	200	950W	38	1150W
8 CPU	0	1600W	4	1900W

Η Foo Inc. υπολογίζει τη συνολική ισχύ των εξυπηρετητών αθροίζοντας την αντίστοιχη ονομαστική ισχύς κάθε μηχανήματος και καθορίζει ότι 407 kW ισχύος σταθερής κατάστασης καταναλώνονται πριν από το Virtualization και 51.6 kW καταναλώνονται μετά την εφαρμογή του. Επομένως, το κόστος για την ψύξη αυτής της εκλυόμενης θερμότητας στο τρέχον περιβάλλον είναι συνεπώς:

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{ψύξης(πριν)}} = [(0,8)(\$0,0813/\text{kWh}) (1,25)(1,25)] [407\text{kW}] \times 24 \text{ ώρες} \times 365 \text{ μέρες} = \$362,348$$

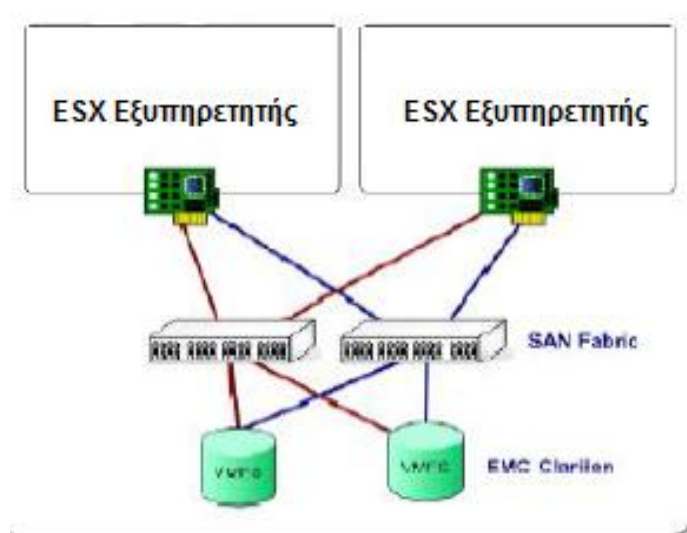
Με τη χρήση Virtualization, αυτό κόστος μειώνεται στο ακόλουθο:
 $\text{Εξοικονόμηση}_{\text{ψύξης(μετά)}} = [(0,8)(\$0,0813/\text{kWh}) (1,25)(1,25)] [51,6\text{kW}] 24 \text{ ώρες} \times 365 \text{ μέρες} = \$45,897$

3.4 Περιβάλλον Αποθηκευτικών Συστημάτων (SAN)

Το Virtualization είναι ένα σημαντικό κίνητρο για μετάβαση σε υποδομή κοινού χώρου αποθήκευσης και οι εταιρίες που υλοποιούν το Virtualization είναι πολύ πιθανό να επενδύσουν περισσότερο σε αυτή την προσέγγιση. Για το λόγο αυτό, η αρχιτεκτονική του SAN τείνει να αλλάξει με τη χρήση του Virtualization. Παρόλα αυτά, οι εταιρίες ήταν εδώ και καιρό πεπεισμένες για τα πλεονεκτήματα του κοινού χώρου αποθήκευσης ακόμα και πριν καταφύγουν στη λύση του Virtualization, όμως το κόστος που ήταν απαραίτητο για την υλοποίησή του, ήταν απαγορευτικό.

Η ενοποίηση των εξυπηρετητών με virtualization, κατάφερε να μειώσει δραματικά αυτό το κόστος, με την παράλληλη μείωση του αριθμού των μονάδων SAN και των οπτικών καρτών. Η παραπάνω μείωση που προκύπτει από το Virtualization στον παραπάνω εξοπλισμό, αποφέρει την αλλαγή στο συνολικό κόστος κτήσης

Στην παρακάτω εικόνα, φαίνεται ένα διάγραμμα μιας τυπικής αρχιτεκτονικής SAN. Στο διάγραμμα αυτό, στην «ομάδα» των SAN φιλοξενούνται τα switches, που αντιπροσωπεύουν ένα μεγάλο ποσοστό της μείωσης του TCO.



Εικόνα 13: Διάταξη SAN

Είσοδοι

Πίνακας 9: Μεταβλητές υπολογισμού μείωσης στο κόστος του SAN με χρήση Virtualization

Είσοδος	Περιγραφή	Προεπιλεγμένη Τιμή	Πηγή
N_{sansw}	Αριθμός SAN switches / έτος	Ο αριθμός υπολογίζεται από το συνολικό αριθμό των εξυπηρετητών (θεωρούμε ότι τα switches είναι υπό πλήρη προστασία)	Δεδομένα που δίδονται από την επιχείρηση
N_{HBA}	Αριθμός νέων HBAs / χρόνο	2 HBAs / νέο server	Δεδομένα που δίδονται από την επιχείρηση
$P_{\$(\text{HBA})}$	Κόστος / HBA	\$1.000	Έρευνα από τη CDW για διάφορες οπτικές κάρτες
$P_{\$(\text{SWITCH})}$	Κόστος / SAN switch	\$5.000	Έρευνα από τη CDW για switches

$P_{\$(STORAGE)}$	Τιμή ανά terabyte χωρητικότητας	\$6.000	Ερευνα για χωρητικότητα από την CDW
σ_{total}	Χωρητικότητα SAN	Υπόθεση για 20GB εικονικό μηχανήμα	20GB ανά VM (συντηρητική εκτίμηση)
S_{LIFE}	Ωφέλιμος χρόνος ζωής του server (αναφέρεται και ως ρυθμός ανανέωσης)	3 Χρόνια	Εκτίμηση της VMware
n	Ποσοστό των servers που είναι συνδεδεμένοι στο SAN	25% πριν το virtualization, 100% μετά (όλα τα VMs θα είναι στο SAN)	Δεδομένα που δίδονται από την επιχείρηση

Υπολογισμός TCO:

$$\text{Εξοικονόμηση}_{HBA} = \left[\frac{(N_{HBA})(P_{\$(HBA)})}{S_{LIFE}} \right]_{\text{Πριν}} - \left[\frac{(N_{HBA})(P_{\$(HBA)})}{S_{LIFE}} \right]_{\text{Μετά}}$$

$$\text{Εξοικονόμηση}_{SANSW} = \left[\frac{(N_{SANSW})(P_{\$(SANSW)})}{S_{LIFE}} \right]_{\text{Πριν}} - \left[\frac{(N_{SANSW})(P_{\$(SANSW)})}{S_{LIFE}} \right]_{\text{Μετά}}$$

$$\text{Εξοικονόμηση}_{STORAGE} = \left[\frac{\sigma P_{\$(STORAGE)}}{S_{LIFE}} \right]_{\text{Πριν}} - \left[\frac{\sigma P_{\$(STORAGE)}}{S_{LIFE}} \right]_{\text{Μετά}}$$

Λόγω της υπόθεσης για 2 HBAs ανά server, ο αριθμός των HBAs υπολογίζεται ως εξής: $N_{HBA} = 2n(S_{total})$

Ομοίως, για τον υπολογισμό του αριθμού των SAN switches αφού ληφθεί υπόψη ότι ο αριθμός πολλαπλασιάζεται με το 2 λόγω των επιπλέον διακοπών, υπολογίζεται ως εξής.

$$N_{sansw} = 2n(S_{total} / 24)$$

Σημείωση: Αυτός ο τύπος συμπεριφέρεται σα βηματική συνάρτηση και θα πρέπει πάντα να στρογγυλοποιείται στον κοντινότερο ακέραιο αριθμό. Για παράδειγμα, αν υπάρχουν μόνο 6 servers στο περιβάλλον, $S_{total} / 24 = 0,25$, το οποίο στρογγυλοποιείται στο 1, άρα ο συνολικός αριθμός διακοπών είναι ίσος με 2.

Υποθέσεις:

- Υπάρχουν 2 οπτικές κάρτες / server
- Υπάρχει εξοικονόμηση στο storage και από άλλα στοιχεία, όπως λιγότερη καλωδίωση, λιγότερη κατανάλωση ισχύος, κτλ. Παρόλα αυτά, για λόγους απλότητας, αυτά τα στοιχεία παραλείπονται.
- Τα SAN switches, οι οπτικές κάρτες (HBAs), και το SAN storage
- ανανεώνονται με τον ίδιο ρυθμό όπως και οι εξυπηρετητές
- Στους υπολογισμούς που γίνονται υποτίθεται ότι όλοι οι servers που γίνονται virtualize είναι συνδεδεμένοι. Για λόγους μοντελοποίησης όμως, μπορεί να συμπεριληφθεί ένας παράγοντας που υποδεικνύει το ποσοστό των servers που είναι συνδεδεμένοι στο SAN.

Παράδειγμα ⁴²

Σε αυτό το παράδειγμα της Foo Inc, η επιχείρηση μεταβαίνει από 1000 σε 80 φυσικούς servers. Ισχύουν οι ακόλουθες τιμές για τα στοιχεία του SAN:

$$P_{\$(HBA)} = \$1.000 \quad P_{\$(SANSW)} = \$5.000 \quad P_{\$(STORAGE)} = \$6.000$$

Αρχικά, υπολογίζεται ο αριθμός των μονάδων χωρητικότητας και δικτύωσης που απαιτούνται. Καθώς θα «εικονικοποιηθούν» 1000 φορτία εργασίας (workloads), η χωρητικότητα SAN θα αυξηθεί σύμφωνα με τον ακόλουθο υπολογισμό:

$$\text{Storage} = 5\text{TB} + (1000\text{Workloads}) \left(\frac{20\text{GB}}{\text{Workloads}} \right) \left(\frac{1\text{TB}}{1000\text{GB}} \right) = 25\text{TB}$$

Υποθέτοντας ότι υπάρχουν 2 HBAs / server, το 25% των servers είναι εκ των προτέρων συνδεδεμένο στο SAN, και όλοι οι servers είναι συνδεδεμένοι στο SAN μετά την εφαρμογή του virtualization, ο συνολικός αριθμός των HBAs που απαιτείται είναι:

$$N_{\text{HBA}(\text{πριν})} = 2(1000)(25\%) = 500$$

$$N_{\text{HBA}(\text{μετά})} = 2(80)(100\%) = 160$$

Υποθέτοντας την ύπαρξη διπλών (redundant) switches, τα συνολικά switches που απαιτούνται είναι:

$$N_{\text{HBA}(\text{Πριν})} = 2(1000)(25\%) = 500$$

$$N_{\text{HBA}(\text{Μετά})} = 2(80)(100\%) = 160$$

⁴² http://www.vmware.com/files/pdf/technology/True_Cost_Virtual_Server_Solutions.pdf

Η ετήσια εξοικονόμηση στον αποθηκευτικό χώρο και στο δίκτυο υπολογίζεται ως εξής:

HBA's:

$$\text{Κόστος}_{\text{HBA}(\text{Πριν})} = \frac{(500)(\$1000)}{3} = \$166.667$$

$$\text{Κόστος}_{\text{HBA}(\text{Μετά})} = \frac{(160)(\$1000)}{3} = \$53.333$$

SAN Switches:

$$\text{Κόστος}_{\text{SAN SW}(\text{Πριν})} = \frac{(22)(\$5000)}{3} = \$36.667$$

$$\text{Κόστος}_{\text{SAN SW}(\text{Μετά})} = \frac{(8)(\$5000)}{3} = \$13.333$$

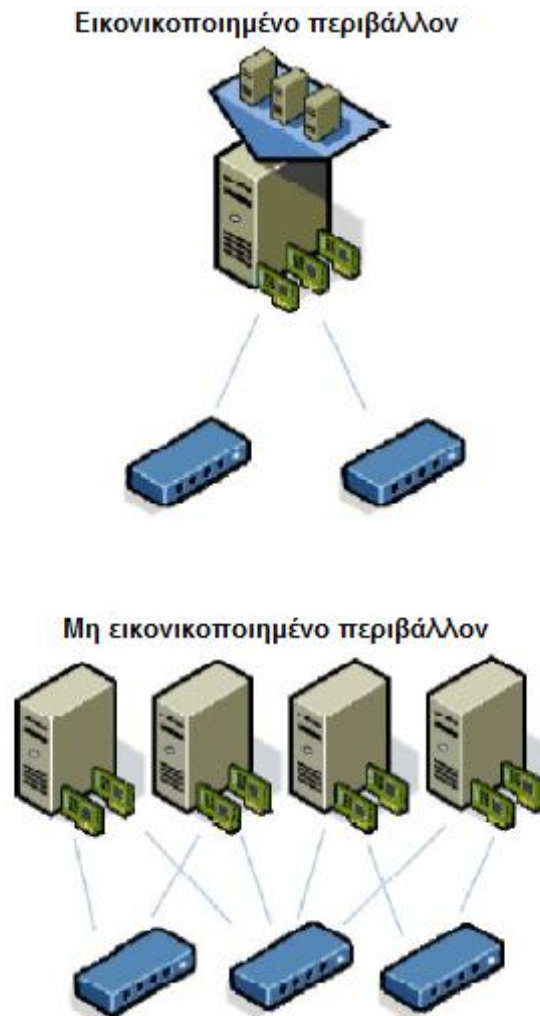
Storage:

$$\text{Κόστος}_{\text{STORAGE}(\text{Πριν})} = \frac{(5)(\$6000)}{3} = \$10.000$$

$$\text{Κόστος}_{\text{STORAGE}(\text{Μετά})} = \frac{(25)(\$6000)}{3} = \$50.000$$

3.5 Δίκτυο

Με το Virtualization, ο αριθμός των φυσικών δικτυακών στοιχείων μειώνεται δραματικά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, με την ύπαρξη λιγότερων φυσικών εξυπηρετητών συνδεδεμένων στο δίκτυο, να απαιτούνται λιγότερες κάρτες δικτύου, καλώδια και switches για την σύνδεση των εξυπηρετητών, όπως φαίνεται στην εικόνα 14.



Εικόνα 14: Δικτυακή σύνδεση Η/Υ με και χωρίς Virtualization

Για τον υπολογισμό του TCO, οι μειωμένες απαιτήσεις σε κάρτες δικτύου λαμβάνονται υπόψη στο κόστος του server, αφού συνήθως συνοδεύουν την

αγορά του. Για το λόγο αυτό, η μελέτη θα επικεντρωθεί μόνο στη διαδικασία μείωσης των δικτυακών switches μιας και η εξοικονόμηση σε καλωδίωση είναι αμελητέα και δε λαμβάνεται υπόψη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ VIRTUALIZATION

4.1 Λογισμικό Server Virtualization

Όπως είναι αναμενόμενο, πολλοί και μεγάλοι κατασκευαστές ασχολούνται με την ανάπτυξη λογισμικού Virtualization. Ορισμένοι από αυτούς θα περιγραφούν σε αυτό το κεφάλαιο, με στόχο να δοθεί μια εικόνα των δυνατοτήτων του virtualization αλλά και των πιθανών μελλοντικών του επεκτάσεων. Συνοπτικά, οι σπουδαιότεροι κατασκευαστές εφαρμογών εικονικοποίησης είναι οι εξής:

- Citrix Systems (<http://www.citrix.com>)
- VMware (<http://www.vmware.com>)
- Microsoft (<http://www.microsoft.com>)
- Sun Microsystems (<http://www.sun.com/>)
- Amazon EC2 (<http://aws.amazon.com/ec2>)
- XenSource (<http://www.xensource.com>) Εξαγοράστηκε από την Citrix τον Αύγουστο του 2007.
- Virtual Iron (<http://www.virtualiron.com>)
- Parallels - Αναφέρεται και ως SWsoft (<http://www.parallels.com>)
- InnoTek - Αγοράστηκε από την Sun Microsystems Citrix τον Φεβρουάριο του 2008. (<http://www.virtualbox.org>)

Οι πιο σημαντικοί από τους παραπάνω κατασκευαστές στο χώρο του Virtualization, σύμφωνα και με το μερίδιό τους στην αγορά, είναι η Microsoft με το λογισμικό πακέτο «Microsoft Virtual Server» και η VMware με την πλατφόρμα Virtualization «ESX Server». Παρόλα' αυτά, παγκόσμιος ηγέτης στο χώρο του x86 Virtualization τα τελευταία 10 χρόνια παραμένει η VMware.

4.2 Microsoft Virtual Server

Ο Microsoft Virtual Server είναι μια λύση Virtualization που επιτρέπει τη δημιουργία ιδεατών μηχανών πάνω σε λειτουργικά συστήματα Windows XP, Windows Vista και Windows Server 2003. Αναπτύχθηκε αρχικά από την Connectix, και εξαγοράστηκε από την Microsoft πριν τη διάθεσή του στην αγορά ⁴³.

Ο Microsoft Virtual Server παρέχει Virtualization σύμφωνα με το μοντέλο Virtual Machine. Ωστόσο, είναι εφαρμογή που παρέχει Virtualization, και όχι λειτουργικό σύστημα που παρέχει Virtualization λόγω του ότι χρειάζεται κάποιο λειτουργικό σύστημα για να λειτουργήσει. Το λειτουργικό σύστημα που απαιτείται, όπως είναι φυσικό, είναι ένα από αυτά που παρέχει η Microsoft. Το μεγαλύτερο μειονέκτημά του είναι ότι ο Microsoft Virtual Server υπόκειται στους περιορισμούς του λειτουργικού συστήματος που τον φιλοξενεί, που στην περίπτωση αυτή είναι ένα λειτουργικό σύστημα γενικής χρήσης. Τα Microsoft Windows δεν έχουν δημιουργηθεί για να παρέχουν αποκλειστικά λειτουργίες Virtualization, με αποτέλεσμα ο Microsoft Virtual Server να έχει περιορισμένες δυνατότητες στη διαχείριση πόρων. Κατ' επέκταση η απόδοση των Virtual Machines που εξυπηρετεί να μην είναι η καλύτερη δυνατή.

4.3 VMware ESX Server

Η VMware είναι ένας μεγάλος κατασκευαστής λογισμικού Virtualization που δημιουργήθηκε το 1998. Ασχολείται αποκλειστικά με λογισμικό Virtualization και πρόσφατα εξαγοράστηκε από την EMC, έναν από τους μεγαλύτερους κατασκευαστές συστημάτων αποθήκευσης δεδομένων παγκοσμίως.

⁴³ Advanced Micro Devices. AMD64 Virtualization Codenamed "Pacifica" Technology, Secure Virtual Machine Architecture Reference Manual, May 2005.

Η VMware εφεύρε το Virtualization για πλατφόρμα x86 στην δεκαετία του 1990 προκειμένου να επιληφθεί της περιορισμένης αξιοποίησης και άλλων θεμάτων, ξεπερνώντας πολλές προκλήσεις σε αυτή της την πορεία.

Η προσέγγιση της VMware στο Virtualization εισάγει ένα λεπτό/ελαφρύ στρώμα λογισμικού είτε απευθείας στο ηλεκτρομηχανικό μέρος του υπολογιστή είτε σε ένα λειτουργικό σύστημα που θα φιλοξενήσει τα virtual machines. Αυτό το στρώμα λογισμικού περιέχει έναν επόπτη για τα virtual machines ή αλλιώς "hypervisor", ο οποίος αναθέτει φυσικούς πόρους δυναμικά και με διάφανο τρόπο έτσι ώστε πολλαπλά λειτουργικά συστήματα να μπορούν να εκτελούνται ταυτόχρονα σε έναν φυσικό υπολογιστή χωρίς να το γνωρίζουν. Ωστόσο, το Virtualization ενός μεμονωμένου φυσικού υπολογιστή είναι απλά η αρχή. Η VMware προσφέρει μια εύρωστη πλατφόρμα Virtualization που μπορεί να επεκταθεί κατά μήκος εκατοντάδων διασυνδεδεμένων φυσικών υπολογιστών και συστημάτων αποθηκευτικού χώρου για να δημιουργήσουν μια ολόκληρη ιδεατή υποδομή (virtual infrastructure).

Σήμερα, η VMware έχει σημειώσει τόση επιτυχία που δημιουργεί έντονη τάση για Virtualization σε όλους τους x86 υπολογιστές. Η VMware ανοίγει νέο δρόμο σε αυτή την τεχνική και είναι σήμερα ο αδιαμφισβήτητος παγκόσμιος ηγέτης στην τεχνολογία x86 Virtualization.

Το 1999, η VMware εισήγαγε το Virtualization για x86 συστήματα σαν ένα μέσο για να αντιμετωπίσει αποδοτικά πολλές από τις προκλήσεις και να μετασχηματίσει τα x86 συστήματα σε γενικής χρήσης, κοινού υλικού εξοπλισμού υποδομή που προσφέρει πλήρη απομόνωση, φορητότητα και επιλογή λειτουργικού συστήματος για περιβάλλοντα εφαρμογών.

Η πορεία εξέλιξης της VMware, χωρίζεται σε 3 γενιές, ξεκινώντας από τα τέλη του 20^{ου} αιώνα:

- Η πρώτη γενιά VMware Virtualization παρείχε διαμερισμό εξυπηρετητών (server partitioning) μέσω ενός hypervisor ή αλλιώς hosted αρχιτεκτονικής. (1999-2001)
- Η δεύτερη γενιά VMware Virtualization προσέθεσε διαχειριστικότητα, σχεδιασμό χωρητικότητας, P2V (Physical to Virtual) και άλλα εργαλεία για την συγχώνευση (consolidation) των παραγωγικών servers. (2003-2005).
- Η τρίτη γενιά φέρνει μια αλματώδη πρόοδο στο Virtualization διαθέτοντας δυνατότητες υποδομής συστημάτων για ολόκληρες φάρμες από ετερογενείς industry standard servers και storage, ανεξάρτητα από το υποκείμενο hardware ή τις εφαρμογές (application/OS). Η γενιά αυτή κάνει δυνατή τη δυναμική συγκέντρωση ετερογενών συστημάτων σε σύνολα πόρων που μπορεί κανείς να διαχειριστεί κεντρικά, τα οποία βελτιστοποιούνται συνεχώς και παρέχουν υψηλή διαθεσιμότητα σε οποιαδήποτε εφαρμογή ή λειτουργικό σύστημα. (2006-σήμερα).

Τα τελευταία χρόνια, το virtualization έχει περάσει από μια τεχνολογία έρευνας και ανάπτυξης, σε μια τεχνολογία συγχώνευσης παραγωγικών servers, και τώρα συγκεντρώνει μαζί της ένα ρεύμα που τείνει να την μετατρέψει σε πρότυπο βιομηχανίας για την πληροφορική. Καθώς η αγορά και η τεχνολογία ωρίμασε ακόμα περισσότερο, το virtualization άρχισε να πηγαίνει πιο μακριά από την αρχική του χρήση. Διασφαλίζοντας τη διαθεσιμότητα και τη συνεχή λειτουργία του, βοήθησε τις εταιρείες να επιτύχουν καλύτερα επίπεδα υπηρεσιών. Χρησιμοποιώντας το virtualization για business continuity και DR, οι εταιρείες κατάφεραν να πετύχουν καλύτερα RTOs και RPOs σε κλάσμα του κόστους. Οι δυνατότητες διαχείρισης και αυτοματοποίησης που παρέχει το virtualization οδήγησαν τις εταιρείες στο να το μετατρέψουν ως ένα προεπιλεγμένο σύστημα στα κέντρα δεδομένων.

Η πλατφόρμα Virtualization χειρίζεται την εκτέλεση των επεξεργαστικών αναγκών των εικονικών μηχανημάτων, αναθέτοντας κάθε εικονικό μηχάνημα σε διαθέσιμους επεξεργαστές του host συστήματος χρησιμοποιώντας ισομερή κατανομή φορτίου

κατά μήκος όλων των διαθέσιμων επεξεργαστών. Για κάθε εικονικό μηχάνημα, μπορεί να ορισθεί ελάχιστο και μέγιστο ποσό της CPU που μπορεί να χρησιμοποιήσει, έχοντας ως εγγύηση ένα ποσοστό του πόρου CPU, ανεξαρτήτως ανταγωνισμού. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα να ανατεθούν CPU shares για να καθορισθεί η σχετική προτεραιότητα μεταξύ των virtual machines.

Η πλατφόρμα Virtualization μεγιστοποιεί την χρησιμοποίηση του επεξεργαστή στους εξυπηρετητές επιτρέποντας να τρέχουν συνήθως 8 εικονικά μηχανήματα ανά επεξεργαστή, και αξιοποιεί το hyperthreading και τις δυνατότητες των διπύρηνων / τετραπύρηνων επεξεργαστών. Συνήθως οι εταιρείες τρέχουν 20 με 30 παράλληλα virtual machines, ενώ ο VMWare ESX Server υποστηρίζει μέχρι και 80 εικονικές CPUs σε παράλληλη χρήση.

Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα για υπερκατανάλωση της μνήμης στους servers. Αυτό σημαίνει ότι το άθροισμα της μνήμης που έχει ανατεθεί σε όλα τα VMs που βρίσκονται σε λειτουργία μπορεί να ξεπερνά την φυσική μνήμη που είναι εγκατεστημένη στον host κατά ποσοστό περίπου 2:1. Αυτό επιτρέπει να κερδίσουμε περισσότερα από την επένδυσή μας σε ακριβή μνήμη για servers. Κατά την παραμετροποίηση ενός εικονικού μηχανήματος, μπορεί να καθορισθεί το ποσό μνήμης του host που μπορεί να χρησιμοποιεί, μέχρι το μέγιστο των 128 GB. Επιπλέον, μπορούν να καθορισθούν memory allocations σε κλάσματα της διαθέσιμης μνήμης του host χρησιμοποιώντας μια μέθοδο ίσου καταμερισμού (fair share). Επίσης, δύναται να ορισθεί ένα ελάχιστο ποσό μνήμης που ένα εικονικό μηχάνημα έχει πάντα διαθέσιμο, έτσι ώστε τα απασχολημένα virtual machines έχουν δυνατότητα να δανείζονται μνήμη από τα virtual machines που βρίσκονται σε κατάσταση ηρεμίας.

Η πλατφόρμα Virtualization επιτρέπει την κοινή χρήση των ακριβών στοιχείων των storage networks από πολλούς εξυπηρετητές, ενώ διατηρείται η προστασία από/ανοχή σε αστοχίες υλικού. Αντί να αφιερώνονται δύο οπτικές κάρτες και ένα μέρος του storage switch σε κάθε server όπως απαιτείται στους συμβατικούς servers, η πλατφόρμα Virtualization μοιράζει αυτούς τους HBAs και τα storage switches σε

πολλά virtual machines, διατηρώντας το την προστασία από αστοχίες (fault tolerance) ενώ παράλληλα μειώνοντας το κόστος της πρόσβασης στο storage ανά server. Υπάρχει η δυνατότητα να ορισθεί το ακριβές τμήμα από storage I/O bandwidth που διατίθεται σε κάθε virtual machine.

Οι δικτυακοί πόροι πολλαπλασιάζονται με παρόμοιο τρόπο. Αν έχουμε επενδύσει σε ομάδες καρτών δικτύου (teamed NICs) για ανοχή σε αστοχίες υλικού (hardware fault tolerance), κάθε virtual machine που τρέχει σε αυτό τον host μπορεί να μοιράζεται αυτά τα οφέλη υψηλής διαθεσιμότητας. Τα virtual machines μπορούν να παραμετροποιηθούν με ιδεατές NICs και ιδεατά switches και μπορούμε να διαλέξουμε ποιες NICs του host ή teams χρησιμοποιούνται από τα virtual machines. Η πλατφόρμα Virtualization επιτρέπει να ορίσουμε ακριβώς το δικτυακό bandwidth που διατίθεται στο κάθε virtual machine και παρέχει network traffic shaping για να προσδιορίσουμε το average και peak bandwidth και το maximum burst size.

4.4 Ιδιότητες Τεχνολογίας VMware Server Virtualization VMware

Τα VMware VMotion, VMware Storage VMotion, VMware DRS και VMware HA είναι κατανεμημένες υπηρεσίες που επιτρέπουν την αποδοτική και αυτόματη διαχείριση πόρων και την υψηλή διαθεσιμότητα των virtual machines. Είναι λύση που παρέχει η εταιρία VMware ενώ αντίστοιχες λύσεις παρέχουν και οι υπόλοιπες εταιρίες προϊόντων Virtualization.

- **Ιδεατή Μεταφορά (VMware VMotion)**

Τα virtual machines τρέχουν σε έναν ESX Server και καταναλώνουν πόρους από αυτόν. Το VMotion επιτρέπει την μετακίνηση (migration) των virtual machines που βρίσκονται σε λειτουργία, από έναν φυσικό server σε έναν άλλο χωρίς διακοπή υπηρεσιών, όπως φαίνεται στο Σχ. 26. Αυτό επιτρέπει να μετακινούμε virtual

machines από έναν ισχυρά φορτωμένο server σε έναν λιγότερο φορτωμένο. Το αποτέλεσμα είναι η πιο αποδοτική ανάθεση πόρων. Με το VMotion, οι πόροι μπορεί να επανανατεθούν δυναμικά στα virtual machines κατά μήκος των φυσικών servers.

Το Storage VMotion επιτρέπει την μετακίνηση των virtual machines από ένα Datastore σε ένα άλλο χωρίς τη διακοπή υπηρεσιών. Αυτό επιτρέπει στους storage administrators να μεταφέρουν (off-load) virtual machines από ένα storage array σε ένα άλλο προκειμένου να εκτελέσουν εργασίες συντήρησης, επαναπαραμετροποίησης των LUNs, και αναβάθμισης των VMFS volumes. Οι διαχειριστές μπορούν να βελτιστοποιήσουν το περιβάλλον αποθήκευσης δεδομένων για βελτιωμένη απόδοση και σε με ένα μόνο βήμα ενεργειών να μετακινήσουν virtual machines.

- **Δυναμική Κατανομή Φορτίου (VMware DRS)**

Το VMware DRS (Dynamic Resource Scheduling) συνεισφέρει στην δυνατότητα ελέγχου και διαχείρισης των πόρων στο virtual datacenter. Ένα cluster (συστοιχία) μπορεί να θεωρηθεί ως συγκέντρωση των υπολογιστικών πόρων και των πόρων μνήμης των υποκειμένων φυσικών hosts που έχουν τοποθετηθεί όλοι μαζί σε ένα μεμονωμένο σύνολο. Τα virtual machines μπορούν να ανατεθούν σε αυτό το σύνολο. Το DRS παρακολουθεί το workload (φορτίο εργασίας) των εν λειτουργία virtual machines και τη χρησιμοποίηση πόρων (resource utilization) των hosts προκειμένου αυτοί να εκχωρούνται ανάλογα με τη χρήση.

Όταν ένας νέος φυσικός εξυπηρετητής γίνεται διαθέσιμος, το DRS αυτόματα ανακατανέμει τα virtual machines χρησιμοποιώντας το VMotion για να εξισορροπήσει τα workloads. Εάν ένας φυσικός server πρέπει να τεθεί εκτός λειτουργίας για οποιονδήποτε λόγο, το DRS αυτόματα αναθέτει τα virtual machines του σε άλλους εξυπηρετητές. Όταν το DPM (Dynamic Power Management) είναι ενεργό, το σύστημα συγκρίνει το cluster- και host-level capacity με τις ανάγκες των virtual machines που τρέχουν στο cluster. Εάν ένας host βρεθεί να έχει αρκετή

περίσσεια χωρητικότητας πόρων για να απορροφήσει τα virtual machines ενός άλλου host, τα εικονικά μηχανήματα μετακινούνται και ο μη χρησιμοποιούμενος host τοποθετείται σε κατάσταση αναμονής. Με αυτό τον τρόπο, το DPM βελτιστοποιεί την κατανάλωση ισχύος του cluster. Το DRS μπορεί να παραμετροποιηθεί ώστε να εκτελεί αυτόματα ενέργειες ισομερούς κατανομής φορτίου και διαχείρισης ενέργειας, ή να παρέχει προτάσεις τις οποίες ο διαχειριστής του datacenter μπορεί να αξιολογήσει και να ενεργήσει για κάθε μία ξεχωριστά.

- **Υψηλή Διαθεσιμότητα (VMware HA)**

Το VMware HA (High Availability) προσφέρει μία απλή και χαμηλού κόστους εναλλακτική λύση υψηλής διαθεσιμότητας από ότι το clustering σε επίπεδο εφαρμογής. Επιτρέπει την γρήγορη επανεκκίνηση των virtual machines σε έναν διαφορετικό φυσικό server μέσα σε ένα cluster αυτόματα εάν ο εξυπηρετητής που τα φιλοξενούσε παρουσίασε αστοχία. Όλες οι εφαρμογές μέσα στα virtual machines απολαμβάνουν το όφελος της υψηλής διαθεσιμότητας και όχι μόνο μία (όπως συμβαίνει στο application clustering).

Το HA παρακολουθεί όλους τους φυσικούς hosts σε ένα cluster και ανιχνεύει αστοχίες των host. Ένας πράκτορας (agent) που τοποθετείται σε κάθε φυσικό host διατηρεί μία στοιχειώδη επικοινωνία (heartbeat) με τους άλλους hosts στο resource pool, και η απώλεια του heartbeat ενεργοποιεί την διαδικασία επανεκκίνησης όλων των επηρεαζόμενων virtual machines σε άλλους hosts. Το HA διασφαλίζει ότι υπάρχουν διαθέσιμοι επαρκείς πόροι στο cluster κάθε χρονική στιγμή για να επανεκκινήσουν τα virtual machines σε διαφορετικούς φυσικούς hosts στην περίπτωση αστοχίας κάποιου/ων hosts.

Το VMware Infrastructure είναι μια πλήρης σουίτα εικονικοποίησης που παρέχει εκτενείς δυνατότητες Virtualization, διαχείρισης, βελτιστοποίησης πόρων, διαθεσιμότητας εφαρμογών, και αυτοματοποίησης λειτουργιών σε ένα ολοκληρωμένο πακέτο. Το VMware Infrastructure συγκεντρώνει τους υποκείμενους φυσικούς πόρους κατά μήκος πολλαπλών συστημάτων και παρέχει σύνολα ιδεατών

πόρων στο datacenter σε ένα ιδεατό περιβάλλον.

Επιπροσθέτως, το VMware Infrastructure παρέχει ένα σύνολο καταναμημένων υπηρεσιών που επιτρέπουν επιλεκτική, καθοδηγούμενη από πολιτικές ανάθεσης πόρων, υψηλή διαθεσιμότητα, και συγκεντρωτικό backup ολόκληρου του virtual datacenter. Αυτές οι καταναμημένες υπηρεσίες επιτρέπουν σε έναν Οργανισμό να δημιουργήσει και να τηρεί τις συμφωνίες ποιότητας προϊόντος που έχει θέσει με τους πελάτες του, με οικονομικά αποδοτικό τρόπο.

4.5 Φυσική τοπολογία ενός VMWare Virtual Datacenter

Ένα τυπικό VMWare Virtual Datacenter αποτελείται από βασικά φυσικά δομικά στοιχεία όπως x86 computing servers, storage networks, IP δίκτυα, έναν εξυπηρετητή διαχείρισης και desktop clients.

- **Computing Servers**

Οι computing servers είναι x86 servers που εκτελούνται σε VMware ESX Server απευθείας στο υλικό. Το ESX Server λογισμικό διαθέτει πόρους στα εικονικά μηχανήματα και τα εκτελεί. Κάθε υπολογιστικός server αναφέρεται ως ένας ανεξάρτητος host στο virtual περιβάλλον. Ένας αριθμός από παρόμοια παραμετροποιημένους x86 servers μπορεί να ομαδοποιηθεί με συνδέσεις στο ίδιο δίκτυο και στα ίδια υποσυστήματα, χωρητικότητας για να παρέχει ένα συγκεντρωμένο σύνολο πόρων στο virtual περιβάλλον και ονομάζεται cluster.

- **Storage Networks και Arrays**

Τα Fiber Channel SAN arrays, τα iSCSI SAN arrays, και τα NAS arrays είναι ευρέως χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες storage που υποστηρίζονται από το VMware Infrastructure για να ικανοποιεί διαφορετικές ανάγκες των κέντρων δεδομένων σε storage. Μοιράζοντας τα storage arrays ανάμεσα σε ομάδες από servers μέσω των storage area networks, επιτρέπεται η συγκέντρωση πόρων χωρητικότητας και παρέχεται μεγαλύτερη ευελιξία στα virtual machines.

- **IP Networks**

Κάθε computing server μπορεί να έχει πολλαπλές κάρτες δικτύου (NICs) για να παρέχει υψηλή χωρητικότητα και αξιόπιστη δικτύωση σε ολόκληρο το datacenter.

- **VirtualCenter Server**

Η εφαρμογή VirtualCenter Server της εταιρείας VMware παρέχει ένα βολικό κεντρικό σημείο ελέγχου του datacenter. Παρέχει πολλές βασικές υπηρεσίες για το datacenter όπως έλεγχο πρόσβασης, performance monitoring, και παραμετροποίηση. Ενοποιεί τους πόρους από τους μεμονωμένους computing servers ώστε να διαμοιραστούν μεταξύ των virtual machines σε ολόκληρο το datacenter. Το επιτυγχάνει αυτό διαχειρίζοντας την ανάθεση των virtual machines στους computing servers και την ανάθεση των πόρων στα virtual machines μέσα σε έναν δεδομένο computing server βάσει των πολιτικών (policies) που έχουν τεθεί από τον system administrator.

Οι computing servers θα συνεχίσουν να λειτουργούν ακόμα και στην απίθανη περίπτωση που το VirtualCenter Server δεν είναι προσβάσιμο (για παράδειγμα, το δίκτυο έχει αποκοπεί). Μπορούμε να τους διαχειριστούμε ξεχωριστά και θα συνεχίσουν να τρέχουν τα virtual machines που τους έχουν ανατεθεί βάσει της τελευταίας ανάθεσης πόρων. Αφού ο VirtualCenter Server γίνει και πάλι προσβάσιμος, μπορεί να διαχειριστεί datacenter σαν σύνολο πάλι.

- **Desktop Clients**

Το VMware Infrastructure διαθέτει σειρά από interfaces για την διαχείριση του datacenter και την πρόσβαση στα virtual machines. Οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν το interface που καλύπτει καλύτερα τις ανάγκες τους:

VMware Infrastructure Client (VI Client), Web Access μέσω ενός Web browser ή terminal services (Windows Terminal Services).

- **Αρχιτεκτονική Δικτύου**

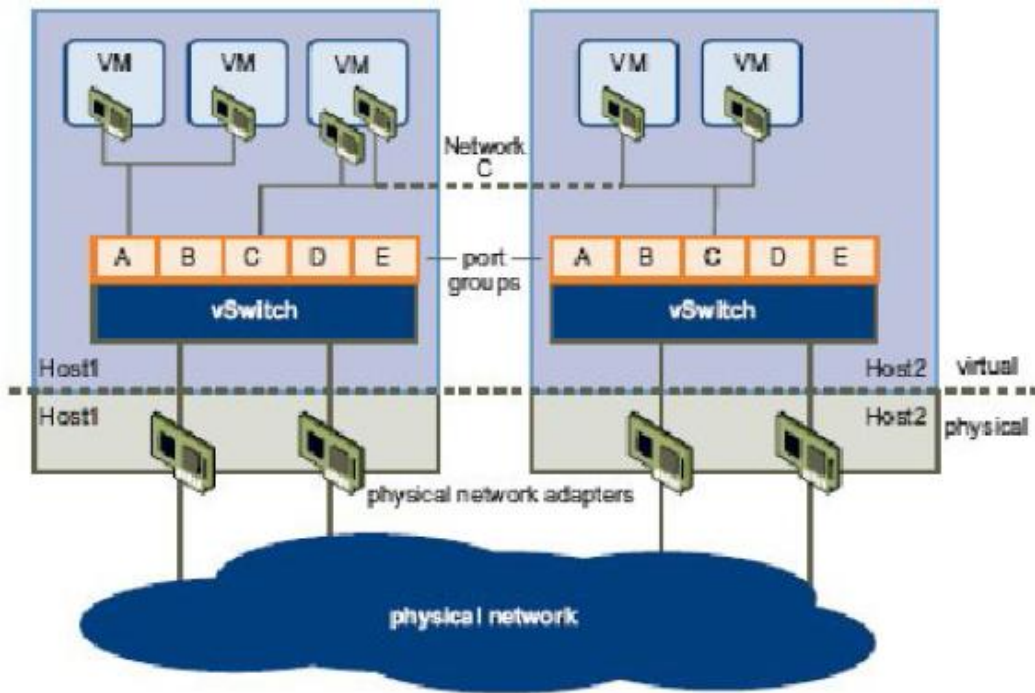
Το VMware Infrastructure είναι μία από τις υπάρχουσες λύσεις Virtualization που διαθέτει ένα πλούσιο σύνολο από ιδεατά δικτυακά στοιχεία που κάνουν την δικτύωση των virtual machines στο data center τόσο εύκολη και απλή όσο στο φυσικό περιβάλλον. Επιπλέον, διαθέτει ένα σύνολο νέων δυνατοτήτων που δεν είναι διαθέσιμες στο φυσικό περιβάλλον διότι πολλοί από τους περιορισμούς του φυσικού κόσμου δεν ισχύουν.

Το virtual περιβάλλον παρέχει παρόμοια δικτυακά στοιχεία με του φυσικού κόσμου. Αυτά είναι οι ιδεατές κάρτες δικτύου (vNICs), τα virtual switches (vSwitch), και τα port groups. Όπως και ένα φυσικό μηχάνημα, ένα ιδεατό μηχάνημα έχει την δική του NIC. Στον έξω κόσμο, η vNIC έχει την δική της MAC διεύθυνση και μία ή περισσότερες IP διευθύνσεις, και ανταποκρίνεται στο standard Ethernet πρωτόκολλο ακριβώς όπως θα έκανε μια φυσική NIC. Στην πραγματικότητα, ένας εξωτερικός agent δεν γνωρίζει ότι επικοινωνεί με ένα virtual machine.

Ένα virtual switch λειτουργεί σαν ένα φυσικό switch επιπέδου 2 (ISO/OSI layer 2). Κάθε server έχει τα δικά του virtual switches. Στη μία πλευρά του virtual switch υπάρχουν port groups που συνδέονται στα εικονικά μηχανήματα. Στην άλλη πλευρά υπάρχουν uplink συνδέσεις σε φυσικούς Ethernet προσαρμογείς στο server που εδρεύει το virtual switch. Τα virtual machines συνδέονται στον έξω κόσμο μέσω των φυσικών Ethernet adapters που είναι συνδεδεμένοι στα virtual switch uplinks.

- **Αρχιτεκτονική Storage**

Η storage αρχιτεκτονική του VMware Infrastructure που φαίνεται στην εικόνα 15, αποτελείται από αφαιρετικά επίπεδα που αποκρύπτουν και διαχειρίζονται την πολυπλοκότητα και τις διαφορές ανάμεσα στα φυσικά storage υποσυστήματα.



Εικόνα 15: Αρχιτεκτονική του VMware Infrastructure

Για τις εφαρμογές και τα guest operating systems μέσα σε κάθε virtual machine το υποσύστημα χωρητικότητας (storage subsystem) είναι ένας απλός virtual Bus Logic ή LSI SCSI host bus adapter συνδεδεμένος σε ένα ή περισσότερους virtual SCSI disks.

Οι virtual SCSI δίσκοι παρέχονται από Datastore στοιχεία στο datacenter. Ένα Datastore είναι ένα service που παρέχει αποθηκευτικό χώρο για πολλά virtual machines κατά μήκος πολλαπλών φυσικών hosts.

Το Datastore παρέχει ένα απλό μοντέλο για την ανάθεση αποθηκευτικού χώρου σε ξεχωριστά virtual machines χωρίς αυτά να εκτίθενται στην πολυπλοκότητα και την ποικιλία των διαθέσιμων τεχνολογιών φυσικού storage, όπως Fibre Channel SAN, iSCSI SAN, direct attached storage (DAS), και NAS.

Ένα virtual machine είναι αποθηκευμένο σε ένα σύνολο αρχείων σε ένα κατάλογο

του Datastore. Ένας virtual δίσκος μέσα σε κάθε virtual machine είναι ένα ή περισσότερα αρχεία μέσα στον κατάλογο. Σαν αποτέλεσμα, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα virtual disk ακριβώς όπως ένα αρχείο. Νέοι virtual disks μπορούν να προστεθούν ("hot-added") σε ένα virtual machine χωρίς να το κλείσουμε. Σε αυτή την περίπτωση, ένα virtual disk file (.vmdk) δημιουργείται στο VMFS για να παρέχει νέα χωρητικότητα για τον hot-added virtual disk ή ένας ήδη υπάρχων virtual disk file συνδέεται με ένα virtual machine.

Κάθε Datastore είναι από φυσικής πλευράς ένα VMFS volume (ή, για NAS Datastores, ένα NFS volume με VMFS χαρακτηριστικά) πάνω σε μια συσκευή storage. Τα Datastores μπορούν να διατρέχουν/γεφυρώνουν πολλαπλά φυσικά storage subsystems. Όπως φαίνεται στην Σχ. 31, ένα μεμονωμένο VMFS volume μπορεί να περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα LUNs από ένα τοπικό SCSI disk array σε έναν φυσικό host, μία Fibre Channel SAN φάρμα δίσκων, ή μία φάρμα iSCSI SAN δίσκων. Τα νέα LUNs που προστίθενται σε οποιοδήποτε από τα physical storage subsystems ανιχνεύονται αυτόματα και γίνονται διαθέσιμα σε όλα τα υπάρχοντα ή τα νέα Datastores. Ο αποθηκευτικός χώρος σε ένα προηγούμενα δημιουργημένο VMFS volume (Datastore) μπορεί να επεκταθεί (hot-extended) χωρίς να κλείσουν οι φυσικοί hosts ή τα storage subsystems, προσθέτοντας ένα νέο φυσικό LUN από οποιοδήποτε από τα storage subsystems που είναι ορατά σε αυτό. Αντιστρόφως, εάν ένα από τα LUNs μέσα σε ένα VMFS volume (Datastore) αστοχήσει ή πάψει να είναι διαθέσιμο, μόνο τα virtual machines που αγγίζουν αυτό το LUN επηρεάζονται. Όλα τα υπόλοιπα virtual machines με virtual disks που εδρεύουν σε άλλα LUNs συνεχίζουν να λειτουργούν κανονικά.

Το VMFS είναι ένα clustered file system που χρησιμοποιεί το shared storage για να επιτρέψει σε πολλαπλούς φυσικούς hosts να διαβάζουν και να γράφουν στο ίδιο storage ταυτόχρονα. Το VMFS διαθέτει on-disk locking για να διασφαλίσει ότι το ίδιο machine δεν θα ξεκινήσει από πολλαπλούς servers την ίδια στιγμή. Εάν ένας φυσικός host αστοχήσει, το on-disk lock για κάθε virtual machine αφαιρείται έτσι ώστε τα virtual machines να μπορούν να επανεκκινηθούν σε άλλους φυσικούς hosts.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

CLOUD COMPUTING

5.1 Ορισμός του Cloud Computing

Ο όρος Cloud Computing χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να έχουμε πρόσβαση σε υπολογιστές, ελέγχοντας ταυτόχρονα και τη λειτουργικότητα τους μέσω του διαδικτύου ή ενός τοπικού δικτύου. Οι χρήστες του Cloud επιθυμούν να έχουν πρόσβαση σε ένα σύνολο υπηρεσιών διαδικτύου, οι οποίες είναι υπεύθυνες για τη διαχείριση των διαθέσιμων υπολογιστικών πόρων τους οποίους μπορούμε να τους κατατάξουμε ως εξής ⁴⁴:

- υπολογιστές,
- δίκτυο,
- λειτουργικά συστήματα,
- αποθηκευτικός χώρος
- περιβάλλοντα ανάπτυξης εφαρμογών
- εφαρμογές.

Η ονομασία του(Cloud Computing) οφείλεται στο γεγονός πως ο χρήστης δεν έχει τη δυνατότητα στην πραγματικότητα να προσδιορίσει, να δει και να καταλάβει ούτε πού βρίσκονται ακριβώς οι υποδομές που εκμεταλλεύεται ούτε ο εξοπλισμός που φιλοξενεί τις υπηρεσίες που έχει ζητήσει. Σχηματικά θα μπορούσαμε ν' αναφέρουμε ότι οι πόροι αναδύονται από ένα Cloud (σύννεφο) πόρων όταν αποδοθούν σε ένα

⁴⁴ Rajkumar Buyya, Chee Shin Yeo, Srikumar Venugopal, James Broberg, Ivona Brandic, Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility, Future Generation Computer Systems, Volume 25, Issue 6, June 2009, Pages 599-616

χρήστη και επιστρέφουν σε αυτόν όταν απελευθερωθούν. Cloud ονομάζουμε ένα σύνολο διαδικτυακών υπηρεσιών και μηχανημάτων που ολοκληρώνουν το Cloud Computing.

Το Cloud Computing προσφέρει στο χρήστη πολλές δυνατότητες όπως:

- υπολογιστική ισχύ
- λογισμικό
- πρόσβαση σε δεδομένα
- υπηρεσίες αποθηκευτικού χώρου

χωρίς να είναι απαραίτητο από τον τελικό χρήστη να βρίσκεται στο φυσικό του χώρο και να προσαρμόζει το σύστημα που του παρέχει αυτές τις υπηρεσίες.

Ορισμός του Cloud Computing σύμφωνα με το US NIST

Το Cloud Computing είναι ένα μοντέλο που δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να έχει εύκολη, on-demand (τη στιγμή που ζητείται) πρόσβαση μέσω δικτύου σε ένα "κοινό χώρο" από προσαρμόσιμους υπολογιστικούς πόρους⁴⁵, όπως:

- Δίκτυα, servers,
- εφαρμογές και υπηρεσίες
- αποθηκευτικό χώρο

οι οποίοι μπορούν χωρίς κόπο με μικρές παρεμβάσεις στο τομέα της διαχείρισης να παρακολουθηθούν και να αποδοθούν, ή ακόμα και ν' αλληλοεπιδράσουν με τον πάροχο αυτών των υπηρεσιών. Το συγκεκριμένο μοντέλο του Cloud αποτελείται από πέντε βασικά χαρακτηριστικά, δηλαδή τρία μοντέλα παροχής-παράδοσης της

⁴⁵ Rajkumar Buyya, Chee Shin Yeo, Srikumar Venugopal, James Broberg, Ivona Brandic, Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility, Future Generation Computer Systems, Volume 25, Issue 6, June 2009, Pages 599-616

υπηρεσίας και τέσσερα μοντέλα υλοποίησης του.

5.2 Βασικά Λειτουργικά Χαρακτηριστικά Cloud Computing

On-demand self-service. Προσφέρεται στον καταναλωτή η δυνατότητα να ζητήσει μονομερώς τις υπολογιστικές δυνατότητες, χωρίς έχει κάθε φορά καμία απολύτως αλληλεπίδραση με τον πάροχο της εκάστοτε υπηρεσίας. Συγκεκριμένα, οι δυνατότητες αυτές αφορούν τόσο το μέγεθος του αποθηκευτικού χώρου που θα χρειαστεί όσο και το χρόνο που θα χρησιμοποιήσει στον server ⁴⁶.

Ubiquitous network access. ("από παντού δικτυακή πρόσβαση") Οι συγκεκριμένες δυνατότητες είναι προσιτές από τον οποιονδήποτε μέσω δικτύου, διαδεδομένων στάνταρντ και μηχανισμών. Αυτό σημαίνει πως ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση και να χρησιμοποιεί όλα αυτές τις δυνατότητες από πολλές και ετερόκλητες πλατφόρμες χρήστη όπως:

- Κινητά τηλέφωνα
- φορητοί υπολογιστές
- PDA

Location independent resource pooling. Οι υπολογιστικοί πόροι του παρόχου συγκεντρώνονται σε ένα κοινό σύνολο όπου εκεί χρησιμοποιείται ένα μοντέλο ποικίλων ενοικιαστών, με διαφορετικούς φυσικούς και εικονικούς πόρους. Ο καταναλωτής, όμως, δεν ελέγχει και δεν γνωρίζει την ακριβή τοποθεσία του παρεχόμενου πόρου, αλλά μπορεί να την υποθέσει χωρίς βέβαια να είναι σίγουρος. Η

⁴⁶ Armbrust, M., et al. Above the clouds: A Berkeley view of cloud computing. Tech. Rep. UCB/EECS-2009-28, EECS Department, U.C. Berkeley, Feb 2009.

υπόθεση αυτή μπορεί να αφορά τη χώρα, την πόλη ή το συγκεκριμένο data-center. Τέτοιου είδους υπολογιστικοί πόροι μπορεί να είναι οι εξής ⁴⁷:

- αποθηκευτικός χώρος,
- επεξεργασία
- μνήμη
- εύρος ζώνης δικτύου
- Virtual Machines

Rapid elasticity. Οι δυνατότητες αυτές μπορούν να παρακολουθηθούν χωρίς κόπο και να μειωθεί ή να αυξηθεί το μέγεθος τους σχεδόν αμέσως. Με αυτόν τον τρόπο ο καταναλωτής- χρήστης μπορεί να εκμεταλλευτεί την γρήγορη διαθεσιμότητά τους και να τις αποκτήσει σε οποιαδήποτε ποσότητα, οποιαδήποτε στιγμή.

Measured Service. Τα συστήματα Cloud μπορούν να ελέγξουν και να βελτιώσουν τη χρήση των υπολογιστικών πόρων χρησιμοποιώντας κάποια μετρητικά συστήματα, κατάλληλα για την συγκεκριμένη παρεχόμενη υπηρεσία (αποθηκευτικού χώρου, υπολογιστικής ισχύος, εύρους ζώνης, ενεργού αριθμού χρηστών κλπ.). Η αλληλένδετη χρήση των πόρων ανάμεσα στο χρήστη-καταναλωτή και τον πάροχο της συγκεκριμένης υπηρεσίας μπορεί να παρακολουθηθεί και να σημειωθεί ότι παρέχει διαφάνεια και για τις δύο πλευρές ⁴⁸.

5.3 Ιστορία του Cloud Computing

Στο παρελθόν υπήρχαν δυο τρόποι για να δημιουργηθεί ένας υπέρ-υπολογιστής. Ο

⁴⁷ Amazon S3 Team. Amazon S3 Availability Event (July 20, 2008); <http://status.aws.amazon.com/s3-20080720.html>

⁴⁸ Amazon S3 Team. Amazon S3 Availability Event (July 20, 2008); <http://status.aws.amazon.com/s3-20080720.html>

πρώτος τρόπος μιμείται το στυλ Blue Gene, όπου ο τελευταίος δημιουργεί έναν τεράστιο υπολογιστή με τη χρήση πολλών επεξεργαστών. Ο άλλος τρόπος που υιοθετήθηκε ειδικά από την Google, είναι η απόκτηση ενός μεγάλου αριθμού υπολογιστών οι οποίοι θα έχουν ιδιαίτερα χαμηλό κόστος και θα ενσωματωθούν σε έναν cluster με τέτοιο τρόπο ώστε να δουλεύουν όλοι μαζί σαν ένας πολύ μεγάλος υπέρ-υπολογιστής.

Οι υπέρ-υπολογιστές έχουν τοποθετημένους πολλούς επεξεργαστές σε ένα και μοναδικό μηχάνημα και μοιράζονται κοινή μνήμη. Στην αντίθετη πλευρά είναι οι cluster, οι οποίοι έχουν δημιουργηθεί από πολλούς και μικρότερους υπολογιστές κάθε ένας από τους οποίους περιέχουν τη δική τους μνήμη.

Παλιότερα οι υπολογιστές ενώνονταν σε έναν cluster με στόχο τη δημιουργία ενός υπερ-υπολογιστή. Αυτή η τεχνολογία ήταν πολύ γνωστή στη βιομηχανία και χρησιμοποιούταν από πολλές εταιρίες πληροφορικής. Αυτή η τεχνολογία σου προσέφερε τη δυνατότητα να προσαρμόσεις έναν υπολογιστή στο να επικοινωνεί με διαφορετικούς χρήστες με πρωτόκολλα ειδικά σχεδιασμένα για να φέρνουν σε μια σωστή ισορροπία τον υπολογιστικό φόρτο μεταξύ των μηχανημάτων. Σαν χρήστης δεν σε απασχολούσε για το ποια κεντρική μονάδα εργασίας χρησιμοποιούσες για να τρέξεις το πρόγραμμα σου διότι ο cluster σου εγγυόταν ότι ο κώδικας εκείνη τη στιγμή που τον χρειαζόσαι θα τρέξει στην καλύτερη δυνατή διαθέσιμη μονάδα.

Στις αρχές της δεκαετίας του '90 οι Ian Foster και ο Carl Kesselman εφάρμοσαν μια νέα ιδέα που πήρε το όνομα "Grid". Η ιδέα αυτή είχε τη βάση της στη χρήση ενός ηλεκτρικά διασυνδεδεμένου δικτύου στο οποίο οι χρήστες θα μπορούσαν να συνδεθούν στο Grid και να χρησιμοποιήσουν μια μετρήσιμη υπηρεσία. Αν οι εταιρίες μπορούν να χρησιμοποιούν για το ηλεκτρικό ρεύμα έναν εξωτερικό πάροχο χωρίς να έχουν την δική τους ηλεκτρική παραγωγή, γιατί αυτό να μην μπορεί να πραγματοποιηθεί και με την υπολογιστική ισχύ; Το ιδανικό σενάριο θα ήταν να συνδέσαι σε ένα Grid (πλέγμα) υπολογιστών και να χρεώνεσαι για ό,τι χρησιμοποιείς.

Η ανάπτυξη του Grid είχε ως βασική προϋπόθεση την επίλυση τριών βασικών προβλημάτων. Αυτά ήταν τα εξής:

- η διαχείριση της αποθήκευσης,
- η επίβλεψη της ασφάλειας
- η μετακίνηση

Τη λύση στα προβλήματα αυτά την έφερε ένα σύνολο από εργαλεία, ονομαζόμενο Globus. Δυστυχώς, όμως, σε επίπεδο hardware δεν υπήρχε ακόμα αξιόλογη πρόοδος ώστε να μπορούμε να πούμε με σιγουριά πως το Grid είχε επιτυχία.

Οι τεχνικοί περιορισμοί που υπήρχαν δεν ήταν τόσο μεγάλο εμπόδιο όσο η έλλειψη αγοραστικής επιθυμίας από επιχειρήσεις. Η ιδέα του Grid σημαίνει ότι οι επιχειρήσεις θα πρέπει να μεταφέρουν τα δεδομένα και τις εφαρμογές τους σε μια λύση που παρέχεται από μία τρίτη εταιρία-επιχείρηση. Το τελευταίο δημιουργούσε πολύ μεγάλα εμπόδια στην ανάπτυξη της τεχνολογίας.

Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα που έπρεπε να διευθετηθεί άμεσα ήταν η ασφάλεια των δεδομένων και η εμπιστευτικότητα. Πολλές επιχειρήσεις θεωρούσαν τα δεδομένα τους υπερβολικά ευαίσθητα και γι' αυτό απαιτούσαν την απαραίτητη εχεμύθεια. Το να δοθούν τα δεδομένα αυτά σε μια τρίτη επιχείρηση δεν θα ήταν καθόλου απλό, και μάλιστα σχεδόν απίθανο να συμβεί. Για παράδειγμα οι τράπεζες ήταν πρόθυμες να αναθέσουν ένα τμήμα από τις υπηρεσίες τους, αλλά ο βασικός τους όρος ήταν να έχουν τον έλεγχο από το hardware και το λογισμικό.

Ένα βήμα πιο μπροστά στην παροχή υπηρεσίας από το Grid είναι το Cloud. Αυτό ενσωματώνει ιδέες που προέρχονται από το grid computing και τις ολοκληρώνει σε υπηρεσίες που προσφέρονται από data centers.

Η άνοδος του Cloud είναι μια ευρέως διαδεδομένη εξέλιξη σε πολλούς τομείς. Το θέμα ήταν πως το Grid προήλθε από τον ιδιωτικό τομέα (Caryer et al. 2009), με

αποτέλεσμα όσες προσπάθειες έγιναν για τη δημιουργία κάποιων στάνταρ να σταθούν άκαρπες. Το αποτέλεσμα ήταν πως κάθε πάροχος βασισμένος στη βασική ιδέα του Grid, ανέπτυξε τη δική του υποδομή παραβλέποντας τις ήδη υπάρχουσες ρυθμίσεις . Η κατάσταση αυτή ήταν παρόμοια με την εμφάνιση του TCP. Αυτή η οπτική των πραγμάτων έχει κρατήσει πίσω τη διαδικασία θέσπισης κανόνων (Grossman, 2009).

5.4 Τα 5 γεγονότα κλειδιά στην ιστορία του Cloud Computing

1. Έναρξη των Amazon Web Services τον Ιούλιο του 2002

Η αρχική έκδοση του AWS το 2002 επικεντρωνόταν στο να κάνει τις πληροφορίες διαθέσιμες από την Amazon στους συνεργάτες της, μέσω ενός μοντέλου διαδικτυακών υπηρεσιών μέσω προγραμμάτων και ανάπτυξης εφαρμογών με στόχο να γίνει η Amazon ο επίσημος μεσολαβητής. Πέρα από όλα αυτά όμως, στην πραγματικότητα η έναρξη του S3 ήταν το πρώτο αληθινό βήμα προς τη δημιουργία μιας πλατφόρμας Cloud.⁴⁹

2. Ξεκίνημα του S3 (Simple Storage Service) το Μάρτιο του 2006

Η πραγματική καινοτομία που εισήγαγε το Amazon S3 ήταν το τιμολογιακό μοντέλο. Το μοντέλο αυτό στηρίχθηκε σε μια λογική "pay-per-use" (πληρωμή ανά χρήση) η οποία και έχει γίνει πλέον ένα δεδομένο για την τιμολόγηση υπηρεσιών Cloud. Με την πρωτοεμφάνιση του S3, η Amazon τοποθετήθηκε από ένας απλός μεσολαβητής στην θέση μιας πολύ μεγάλης δύναμης στον χώρο της τεχνολογίας. Αξίζει να σημειωθεί όπως αυτή η καινοτομία της Amazon την έκανε να ξεχωρίσει στον τεχνολογικό και οικονομικό τομέα της εποχής της.

⁴⁹ Armbrust, M., et al. Above the clouds: A Berkeley view of cloud computing. Tech. Rep. UCB/EECS-2009-28, EECS Department, U.C. Berkeley, Feb 2009.

3. Έναρξη του EC2 (Elastic Compute Cloud) τον Αύγουστο του 2006

Το EC2 τον Αύγουστο του 2006 είχε πολύ πιο ήπιο ξεκίνημα σε σύγκριση με το S3. Το EC2 ολοκλήρωσε τον κύκλο που είχε ξεκινήσει να σχηματίζεται παρουσιάζοντας μια ενεργή, πολύ πιο ολοκληρωμένη υποδομή Cloud. Στην πραγματικότητα η ανάλυση εκείνης της περιόδου δεν είχε κανένα ουσιαστικό αποτέλεσμα διότι στο τέλος θεωρήθηκε ως μία ακόμα υπηρεσία που είχε τη δυνατότητα να φιλοξενήσει online ένα διαφορετικό μοντέλο τιμολόγησης.

4. Έναρξη του Google App Engine τον Απρίλιο του 2008

Η Google App Engine ήταν η πρώτη εταιρία που εισήχθη στην αγορά του Cloud Computing. Η είσοδος μιας τόσο ισχυρής εταιρίας, όπως είναι η Google στο Internet, ήταν ολοφάνερα ένα πολύ μεγάλο βήμα προς την ευρεία αποδοχή του Cloud Computing. Όπως συνέβη και με όλα τα αντίστοιχα προϊόντα εφαρμόστηκαν ριζοσπαστικές τιμολογιακές πολιτικές, με ένα πλάνο για δωρεάν εισαγωγικό στάδιο και με πολύ χαμηλές υπηρεσίες υπολογιστικής ισχύος και αποθηκευτικού χώρου.

5. Έναρξη του Windows Azure Beta το Νοέμβριο του 2009

Η είσοδος της Microsoft στο Cloud Computing ήταν ένα καθοριστικό βήμα στην ανάπτυξη αυτού του χώρου. Η Microsoft για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα δεν θεωρούσε το Διαδίκτυο ως μια σημαντική και μελλοντικά επικερδής αγορά με αποτέλεσμα να συνεχίζει να επικεντρώνεται στην αγορά του προσωπικού desktop υπολογιστή επί χρόνια. Η έναρξη του Azure είναι κομβικό σημείο στην ιστορία του Cloud Computing καθώς η μεγαλύτερη εταιρία λογισμικού πήρε μια πολύ σημαντική στροφή προς το Διαδίκτυο.

Οι τρεις απόψεις που είναι νέες στο Cloud Computing από πλευράς hardware είναι οι εξής:

1. Η ψευδαίσθηση πως οι χρήστες διαθέτουν άπειρους υπολογιστικούς πόρους

που μπορούν να είναι ανά πάσα στιγμή διαθέσιμοι, εξαφανίζει την ανάγκη για τους χρήστες του Cloud Computing να σχεδιάσουν για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα.

2. Η δέσμευση του κεφαλαίου μειώθηκε αισθητά από τους χρήστες του Cloud. Το τελευταίο είναι εύκολα πραγματοποιήσιμο επειδή πλέον μια επιχείρηση μπορεί να ξεκινήσει με μια μικρή επένδυση σε επίπεδο hardware, και να συνεχίσει να το διαμορφώνει αλλά και να το αναπτύσσει σύμφωνα με τις εκάστοτε ανάγκες της.
3. Η δυνατότητα πληρωμής ανάλογα με τη χρήση της υπολογιστικής ισχύος αλλά και του αποθηκευτικού χώρου που χρησιμοποιείται σε μια σύντομη χρονική βάση, δηλαδή το σύνολο των επεξεργαστών που χρησιμοποιείται ανά ώρα ή ο αποθηκευτικός χώρος ανά μέρα. Με αυτόν το σύνολο των πράξεων "ανταμείβεται" η συντήρηση.

5.5 Οι πιο διαδεδομένες μορφές υπηρεσιών Cloud Computing

- **IaaS**

IaaS (Infrastructure as a Service - Υποδομή σαν υπηρεσία): Η συγκεκριμένη μορφή Cloud δίνει πρόσβαση σε εικονικές πλατφόρμες hardware, που περιλαμβάνουν ό,τι είναι απαραίτητο σε κάθε χρήστη (μηχανήματα, δίκτυο, αποθηκευτικά μέσα). Με την IaaS, οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν το δικό τους cluster πάνω στον οποίο είναι οι ίδιοι υπεύθυνοι στο να εγκαταστήσουν, να διατηρήσουν και να τρέξουν το δικό τους σύνολο από εφαρμογές.

Η υποδομή είναι το χαμηλότερο επίπεδο σε ολόκληρη τη διαδικασία και είναι ένα μέσο για να παρέχονται οι εξής δυνατότητες:

- η αποθήκευση,
- η επεξεργασία

- το δίκτυο
- άλλοι βασικοί υπολογιστικοί πόροι

σαν δεδομένες υπηρεσίες μέσω του δικτύου. Οι server, τα switch, τα αποθηκευτικά συστήματα, τα router και άλλα συστήματα, είναι ένα σύνολο προγραμμάτων που εκτελούνται χωρίς την παρέμβαση του χρήστη αφού μέχρι και η αποθήκευση στο server σε φορτία αιχμής γίνεται μόνη της. Οι πάροχοι του Cloud μπορούν να εφαρμόσουν και να τρέχουν λειτουργικά συστήματα και λογισμικό για το υποκείμενο hardware τους⁵⁰.

- **PaaS**

PaaS (Platform as a Service - Πλατφόρμα σαν υπηρεσία): Αυτή η μορφή Cloud παρέχει τη δυνατότητα πρόσβασης σε ένα προγραμματιστικό περιβάλλον ή σε ένα περιβάλλον εργασίας, με δυνατότητα επεκτάσιμης υπολογιστικής ισχύος και δομές δεδομένων ενσωματωμένες σε αυτό. Με την PaaS οι χρήστες μπορούν να αναπτύξουν και να εκτελέσουν τις δικές τους εφαρμογές μέσα στο περιβάλλον που τους παρέχεται από τον πάροχο της υπηρεσίας.

Το μεσαίο αυτό επίπεδο παρέχει υπηρεσίες χρήσιμες για το χρήστη όπως:

- ανάπτυξη
- δοκιμή
- εφαρμογή
- φιλοξενία
- διατήρηση εφαρμογών

στο ίδιο ενσωματωμένο περιβάλλον. Αυτό το επίπεδο παρέχει ένα ικανοποιητικό περιβάλλον εργασίας και όλα τα απαραίτητα μέσα για την τοποθέτηση εφαρμογών

⁵⁰ <https://www.us-cert.gov/sites/default/files/publications/CloudComputingHuthCebula.pdf>

που χρησιμοποιούν γλώσσες προγραμματισμού που φυσικά υποστηρίζει ο πάροχος του Cloud.

- **SaaS**

Αυτή η μορφή Cloud δίνει πρόσβαση σε ένα σύνολο εφαρμογών λογισμικού. Οι πάροχοι SaaS προσφέρουν πρόσβαση σε συγκεκριμένες εφαρμογές οι οποίες ελέγχονται και πραγματοποιούνται στην υποδομή των παρόχων. Τη SaaS συχνά την βρίσκουμε και με την ονομασία "Software on Demand".

5.6 Υλοποιήσεις Cloud

- **Private Cloud (Ιδιωτικό Cloud)**

Τα Private Clouds παρέχουν στους χρήστες τη δυνατότητα να έχουν άμεση πρόσβαση σε υπολογιστικούς πόρους οι οποίοι βρίσκονται στην υποδομή ενός συγκεκριμένου οργανισμού. Το μεγάλο πλεονέκτημα ενός private Cloud είναι ότι οι χρήστες μπορούν να ελέγξουν μόνοι τους και να αλλάξουν το μέγεθος από τους πόρους που παίρνουν από αυτό. Αυτό συμβαίνει συχνά μέσω μιας διαδικτυακής υπηρεσίας, όπως ακριβώς γίνεται και σε ένα δημόσιο (public) Cloud. Το private Cloud διαθέτει σύστημα ασφάλειας το οποίο παρέχει μεγαλύτερη ασφάλεια σε ευαίσθητα δεδομένα και κώδικα. Επιπλέον, τα private Clouds χρησιμοποιώντας την τεχνολογία του Virtualization σταθεροποιούν και βελτιστοποιούν την απόδοση ενός ήδη υπάρχοντος hardware σε ένα συγκεκριμένο data center που χρησιμοποιούν. Με αυτόν τον τρόπο βελτιώνεται κατά πολύ η αποτελεσματικότητα του data center ενώ παράλληλα μειώνεται και το λειτουργικό κόστος.⁵¹

⁵¹ http://www.tutorialspoint.com/cloud_computing/cloud_computing_tutorial.pdf

- **Community Cloud (Κοινοτικό Cloud)**

Η υποδομή του Cloud είναι μοιρασμένη από πολλούς οργανισμούς και εξυπηρετεί μια συγκεκριμένη κοινότητα η οποία έχει ως στόχο τα εξής:

- αποστολή
- απαιτήσεις ασφάλειας
- πολιτική
- σκέψεις υποχωρητικότητας – συμβιβασμού

Το Community Cloud (Κοινοτικό Cloud) μπορεί να το διαχειρίζεται κάποιος απ'τους οργανισμούς που αναφέρθηκε παραπάνω ή την εποπτεία του να την έχει ένας τρίτος οργανισμός ή επιχείρηση.

- **Public Cloud (Δημόσια Clouds)**

Με τα public Clouds όλοι οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση σε υπολογιστικούς πόρους μέσω του διαδικτύου. Οι καταναλωτές έχουν υπό τον έλεγχο τους πόρους που έχουν ζητήσει και τα χρήματα που καταβάλλουν για αυτό το ενοίκιο εξαρτώνται από τη συχνότητα της χρήσης ("pay-as-you-go" -πληρώνεις όσο χρησιμοποιείς). Τα public Clouds προσφέρουν πρόσβαση σε μεγάλα "ταμεία" υπολογιστικών πόρων οι οποίοι μάλιστα είναι αρκετά επεκτάσιμοι και σε προσωρινό ακόμα επίπεδο χωρίς να απαιτούν κάποια επένδυση κεφαλαίου για την ανάπτυξη των υποδομών του data center.

- **Hybrid Cloud (Υβριδικά Clouds)**

Οι πόροι ενός hybrid Cloud προέρχονται από περισσότερα του ενός public Clouds και περισσότερα του ενός private Clouds και μερικές φορές γίνεται συνδυασμός και των δυο.

5.7 Γιατί να επιλέξει κάποιος το Cloud Computing

Το Cloud Computing προσφέρει πρόσβαση σε υπολογιστικούς πόρους και θεωρείται από πολλούς χρήστες ένα ιδιαίτερα εξελιγμένο μοντέλο που στο μέλλον θα προσφέρει ακόμα περισσότερα. Τα πλεονεκτήματά του είναι τα εξής:⁵²

- Self-service provisioning (Φροντίζεται από τον ίδιο το χρήστη): Ήδη από την ονομασία γίνεται κατανοητό πως ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ελέγχει ο ίδιος το σύνολο των υπολογιστικών πόρων που χρησιμοποιεί, χωρίς τις καθυστερήσεις και τις δυσκολίες που έχει συνήθως η αγορά νέων υποδομών. Η τεχνολογία αυτή βοηθά στην ανάπτυξη και τη βελτίωση της εμπειρίας του τελικού χρήστη του Cloud.
- Scalability (Επεκτασιμότητα): Διαλύει τη σύνδεση που υπήρχε ανάμεσα στις εκάστοτε ανάγκες μεμονωμένων χρηστών και τους τυπικούς περιορισμούς υποδομών. Το τελευταίο πραγματοποιείται όταν οι ανάγκες του χρήστη για υπολογιστικούς πόρους είναι μεγαλύτερες αλλά και όταν οι υπολογιστικοί πόροι περιττεύουν και απαιτείται η απελευθέρωσή τους.
- Reliability and fault-tolerance (Αξιοπιστία και ανοχή σε σφάλματα): Είναι σχετικά ξεκούραστο να βελτιωθούν συγκεκριμένα κομμάτια της υποδομής ώστε αυτά να καλύπτουν καλύτερα τις ανάγκες του χρήστη και πάνω απ' όλα να προσφέρουν αξιοπιστία. Αυτά τα επίπεδα αξιοπιστίας μπορούν να δεχτούν αλλαγές, χωρίς καμία μεσολάβηση του τελικού χρήστη.
- Optimization/Consolidation (Βελτιστοποίηση / Σταθεροποίηση): Αυξάνει τη συχνότητα της χρήσης αλλά και την αποτελεσματικότητα της υπάρχουσας υποδομής και των πόρων της. Με λίγα λόγια μεγαλώνει τον κύκλο ζωής της υποδομής και

⁵² http://www.tutorialspoint.com/cloud_computing/cloud_computing_tutorial.pdf

μειώνει αισθητά τα έξοδα κεφαλαίου για την ανανέωση της.

- QoS (Quality of Service - Ποιότητα υπηρεσίας): Προσφέρει στους διαχειριστές τη δυνατότητα να επαναπροσδιορίζουν την SLA (service-level agreement) που έχει σχέση με τους χρήστες και τις ομάδες αυτών. Επιτρέπει στον εκάστοτε οργανισμό να αντιδρά γρήγορα στις ανάγκες που εμφανίζονται κάθε φορά χωρίς να παρέχει στους χρήστες περιττές πληροφορίες και προβλήματα.
- Well defined API (Σαφώς προσδιορισμένο API): Η χρήση ενός λειτουργικού και σταθερού βιομηχανικού API "απαγκιστρώνει" τους πελάτες από συγκεκριμένους προμηθευτές και βελτιώνει σε μεγάλο βαθμό τη διαλειτουργικότητα (interoperability) με έναν ολοένα αναπτυσσόμενο αριθμό από εργαλεία, αλλά και παρόχους υπηρεσιών Cloud.
- As-needed availability (Διαθεσιμότητα ανάλογα με την ανάγκη): Ελέγχει με τον καλύτερο τρόπο την ανούσια σπατάλη πόρων επιτρέποντας έτσι στον κάθε οργανισμό να πληρώνει μόνο για τους πόρους τους οποίους χρησιμοποιεί και πραγματικά χρειάζεται.

5.8 Open source και Market-Oriented (εμπορικού σκοπού) Cloud Computing

Το ανοιχτό λογισμικό (open-source) είναι ένας από τους βασικούς υποστηρικτές της ανάπτυξης της τεχνολογίας αυτής μαζί με συγκεκριμένα ανοιχτά στάνταρντ όπως:⁵³

- HTML
- HTTP

⁵³ http://www.tutorialspoint.com/cloud_computing/cloud_computing_tutorial.pdf

- CSS
- XML

Άσχετα με το αν είναι Linux, Apache, Firefox ή Python. Η GPL (GNU General Public License) είναι αυτή με τη μεγαλύτερη απήχηση στο κοινό όσον αφορά τις άδειες ανοιχτού λογισμικού. Στην πραγματικότητα, όταν πρωτοεμφανίστηκε αυτή η άδεια (GPL v2) η μεταφορά δεδομένων γινόταν μόνο με δύο τρόπους όπως τα φυσικά μέσα ή η FTP. Επίσης, η GPL γράφτηκε το 1991 όπου το internet βρισκόταν ακόμα σε πολύ αρχικά στάδια. Στην άδεια αυτή υπάρχει μια πολύ ισχυρή παράγραφος η οποία έδωσε στους προγραμματιστές την ευκαιρία να αποδείξουν ότι δουλειά τους θα βοηθούσε όλο τον κόσμο και ότι η διανομή της θα παρέμενε ελεύθερη, αντί να γίνει προϊόν εκμετάλλευσης από κάποιες εταιρίες λογισμικού. Αυτή η ιδέα κινητοποίησε τους προγραμματιστές για τη συνεισφορά τους στην κοινότητα OSS (open-source Software). Έχουν ήδη δημιουργηθεί διάφορες εφαρμογές για την υλοποίηση πλατφόρμας Cloud αλλά οι πέντε πιο διαδεδομένες και αναπτυσσόμενες είναι:

1. Eucalyptus
2. Sheepdog
3. Ganeti
4. OpenStack (Apache Licence)
5. OpenNebula (Apache Licence)

- Market-oriented:

Παρακάτω παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική για την υποστήριξη διανομής πόρων σε Data Centers και Cloud Computing. Η αρχιτεκτονική αυτή περιλαμβάνει τέσσερις βασικές παραμέτρους:

1. Users / Brokers (Χρήστες / Μεσίτες): Οι χρήστες ή οι μεσίτες υποβάλλουν αιτήσεις για λογαριασμό του κάθε χρήστη ο οποίος θα βρίσκεται σε οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη. Η αίτηση θα γίνεται σε συγκεκριμένο data center όπου μαζί με το Cloud επεξεργάζονται τα δεδομένα.

2. SLA Resource Allocator (Service level agreement εκχωρητής πόρων): Ο SLA ο λεγόμενος εκχωρητής πόρων λειτουργεί σε μεσολαβητής ανάμεσα στον πάροχο του data center iCloud και τους εξωτερικούς πελάτες/μεσίτες. Για να μπορέσει να υποστηριχθεί η διαχείριση πόρων και τα δεδομένα να βασίζονται στην SLA απαιτείται η αλληλεπίδραση των ακόλουθων στοιχείων:

- Service Request Examiner and Admission Control (Ελεγκτής αιτημάτων για υπηρεσία και έλεγχος αποδοχής): Όταν αρχικά υποβάλλεται ένα αίτημα για υπηρεσία, οι αρμόδιοι φορείς, δηλαδή ο ελεγκτής αιτημάτων και ο έλεγχος αποδοχής μεταφράζουν την αίτηση που έχει υποβληθεί ώστε να αποφασίσουν αν θα ικανοποιηθεί ή όχι το αίτημα τους. Με αυτόν τον τρόπο διαβεβαιώνεται ότι δεν θα υπάρξει υπερφόρτωση των πόρων και ότι θα γίνουν αποδεκτά μόνο τα αιτήματα που μπορούν να καλυφθούν οι πόροι. Για να είναι η διανομή των πόρων αποτελεσματικά και χωρίς δυσκολίες θα πρέπει οι αρμόδιοι φορείς να έχουν ανά πάσα στιγμή τα τελευταία δεδομένα από τη διαθεσιμότητα που υπάρχει (από τον Hypervisor) και το φόρτο εργασίας στον οποίο γίνεται επεξεργασία (από το Service Request Monitor).
- Pricing (Τιμολόγηση): Ο μηχανισμός τιμολόγησης αποφασίζει τον τρόπο με τον οποίο θα γίνεται η χρέωση. Συγκεκριμένα οι αιτήσεις μπορούν να χρεώνονται με δύο τρόπους: ανάλογα με το πότε ολοκληρώθηκαν με σταθερό ή κυμαινόμενο αντίτιμο ή και ανάλογα με τη ζήτηση που υπάρχει. Η τιμολόγηση εκτός από το βασικό της ρόλο, διαχειρίζεται ταυτόχρονα και τη ζήτηση των υπολογιστικών πόρων που παρέχει το data center με στόχο τη διευκόλυνση της διαδικασίας.
- Accounting (Λογιστικοποίηση): Ο μηχανισμός της λογιστικοποίησης είναι υπεύθυνος για τη σωστή διαχείριση των πόρων ώστε να υπολογιστεί το κόστος και να γίνει η χρέωση στους χρήστες. Επιπλέον, τα αρχεία ιστορικού μπορούν να χρησιμοποιηθούν σωστά από τον ελεγκτή αιτημάτων ώστε να βελτιωθεί η διανομή των πόρων στο μέλλον.
- VM Monitor (Επιμελητής εικονικών μηχανών Hypervisor): Ο μηχανισμός του VMM κρατάει συνεχώς αρχεία για τη διαθεσιμότητα των πόρων που υπάρχουν σε εικονικές μηχανές και τα δικαιώματα που έχουν αυτές.

- Service Request Monitor (Ελεγκτής αιτημάτων για υπηρεσίες): Ο ελεγκτής αυτός είναι υπεύθυνος να κρατάει τα απαραίτητα αρχεία στα οποία θα καταγράφεται η πρόοδος των αιτημάτων.
 - Dispatcher (Αποστολέας): Αυτός ο μηχανισμός αναλαμβάνει την εκτέλεση των αιτημάτων που έγιναν αποδεκτά.
3. VMs (εικονικές μηχανές): Οι εικονικές μηχανές μπορούν να ξεκινήσουν και να σταματήσουν δυναμικά σε μια και μόνο φυσική μηχανή για να ικανοποιήσουν τις αιτήσεις που υπάρχουν. Με αυτόν τον τρόπο παρέχουν τη μέγιστη δυνατή ευελιξία σε καταμήσεις του συνόλου των πόρων ώστε να ικανοποιούνται όσο το δυνατόν καλύτερα οι απαιτήσεις που υπάρχουν. Επιπλέον πολλά VM έχουν τη δυνατότητα να τρέξουν ταυτόχρονα εφαρμογές βασισμένες σε διαφορετικά λειτουργικά συστήματα σε ένα μοναδικό φυσικό μηχάνημα. Το τελευταίο συμβαίνει επειδή τα VM είναι τελείως απομονωμένα στο μηχάνημα.
 4. Physical Machines (Πραγματικά-Φυσικά Μηχάνημα): Τα Data Center περιέχουν πολλούς server οι οποίοι παρέχουν τους απαραίτητους πόρους ώστε να καλυφθούν τα όλες οι απαιτήσεις που τυχόν υπάρχουν.

5.9 Ποια είναι η σχέση μεταξύ Virtualization και Cloud Computing

Όπως έχει περιγραφεί παραπάνω η τεχνολογία του Virtualization δίνει τη δυνατότητα να "τρέξουμε" virtual machines πάνω από έναν hypervisor. Ένα VM μπορεί να εκτελέσει στην πραγματικότητα εργασίες σαν φυσικός υπολογιστής. Κάθε VM έχει

τα εξής:⁵⁴

- kernel
- λειτουργικό σύστημα
- βιβλιοθήκες
- εφαρμογές

Ο hypervisor παρέχει μια ομοιόμορφη αφαίρεση (abstraction) του υποκείμενου hardware. Πολλαπλά VM μπορούν να εκτελούνται παράλληλα σε έναν hypervisor. Ο διαχωρισμός του VM με το συγκεκριμένο hardware είναι αυτό που δίνει το ελεύθερο στο VM να εκτελεστεί και σε διαφορετικό φυσικό μηχάνημα. Το τελευταίο επιτρέπει σε εκείνον που παρέχει τις υπηρεσίες Cloud να έχει την απαραίτητη ευελιξία, να βρίσκει, να μετακινεί, και να διανέμει τους υπολογιστικούς πόρους που του έχουν ζητηθεί όπου αυτοί διατίθενται στα φυσικά μηχανήματα.

5.10 Μελλοντικοί στόχοι για το Cloud Computing

Η εναλλαξιμότητα (interchangeability) είναι αυτή που πρέπει να ακολουθηθεί περισσότερο από ότι η διαλειτουργικότητα (interoperability). Οι εφαρμοστές μπορούν να έχουν μεγαλύτερη ευελιξία να μετακινούν κάποια μοντέλα από το ένα περιβάλλον στο άλλο έχοντας πλήρη εικόνα για τα λειτουργικά αντικείμενα. Υπάρχουν γενικά κάποιες ιδέες για τις εκτιμήσεις των τεχνικών ώστε να μπορούν να διευκρινιστούν οι "καλές" υπηρεσίες Cloud, αλλά κάτι τέτοιο δεν απασχολεί άμεσα τους αρμόδιους. Χαρακτηριστικότερο παράδειγμα είναι ότι μπορούμε να αλλάξουμε πάροχο για την τηλεόραση και το internet μας χωρίς να είναι απαραίτητη η αλλαγή τηλεόρασης ή υπολογιστή. Αδιαμφισβήτητα η ύπαρξη κανονισμών και στάνταρντ για το Cloud Computing θα είχε ως αποτέλεσμα την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας και την

⁵⁴ http://www.tutorialspoint.com/cloud_computing/cloud_computing_tutorial.pdf

καλύτερη λειτουργικότητά της. Μία καλή λύση θα ήταν η δημιουργία μιας cross-Cloud πλατφόρμας η οποία θα απελευθέρωνε τους χρήστες στον ουρανό των Cloud. Κάτι τέτοιο όμως δύσκολα μπορεί να επιτευχθεί.

Η Ευρωπαϊκή επιτροπή έχει πρόσφατα ορίσει και δημοσιεύσει μια τεχνική αναφορά πορεία αλλά και τις μελλοντικές κατευθύνσεις που θα ακολουθήσει η έρευνα γύρω από το Cloud computing. (ICT research in FP7). Επίσης εκτενής αναφορά στους μελλοντικούς στόχους της νέας τεχνολογίας γίνεται και στο "OPPORTUNITIES FOR EUROPEAN Cloud COMPUTING BEYOND 2010 " για λογαριασμό της E. E. Τα πιο σημαντικά συμπεράσματα της έκθεσης αυτή είναι: "Οι συντάκτες της αναφοράς συμπεραίνουν μετά από έρευνες πως οι δυνατότητες του Cloud Computing δεν έχουν κατορθώσει μέχρι σήμερα να φτάσουν στο μέγιστο των δυνατοτήτων τους και γι' αυτό απαιτείται περαιτέρω έρευνα ώστε η εκμετάλλευσή τους να επιτευχθεί στο μέγιστο βαθμό.

Ταυτόχρονα, όμως, υπάρχει ανάγκη για βελτίωση της διαλειτουργικότητας των Cloud. Το πιο πρόσφατα διαμορφωμένο Cloud Computing Interoperability Forum κινείται γύρω από αυτό το σκεπτικό, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στις υποδομές Cloud να εξελίσσονται..

Όσον αφορά τα ζητήματα ασφάλειας και προστασίας των προσωπικών δεδομένων η μετάβαση σε υπηρεσίες Cloud αποσκοπούν στην ανάπτυξη νέων μηχανισμών προστασίας ώστε να διασφαλίσουν με κάθε τρόπο τα δεδομένα, την ιδιωτικότητα, την ασφάλεια των πόρων και την πνευματική ιδιοκτησία.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία, μελετήθηκε διεξοδικά η έννοια της εικονικοποίησης (virtualization), καθώς και η σχέση της με την τεχνολογία του cloud computing.

Όπως έγινε αντιληπτό, το virtualization είναι μία τεχνική που προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα όπως:

- Μείωση της καταναλισκόμενης ισχύς από τους εξυπηρετητές
- Μείωση του κόστους υλικού
- Μείωση του χρόνου ενεργοποίησης ενός εξυπηρετητή
- Βελτίωση του τρόπου ανάκτησης των δεδομένων σε περίπτωση βλάβης
- Σταδιακή μεταφορά όλων των δεδομένων σε υπηρεσίες cloud
- Επέκταση του χρόνου ζωής παλαιότερων εφαρμογών
- Μείωση του Συνολικού Κόστους Κτήσης (TCO)
- Απλούστερη και πιο αποδοτική συντήρηση του υλικού
- Απλούστερη διαδικασία για την εγκατάσταση των εξυπηρετητών, λόγω των βελτιωμένων και φιλικών προς το χρήστη εφαρμογών εικονικοποίησης.
- Ευκολία στον προσδιορισμό των πόρων που χρειάζεται κάθε εξυπηρετητής και απλούστερη ανάθεσή τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Uhlig, R.; Neiger, G.; Rodgers, D.; Santoni, AL.; Martins, F.C.M.; Anderson, AV.; Bennett, S.M.; Kagi, A; Leung, F.H.; Smith, L., "Intel virtualization technology," *Computer* , vol.38, no.5, pp.48,56, May 2005
- Intel Corp. Intel Vanderpool Technology for Intel Itanium Architecture (VT-i) Preliminary Specification, 2005.
- Robert P. Goldberg. Survey of virtual machine research. *IEEE Computer Magazine*, 7(6), 1974.
- Advanced Micro Devices. AMD64 Virtualization Codenamed "Pacifica" Technology, Secure Virtual Machine Architecture Reference Manual, May 2005.
- Paul Barham, Boris Dragovic, Keir Fraser, Steven Hand, Tim Harris, Alex Ho, Rolf Neugebauer, Ian Pratt, Andrew Warfield, Xen and the art of virtualization, Proceedings of the nineteenth ACM symposium on Operating systems principles, October 19-22, 2003, Bolton Landing, NY, USA
- Samuel T. King, George W. Dunlap, Peter M. Chen, Debugging operating systems with time-traveling virtual machines, Proceedings of the annual conference on USENIX Annual Technical Conference, p.1-1, April 10-15, 2005, Anaheim, CA
- Rajkumar Buyya, Chee Shin Yeo, Srikumar Venugopal, James Broberg, Ivona Brandic, Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility, *Future Generation Computer*

Systems, Volume 25, Issue 6, June 2009, Pages 599-616

- Armbrust, M., et al. Above the clouds: A Berkeley view of cloud computing. Tech. Rep. UCB/EECS-2009-28, EECS Department, U.C. Berkeley, Feb 2009.
- Amazon S3 Team. Amazon S3 Availability Event (July 20, 2008); <http://status.aws.amazon.com/s3-20080720.html>
- <http://www.oracle.com/oms/hardware/extremepformance/assets/ept-eb-dummies-server-1641465.pdf>
- <http://www.strassmann.com/pubs/gmu/2008-10.pdf>
- http://cdn.paessler.com/common/files/pdf/whitepaper/server_virtualization_en.pdf
- <http://www.infoworld.com/article/2621446/server-virtualization/top-10-benefits-of-server-virtualization.html>
- <http://www.vmware.com/virtualization/virtualization-basics/virtualization-benefits>
- https://www.vmware.com/files/pdf/vmware_advantage.pdf
- <http://www.techrepublic.com/blog/10-things/10-benefits-of-virtualization-in-the-data-center/>
- http://www.cpd.iit.edu/netsecure08/ROBERT_RANDELL.pdf
- <http://www.vmware.com/pdf/TCO.pdf>

- <http://www.vmware.com/pdf/virtualization.pdf>
- [http://www.vmware.com/files/pdf/technology/True Cost Virtual Server Solutions.pdf](http://www.vmware.com/files/pdf/technology/True_Cost_Virtual_Server_Solutions.pdf)
- <https://www.us-cert.gov/sites/default/files/publications/CloudComputingHuthCebula.pdf>