ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Server Virtualization

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γεώργιος Ν. Ράπτης

Επιβλέπων : Ευστάθιος Δ. Συκάς
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούλιος 2008

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Server Virtualization

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γεώργιος Ν. Ράπτης

Επιβλέπων : Ευστάθιος Δ. Συκάς
Καθηγητής, Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 2η Ιουλίου 2008.

.....	.....	.....
Ευστάθιος Δ. Συκάς	Μιχαήλ Ε. Θεολόγου	Γεώργιος Ι. Στασινόπουλος
Καθηγητής, Ε.Μ.Π	Καθηγητής, Ε.Μ.Π	Καθηγητής, Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούλιος 2008

.....

Γεώργιος Ν. Ράπτης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Γεώργιος Ράπτης, 2008.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας ήταν η μελέτη της τεχνολογίας Server Virtualization στα πλαίσια της πληροφορικής, η ανάλυση της συνεισφοράς της στον κόσμο του ICT, η παρουσίαση των εφαρμογών της και η σύγκριση των διάφορων διαθέσιμων αρχιτεκτονικών.

Συγκεκριμένα, έγινε μελέτη της αρχιτεκτονικής, των πλεονεκτημάτων και των εφαρμογών της τεχνολογίας x86 Server Virtualization, και παρουσιάστηκαν παραδείγματα χρήσης της εν λόγω τεχνολογίας σε επιχειρησιακά περιβάλλοντα. Επιπλέον, αναλύθηκαν τα οφέλη που επιτεύχθηκαν και γενικότερα οι αλλαγές που επέφερε η νέα τεχνολογία στις επιχειρησιακές λειτουργίες των οργανισμών.

Η μελέτη αυτή μπορεί να γίνει οδηγός για την εφαρμογή της τεχνολογίας x86 Server Virtualization σε IT περιβάλλοντα με στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους της υποδομής πληροφορικής στη λειτουργία των επιχειρήσεων, τη βέλτιστη αξιοποίηση του υλικού εξοπλισμού, την ευελιξία στις λειτουργίες και την αποδοτικότερη εφαρμογή σχεδίων αποκατάστασης της ομαλής λειτουργίας των μηχανογραφικών κέντρων ύστερα από εμφάνιση καταστροφών. Επίσης, παρουσιάζεται η μεθοδολογία υπολογισμού της μείωσης του Συνολικού Κόστους Κτήσης (TCO) μετά από την χρήση τεχνολογίας Virtualization. Το τελευταίο, επιτυγχάνεται μέσω ποσοτικοποίησης της εξοικονόμησης κόστους και εργατοωρών σε διάφορες περιοχές λύσεων και κατηγορίες κόστους.

Στα πλαίσια της μελέτης εφαρμογών και της παρουσίασης περιπτώσεων χρήσης της εν λόγω τεχνολογίας, αναλύονται συγκεκριμένες περιπτώσεις οργανισμών όπου χρησιμοποιήθηκε το “Server Virtualization”.

Λέξεις Κλειδιά

Τεχνολογία Ιδεατοποίησης, Ιδεατοποίηση Εξυπηρετητών, Ιδεατοποίηση Σταθμών Εργασίας, Ιδεατοποίηση Συστημάτων Αποθήκευσης Δεδομένων, Ιδεατοποίηση Δικτύου, Ιδεατοποίηση Εφαρμογών, Ιδεατό Μηχάνημα, Ιδεατός Εξυπηρετητής, Ιδεατή Συσκευή, Συγχώνευση Εξυπηρετητών, Συνολικό Κόστος Κτήσης, Επιστροφή από Επένδυση, Λειτουργικά Έξοδα, Υψηλή Διαθεσιμότητα, Ανάκαμψη από Καταστροφή, Συνέχεια Εργασιών, Σχέδιο Ανάκαμψης από Καταστροφή, Ανάλυση Αντίκτυπου Καταστροφής, Αυτοματοποίηση Εργασιών, Ιδεατό Κέντρο Δεδομένων, Ιδεατή Υποδομή.

Abstract

The scope of this thesis was the study of the Server Virtualization technology in terms of Information Technology, the analysis of its contribution to the ICT community, the presentation of its application areas and the comparison of the various available architectures.

Specifically, the architecture, the application areas and the advantages of the x86 Server Virtualization technology were studied, as well as examples of use of the under analysis technology in business environments were presented. Furthermore, the benefits achieved and the overall changes that this new technology brought to business operations of the enterprises were analyzed.

This study can be used as a guide for applying the x86 Server Virtualization technology in IT environments for achieving cost minimization of the IT infrastructure in the enterprise operation, for optimal utilization of the hardware, for flexibility in operations and for more efficient enforcement of the disaster recovery plans. Additionally, the methodology for calculating the reduction in the Total Cost of Ownership (TCO) after the use of Virtualization technology is presented. The latter, is achieved through quantifying both cost and labor savings across solution areas and cost categories.

In the context of the application areas study and of the presentation of use cases for the technology under consideration, specific case studies for enterprises where the “Server Virtualization” was implemented have been analyzed.

Key Words

Virtualization Technology, Server Virtualization, Desktop Virtualization, Storage Virtualization, Storage Virtualization, Network Virtualization, Application Virtualization, Virtual Machine, Virtual Server, Virtual Appliance, Server Consolidation, Total Cost of Ownership (TCO), Return On Investment (ROI), CapEx, OpEx, High Availability, Disaster Recovery, Business Continuity, Disaster Recovery Plan, Business Impact Analysis, Business Automation, Virtual Data Center, Virtual Infrastructure.

Ευχαριστίες

Η εργασία αυτή είναι αφιερωμένη στη μνήμη της μητέρας μου Χρυσής Ράπτη.

Ευχαριστώ την οικογένειά μου για την στήριξη που μου παρείχε.

Ευχαριστώ όλα τα διευθυντικά στελέχη της Performance Technologies A.E, και ειδικότερα τον κ. Ανδρέα Τσαγκάρη και τον Δρ. Δημήτριο Παπαντωνίου για την αμέριστη συμπαράστασή τους σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Ευχαριστώ τον Δρ. Νικόλαο Δεσύπρη για την συνεισφορά του στην εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας.

Ευχαριστώ τον επιβλέποντα Καθηγητή, Ευστάθιο Συκά, για την συνεισφορά του στην εκπόνηση της συγκεκριμένη εργασίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ SERVER VIRTUALIZATION 11
1.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ 11
1.2. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΠΑΡΕΛΘΟΝ 13
1.3. ΟΡΙΣΜΟΣ SERVER VIRTUALIZATION 14
1.4. ΟΡΙΣΜΟΣ VIRTUAL MACHINE 17
1.5. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ X86 SERVER VIRTUALIZATION 20
1.5.1. ΜΟΝΤΕΛΟ VIRTUAL MACHINE 20
1.5.2. ΜΟΝΤΕΛΟ PARAVIRTUAL MACHINE 21
1.5.3. VIRTUALIZATION ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ 22
2. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ VIRTUALIZATION 24
2.1. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ SERVER VIRTUALIZATION 24
2.2. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ VIRTUAL MACHINES 27
2.3. ΙΔΕΑΤΗ ΥΠΟΔΟΜΗ (VIRTUAL INFRASTRUCTURE) 32
2.4. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ VIRTUAL INFRASTRUCTURE 35
3. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ SERVER VIRTUALIZATION 37
3.1. MICROSOFT VIRTUAL SERVER 37
3.2. VMWARE ESX SERVER 38
3.2.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ VMWARE SERVER VIRTUALIZATION 44
3.2.1.1. ΙΔΕΑΤΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ (VMWARE VMOTION) 44
3.2.1.2. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΦΟΡΤΙΟΥ (VMWARE DRS) 45
3.2.1.3. ΥΨΗΛΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ (VMWARE HA) 46
4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ SERVER VIRTUALIZATION 53
4.1. SERVER CONSOLIDATION 53
4.2. ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ (TEST & DEVELOPMENT) 54
4.3. DISASTER RECOVERY 55
4.3.1. BUSINESS CONTINUITY 56
4.3.2. BUSINESS IMPACT ANALYSIS 57
4.3.3. RECOVERY TIME OBJECTIVE (RTO) 58
4.3.4. RECOVERY POINT OBJECTIVE (RPO) 58
4.4. ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟ ΜΗΧΑΝΟΓΡΑΦΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ 66
4.5. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΣΥΝΕΙΔΗΣΗ ΣΤΟ IT (GREEN IT) 66
4.6. DESKTOP VIRTUALIZATION – VDI 70
5. ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ - TCO 74
5.1. ΟΡΟΛΟΓΙΑ 75
5.2. BARTOK, INC.: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ SERVER CONSOLIDATION 77
5.3. ΣΥΓΧΩΝΕΥΣΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΩΝ (SERVER CONSOLIDATION) 78
5.3.1. SERVER HARDWARE 78

5.3.2. ΙΣΧΥΣ 80
5.3.3. ΨΥΞΗ 83
5.3.4. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ (SAN) 86
5.3.5. ΔΙΚΤΥΟ 90
5.3.6. ΑΚΙΝΗΤΗ ΠΕΡΙΟΥΣΙΑ ΜΗΧΑΝΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ (DATA CENTER REAL ESTATE) 94
5.3.7. ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗ ΟΜΑΛΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (BUSINESS CONTINUITY) 97
5.3.7.1. ΚΕΦΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΓΙΑ ΑΝΑΚΑΜΨΗ ΑΠΟ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ (DISASTER RECOVERY CAPEX & OPEX) 98
5.3.7.2. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΩΝ (PROVISIONING) ΣΤΟ DISASTER RECOVERY 98
5.3.7.3. ΧΡΟΝΟΣ ΓΕΝΙΚΩΝ ΔΙΑΚΟΠΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (GENERAL DOWNTIME) 98
5.3.7.4. ΑΝΑΚΑΜΨΗ ΑΠΟ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ Η ΜΑΖΙΚΗ ΑΣΤΟΧΙΑ 100
5.3.8. ΔΙΑΘΕΣΗ ΥΠΟΔΟΜΗΣ (INFRASTRUCTURE PROVISIONING) 101
5.3.8.1. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ VIRTUALIZATION 101
5.3.8.2. ΔΙΑΘΕΣΗ ΝΕΩΝ ΙΔΕΑΤΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΩΝ (WORKLOAD PROVISIONING) 103
5.4. ΣΥΝΟΨΗ 105
5.4.1. ΚΑΘΑΡΑ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ 105
5.4.2. ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ TCO ΤΗΣ BARTOK ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΑ 3-ΕΤΙΑΣ 106
6. ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ SERVER VIRTUALIZATION (CASE STUDIES) 109
6.1. ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Α – ΤΡΑΠΕΖΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ 109
6.1.1. ΑΡΧΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ 109
6.1.2. ΣΤΟΧΟΣ 109
6.1.3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΡΓΟΥ DR 110
6.1.4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΈΡΓΟΥ DR 112
6.1.5. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ/ΟΦΕΛΗ 114
6.2. ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Β – ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ 115
7. ΆΛΛΕΣ ΜΟΡΦΕΣ VIRTUALIZATION 116
7.1. STORAGE VIRTUALIZATION 116
7.2. NETWORK VIRTUALIZATION 117
7.3. APPLICATION VIRTUALIZATION 118
8. ΤΕΧΝΟΤΡΟΠΙΕΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΣΤΟ VIRTUALIZATION 118
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΓΛΩΣΣΑΡΙ 119
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ 125

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχημα 1 – Συσχετιση αυξησης αριθμου εξυπηρετητων & βαθμου αξιοποιησης τους [1] 13
Σχημα 2 – Μορφη εξυπηρετητη πριν και μετα το Virtualization [1] 15
Σχημα 3 – Απεικονιση του Server Virtualization [1] 16
Σχημα 4 – Απεικονιση λειτουργικου συστηματος μεσα σε φυσικο και μεσα σε ιδεατο εξυπηρετητη [1] 17
Σχημα 5 – Ανατομια ιδεατου μηχανηματος [1] 18
Σχημα 6 – Ιδεατο μηχανημα [2] 19
Σχημα 7 – Hypervisor [2] 20
Σχημα 8 – Συγκριση βαθμου αξιοποιησης Η/Υ με και χωρις Virtualization [1] 26
Σχημα 9 – Ιδιοτητα του Virtualization: Απομονωση [1] 28
Σχημα 10 – Ιδιοτητα του Virtualization: Ενθυλακωση [1] 29
Σχημα 11 – Ιδιοτητα του Virtualization: Ανεξαρτησια απο το Hardware [1] 30
Σχημα 12 – Ιδιοτητα του Virtualization: Διαμερισμος [1] 31
Σχημα 13 – Οι κυριες ιδιοτητες του Virtualization [1] 31
Σχημα 14 – Λογικη αναπαρασταση ιδεατης υποδομης [1] 33
Σχημα 15 – Λογικη αναπαρασταση ιδεατου κεντρου δεδομενων [1] 33
Σχημα 16 – Υποδομη κοινου υλικου εξοπλισμου Η/Υ [1] 34
Σχημα 17 – Virtual Infrastructure [2] 35
Σχημα 18 – Περιορισμοι στην επεκτασιμοτητα των κεντρων δεδομενων [1] 36
Σχημα 19 – Νεα προσεγγιση στην επεκτασιμοτητα των κεντρων δεδομενων [1] 36
Σχημα 20 – Η πορεια εξελιξης του Virtualization στο χρονο [1] 39
Σχημα 21 – Οι γενιες του Virtualization [1] 40
Σχημα 22 – Το Virtualization ως πολλαπλασιαστης πορων [1] 41
Σχημα 23 – Χρονοπρογραμματισμος ιδεατων συστηματων-1 [3] 42
Σχημα 24 – Χρονοπρογραμματισμος ιδεατων συστηματων-2 [3] 42
Σχημα 25 – Χρονοπρογραμματισμος ιδεατων συστηματων-3 [3] 43
Σχημα 26 – Ιδεατη μεταφορα εικονικων συστηματων (VMotion) [4] 45
Σχημα 27 – Δυναμικη κατανομη φορτιου (DRS) [4] 46
Σχημα 28 – Υψηλη διαθεσιμοτητα (HA) [4] 47
Σχημα 29 – Φυσικη τοπολογια ιδεατου μηχανογραφικου κεντρου [4] 48
Σχημα 30 – Αρχιτεκτονικη δικτυου με χρηση Virtualization [4] 50
Σχημα 31 – Αρχιτεκτονικη αποθηκευτικων μεσων [4] 51
Σχημα 32 – Virtualization με Blade Servers [1] 53
Σχημα 33 – Συσχετιση κοστους και RPO/RTO για διαφορες εφαρμογες [8] 59
Σχημα 34 – Συσχετιση κοστους και RPO/RTO για τις διαφορες τεχνολογιες προστασιας δεδομενων [8] 60
Σχημα 35 – VMware Site Recovery Manager [1] 61
Σχημα 36 – Δομικα στοιχεια υλοποιησης VMware Site Recovery Manager [1] 62
Σχημα 37 – Ενεργοποιηση ενος DRP με μια μονο ενεργεια [1] 62
Σχημα 38 – Virtualization & Array Replication [1] 63
Σχημα 39 – Virtualization & Disaster Recovery [1] 63
Σχημα 40 – Virtualization & DR Test [1] 64
Σχημα 41 – Προστασια φυσικων συστηματων με ιδεατα συστηματα [1] 65
Σχημα 42 – Συγκριση διαδικασιας αποκαταστασης της λειτουργιας φυσικου και ιδεατου συστηματος [1] 66
Σχημα 43 – Απεικονιση λειτουργιας του VMware DPM [1] 68
Σχημα 44 – Φορμα υπολογισμου μειωσης καταναλισκομενης ενεργειας απο την χρηση Virtualization [1] ... 70
Σχημα 45 – Απεικονιση υποδομης ιδεατων σταθμων εργασιας-1 [11] 72
Σχημα 46 – Απεικονιση υποδομης ιδεατων σταθμων εργασιας-2 [11] 72
Σχημα 47 –Χρησεις του VDI [11] 73
Σχημα 48 – Η εξελιξη του Desktop Computing μοντελου στο περασμα του χρονου [11] 73
Σχημα 49 – Συνοψη των χρησεων της ιδεατης υποδομης Η/Υ [1] 74
Σχημα 50 – Μειωση μεγεθους επενδυσης με την χρηση Virtualization [1] 80
Σχημα 51 – Μειωση αναγκων για ψυξη στο Μ/Κ με τη χρηση Virtualization [1] 83
Σχημα 52 – Διαταξη hot aisle/cold aisle [12] 84
Σχημα 53 – Διαταξη SAN [12] 87
Σχημα 54 – Δικτυακη συνδεση Η/Υ με και χωρις Virtualization [12] 91

Σχημα 55 – Μειωση απαιτησεων σε περιφερειακο εξοπλισμο Η/Υ με τη χρηση Virtualization [1]..... 93
Σχημα 56 – Μειωση απαιτησεων σε Μηχανογραφικο εξοπλισμο με τη χρηση Virtualization [1] 97
Σχημα 57 – Καθαρα Παρουσα Αξια εξοικονομησης χρηματων απο τη χρηση Virtualization [12] 105
Σχημα 58 – Διαγραμμα συγκρισης της Καθαρας Παρουσας Αξιας του TCO με και χωρις χρηση Virtualization [12] 107
Σχημα 59 – Διαχειριση υποδομης Μ/Κ σαν εργοστασιο παραγωγης ενεργειας [1]..... 108
Σχημα 60 – Συνοψη πλεονεκτηματων απο τη συγχωνευση εξυπηρετητων [1] 108
Σχημα 61 – Εργαλειο μετατροπης φυσικων συστηματων σε ιδεατα συστηματα (Μελετη Περιπτωσης Α) [1] 111
Σχημα 62 – Διαδικασια μετατροπης φυσικου συστηματος σε ιδεατο (Μελετη Περιπτωσης Α) [3] 111
Σχημα 63 – Απεικονιση Πρωτευοντος και Εναλλακτικου Μ/Κ Τραπεζικου Οργανισμου (Μελετη Περιπτωσης Α) 112
Σχημα 64 – Δημιουργια αντιγραφων ασφαλειας ιδεατων συστηματων (Μελετη Περιπτωσης Α) 113
Σχημα 65 – Φορμα υπολογισμου κοστους ανα ιδεατο μηχανημα (Μελετη Περιπτωσης Α) [26] 114
Σχημα 66 – Αφομοιωση τεχνολογιας Virtualization στο περασμα του χρονου (Μελετη Περιπτωσης Β) [1].. 115
Σχημα 67 – Αντιπαραβολη παραδοσιακης τοπολογιας δικτυου και τοπολογιας δικτυου με χρηση VLANs 117

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ SERVER VIRTUALIZATION ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ [2] 55
ΠΙΝΑΚΑΣ 2 – ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ TCO 77
ΠΙΝΑΚΑΣ 3 – ΣΥΝΘΕΣΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΩΝ ΤΗΣ BARTOK 77
ΠΙΝΑΚΑΣ 4 – ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΕΙΩΣΗΣ ΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ SERVER HARDWARE ΜΕ ΧΡΗΣΗ VIRTUALIZATION 78
ΠΙΝΑΚΑΣ 5 – ΣΥΝΘΕΣΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΩΝ ΤΗΣ BARTOK ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΟ VIRTUALIZATION 79
ΠΙΝΑΚΑΣ 6 – ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΕΙΩΣΗΣ ΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ VIRTUALIZATION 81
ΠΙΝΑΚΑΣ 7 – ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΤΟΥ HARDWARE ΤΗΣ BARTOK ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΟ VIRTUALIZATION 82
ΠΙΝΑΚΑΣ 8 – ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΕΙΩΣΗΣ ΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ VIRTUALIZATION 85
ΠΙΝΑΚΑΣ 9 – ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΤΟΥ HARDWARE ΤΗΣ BARTOK ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΟ VIRTUALIZATION 86
ΠΙΝΑΚΑΣ 10 – ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΕΙΩΣΗΣ ΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΤΟΥ SAN ΜΕ ΧΡΗΣΗ VIRTUALIZATION 88
ΠΙΝΑΚΑΣ 11 – ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΕΙΩΣΗΣ ΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ VIRTUALIZATION 92
ΠΙΝΑΚΑΣ 12 – ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΕΙΩΣΗΣ ΣΕ ΑΝΑΓΚΕΣ ΑΚΙΝΗΤΗΣ ΠΕΡΙΟΥΣΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ VIRTUALIZATION 94
ΠΙΝΑΚΑΣ 13 – ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ DOWNTIME ΜΕ ΧΡΗΣΗ VIRTUALIZATION 99
ΠΙΝΑΚΑΣ 14 – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ DOWNTIME ΤΗΣ BARTOK 99
ΠΙΝΑΚΑΣ 15 – ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΑΠΟ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ VIRTUALIZATION 100
ΠΙΝΑΚΑΣ 16 – ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ VIRTUALIZATION 102
ΠΙΝΑΚΑΣ 17 – ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΕΙΩΣΗΣ ΧΡΟΝΟΥ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΝΕΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ 103
ΠΙΝΑΚΑΣ 18 – ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΝΕΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΩΝ ΤΗΣ BARTOK ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΟ VIRTUALIZATION 104
ΠΙΝΑΚΑΣ 19 – ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΣΤΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ ΤΗΣ BARTOK (ΠΕΡΙΟΔΟΣ 3-ΕΤΙΑΣ) 106
ΠΙΝΑΚΑΣ 20 – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ VIRTUALIZATION 106
ΠΙΝΑΚΑΣ 21 – ΣΥΝΟΨΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΤΟΥ VIRTUALIZATION [27] 118

1. Τεχνολογία Server Virtualization

1.1. Ιστορική Αναδρομή

Η ιδεατοποίηση ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι μία έννοια που αναπτύχθηκε για πρώτη φορά στη δεκαετία του 1960 για τον διαμερισμό των μεγάλων mainframe υπολογιστών. Σήμερα, οι υπολογιστές που βασίζονται σε αρχιτεκτονική x86 αντιμετωπίζουν τα ίδια προβλήματα «ακαμψίας» και περιορισμένης αξιοποίησης που αντιμετώπιζαν και τα mainframes στην δεκαετία του 1960.

Mainframe Virtualization

Το Virtualization υλοποιήθηκε πριν από 30 χρόνια αρχικά από την IBM σαν μία μέθοδος για τον λογικό διαμερισμό των mainframe υπολογιστών σε ξεχωριστούς ιδεατούς υπολογιστές (virtual machines). Αυτά τα διαμερίσματα (partitions) επέτρεπαν στα mainframes το "multitask": να εκτελούν πολλαπλές εφαρμογές και διεργασίες παράλληλα. Δεδομένου ότι τα mainframes ήταν ακριβοί πόροι εκείνη την εποχή, σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να διαμερίζονται, προκειμένου να αντισταθμίζουν πλήρως (fully leverage) την οικονομική επένδυση.

Η ανάγκη για x86 Virtualization

Το Virtualization πρακτικά εγκαταλείφθηκε στη διάρκεια των δεκαετιών 1980 και 1990 όταν οι client-server εφαρμογές και οι χαμηλού κόστους x86 εξυπηρετητές και σταθμοί εργασίας, καθιέρωσαν το μοντέλο της κατανεμημένης επεξεργασίας (distributed computing). Αντί της από κοινού χρήσης πόρων κεντρικά, σύμφωνα με το mainframe μοντέλο, 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 server operating systems στην δεκαετία του 1990, καθιέρωσαν τους x86 servers ως πρότυπο για την βιομηχανία (industry standard). Η ανάπτυξη στην γρήγορη και εύκολη διάθεση (deployment) των x86 servers και desktops έχει εισάγει νέες προκλήσεις στην IT υποδομή και τις λειτουργίες. Σε αυτές τις προκλήσεις συγκαταλέγονται τα παρακάτω:

- <u>Περιορισμένη Αξιοποίηση Υποδομής</u>
  Η συνήθης ανάπτυξη των x86 servers επιτυγχάνει μέση χρήση της τάξης του μόνο 10 με 15 τοις εκατό επί της συνολικής χωρητικότητας, σύμφωνα με το International Data Corporation (IDC), μια εταιρεία έρευνας αγορών. Οι οργανισμοί συνήθως εκτελούν μία εφαρμογή ανά εξυπηρετητή προκειμένου να αποφύγουν τον κίνδυνο τα ευπαθή σημεία μίας εφαρμογής να επηρεάσουν την διαθεσιμότητα μιας άλλης εφαρμογής στον ίδιο server.

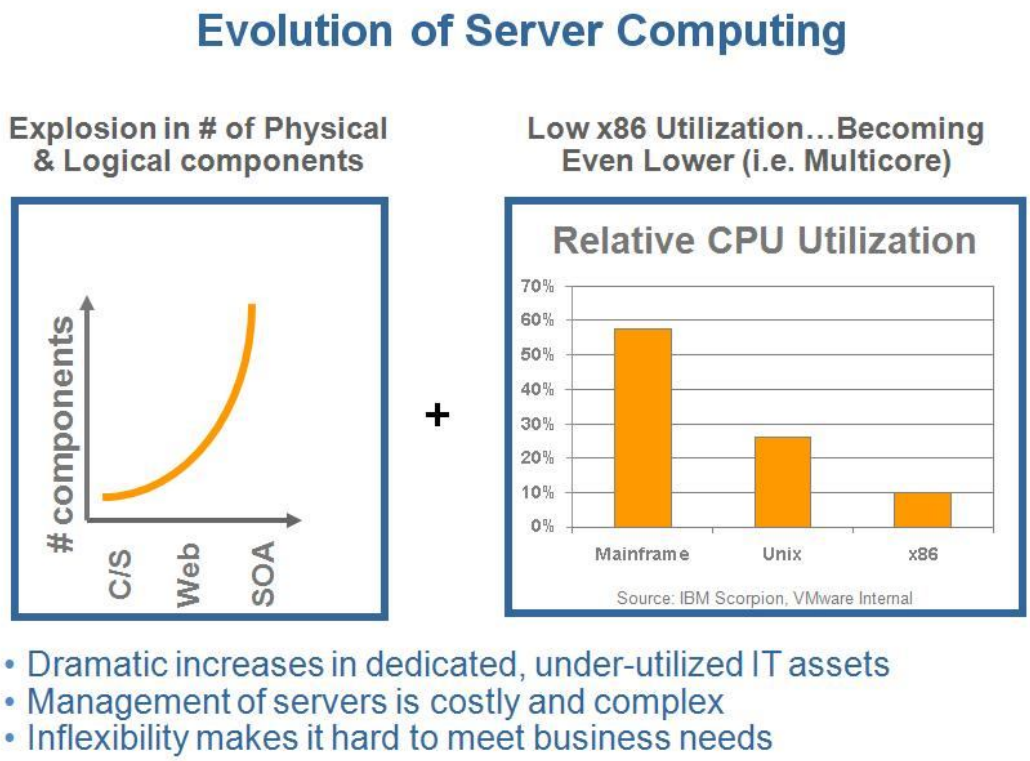
- Αυξημένο Κόστος Φυσικής Υποδομής
  Το λειτουργικό κόστος για την υποστήριξη της αυξανόμενης φυσικής υποδομής μεγαλώνει σταθερά. Το μεγαλύτερο μέρος της υποδομής υπολογιστών πρέπει να παραμένει σε λειτουργία συνεχώς, οδηγώντας σε κατανάλωση ισχύος, ανάγκες ψύξης και κόστος εγκαταστάσεων που δεν μεταβάλλονται σύμφωνα με το βαθμό χρήσης.

- Αυξανόμενο Κόστος Διαχείρισης του IT
  Καθώς τα περιβάλλοντα των υπολογιστών γίνονται περισσότερο σύνθετα, έχει αυξηθεί το επίπεδο εξειδικευμένης εκπαίδευσης και εμπειρίας που απαιτείται από το προσωπικό διαχείρισης της υποδομής, καθώς επίσης το σχετιζόμενο κόστος. Οι οργανισμοί δαπανούν δυσανάλογο χρόνο και πόρους σε χειρονακτικές εργασίες που σχετίζονται με την συντήρηση των εξυπηρετητών, και επομένως απαιτείται περισσότερο προσωπικό για να εκτελέσει αυτές τις εργασίες.

- Ανεπαρκής Μετάπτωση και Προστασία από Καταστροφές
  Οι οργανισμοί επηρεάζονται αυξανόμενα από την διακοπή λειτουργίας (downtime) κρίσιμων εφαρμογών υπηρεσιών και την αδυναμία πρόσβασης κρίσιμων τελικών χρηστών σε σταθμούς εργασίας. Η απειλή των επιθέσεων στην ασφάλεια, η απειλή των φυσικών καταστροφών, των επιδημιών και της τρομοκρατίας έχει αυξήσει τη σημαντικότητα του σχεδιασμού για τη διατήρηση της ομαλής λειτουργίας του οργανισμού (business continuity planning) τόσο για τους σταθμούς εργασίας όσο και για τους εξυπηρετητές.

- Έντονη Συντήρηση των Σταθμών Εργασίας τελικών χρηστών
  Η διαχείριση και η ασφάλιση των σταθμών εργασίας των οργανισμών παρουσιάζει πολυάριθμες προκλήσεις. Ο έλεγχος ενός περιβάλλοντος με διεσπαρμένους σταθμούς εργασίας (desktops) και η επιβολή πολιτικής διαχείρισης, πρόσβασης και ασφάλειας χωρίς να εξασθενεί η δυνατότητα των χρηστών να δουλεύουν με αποδοτικό τρόπο είναι πολύπλοκη και δαπανηρή. Πολυάριθμες διορθώσεις (patches) και αναβαθμίσεις πρέπει να εφαρμόζονται συνεχώς στα περιβάλλοντα υπολογιστών γραφείου προκειμένου να εξαλείψουν τα ευπαθή σημεία στην ασφάλεια.

Το Σχ. 1 δείχνει την εκρηκτική αύξηση στον πληθυσμό των φυσικών συστημάτων x86 αρχιτεκτονικής τα τελευταία χρόνια, σε συνδυασμό με την ιδιαίτερα περιορισμένη αξιοποίησή τους.



Σχήμα 1 – Συσχέτιση αύξησης αριθμού εξυπηρετητών & βαθμού αξιοποίησής τους [1]

1.2. Προβλήματα στο παρελθόν

Προκλήσεις & Εμπόδια στο x86 Virtualization

Αντίθετα με τα mainframes, τα x86 συστήματα δεν σχεδιάστηκαν για να υποστηρίζουν πλήρως το Virtualization, και η κοινωνία της πληροφορικής είχε να ξεπεράσει ισχυρές προκλήσεις για να δημιουργήσει ιδεατά μηχανήματα (virtual machines) βασισμένα σε x86 υπολογιστές.

Η βασική λειτουργία των περισσότερων Κεντρικών Μονάδων Επεξεργασίας (CPUs), τόσο στα mainframes όσο και στα PCs, είναι να εκτελούν μια ακολουθία αποθηκευμένων οδηγιών (π.χ., ένα πακέτο λογισμικού). Στους x86 επεξεργαστές, υπάρχουν 17 συγκεκριμένες οδηγίες που δημιουργούν προβλήματα όταν γίνονται ιδεατές (virtualize), προκαλώντας το λειτουργικό σύστημα να εμφανίσει μια προειδοποίηση, να τερματίσει την εφαρμογή, ή απλά να καταρρεύσει. Σαν αποτέλεσμα, αυτές οι 17 οδηγίες αποτελούσαν ένα σημαντικό εμπόδιο στην αρχική υλοποίηση του Virtualization σε x86 υπολογιστές.

Για τον χειρισμό των προβληματικών οδηγιών στην αρχιτεκτονική των x86 υπολογιστών, οι κατασκευαστές λογισμικού Virtualization ανέπτυξαν μια τεχνική

προσαρμογής για το Virtualization, η οποία «παγιδεύει» αυτές τις οδηγίες κατά την δημιουργία τους και τις μετατρέπει σε ασφαλείς οδηγίες που μπορούν να γίνουν «virtualize», ενώ παράλληλα επιτρέπει σε όλες τις άλλες οδηγίες να εκτελούνται χωρίς καμία παρέμβαση. Το αποτέλεσμα είναι ένα υψηλής απόδοσης virtual machine που συνδυάζεται αρμονικά με το hardware του εξυπηρετητή (host) και διατηρεί πλήρη συμβατότητα λογισμικού.

1.3. Ορισμός Server Virtualization

Τί είναι το Server Virtualization;

Το Server Virtualization είναι ένα πλαίσιο, μεθοδολογία ή τεχνική που επιτυγχάνει τον διαμερισμό των φυσικών πόρων ενός υπολογιστή σε πολλαπλά περιβάλλοντα εκτέλεσης, εφαρμόζοντας μία ή περισσότερες τεχνολογίες όπως διαμερισμό σε επίπεδο υλικού ή σε επίπεδο λογισμικού, διαμερισμό σε επίπεδο χρόνου, μερική ή ολική προσομοίωση μηχανής, εξομοίωση, ποιότητα υπηρεσιών, και άλλες.

Είναι η μέθοδος εκτέλεσης πολλαπλών ανεξάρτητων ιδεατών λειτουργικών συστημάτων σε έναν φυσικό υπολογιστή.

Είναι η απόκρυψη των φυσικών υπολογιστικών πόρων, συμπεριλαμβανομένων του αριθμού και της ταυτότητας των μεμονωμένων φυσικών εξυπηρετητών, επεξεργαστών και λειτουργικών συστημάτων από τους χρήστες του «ιδεατού» εξυπηρετητή.

Το Virtualization, είναι ο διαμερισμός ενός φυσικού συστήματος σε πολλαπλά απομονωμένα μεταξύ τους εικονικά περιβάλλοντα. Τα εικονικά αυτά περιβάλλοντα συνήθως ονομάζονται virtual private servers, αλλά μπορεί κανείς να τα συναντήσει και με το όνομα partitions, guests, instances, containers ή emulations ή virtual machines.

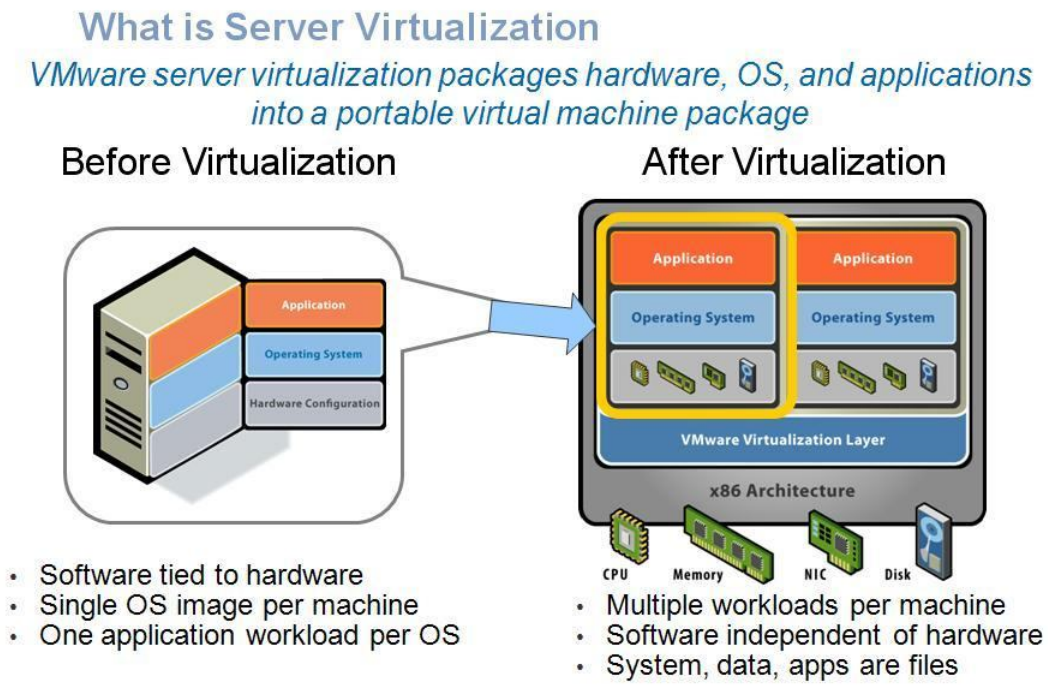
Είναι ένα αφαιρετικό ενδιάμεσο στρώμα που επιτρέπει σε πολλαπλά ιδεατά μηχανήματα, με ετερογενή λειτουργικά συστήματα να λειτουργούν το καθένα ξεχωριστά μέσα σε ένα απομονωμένο περιβάλλον, το ένα δίπλα στο άλλο, πάνω στο ίδιο φυσικό μηχάνημα.

Το Virtualization είναι μια δοκιμασμένη τεχνολογία λογισμικού που μετατρέπει ραγδαία το τοπίο στο IT και αλλάζει θεμελιωδώς τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούμε τους υπολογιστές.

Οι σημερινοί πολύ ισχυροί x86 υπολογιστές σχεδιάστηκαν αρχικά για να «τρέχουν» ένα μόνο λειτουργικό σύστημα και μία μόνο εφαρμογή. Το Virtualization καταργεί αυτή τη σύμβαση, κάνοντας εφικτό να εκτελούνται πολλαπλά λειτουργικά συστήματα και πολλαπλές εφαρμογές στον ίδιο υπολογιστή την ίδια χρονική στιγμή, αυξάνοντας έτσι την αξιοποίηση και την προσαρμοστικότητα των φυσικών πόρων.

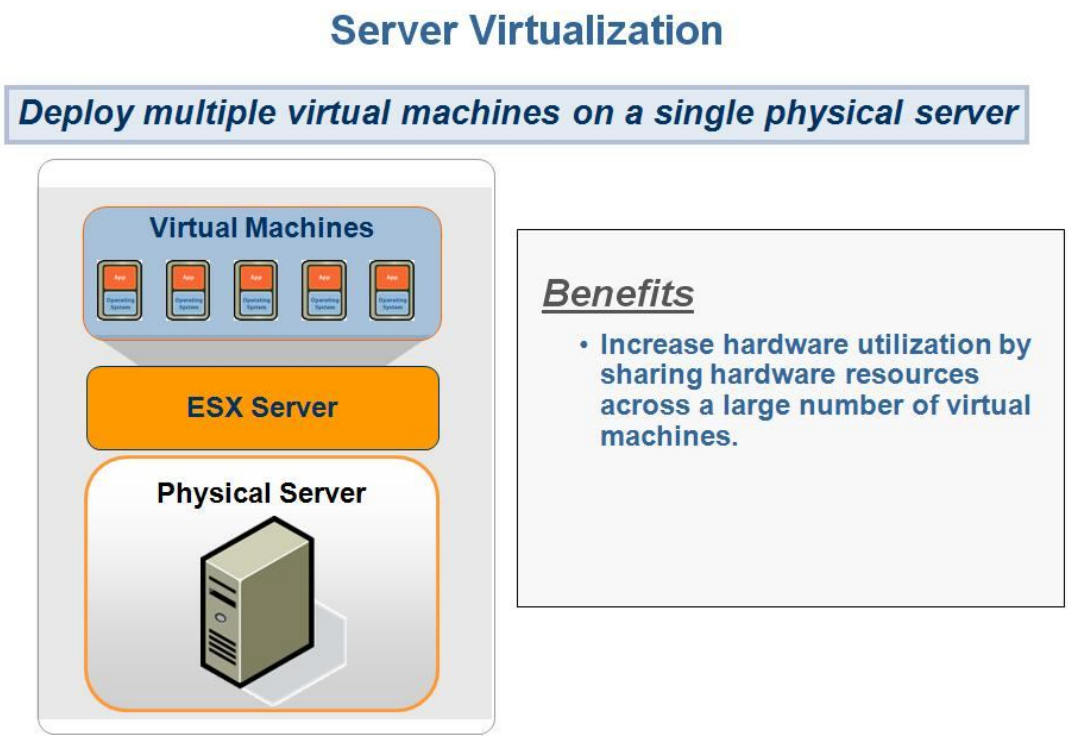
Το Virtualization είναι μια τεχνοτροπία από την οποία μπορούν να ωφεληθούν όλοι όσοι χρησιμοποιούν υπολογιστή, από τους επαγγελματίες της πληροφορικής και τους οπαδούς των Macintosh μέχρι τις εμπορικές επιχειρήσεις και τους κυβερνητικούς οργανισμούς. Χρησιμοποιώντας το Virtualization γίνεται εξοικονόμηση χρόνου, χρημάτων και ενέργειας ενώ παράλληλα δύναται να επιτευχθούν περισσότερα πράγματα με τους ήδη διαθέσιμους ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Το Σχ. 2 παρουσιάζει μια γραφική απεικόνιση ενός λειτουργικού συστήματος και των εφαρμογών του μέσα σε ένα φυσικό μηχάνημα, σε αντιπαραβολή με το ίδιο λειτουργικό σύστημα και τις εφαρμογές του μέσα σε ένα ιδεατό μηχάνημα.



Σχήμα 2 – Μορφή εξυπηρετητή πριν και μετά το Virtualization [1]

Το Σχ. 3 απεικονίζει την παρουσία πολλαπλών ιδεατών συστημάτων (virtual machines) μέσα σε ένα φυσικό σύστημα (physical server). Στο συγκεκριμένο σχήμα, το λογισμικό Virtualization που παρεμβάλλεται ανάμεσα στα ιδεατά μηχανήματα και τον φυσικό εξυπηρετητή είναι το «ESX Server» της εταιρείας VMware.

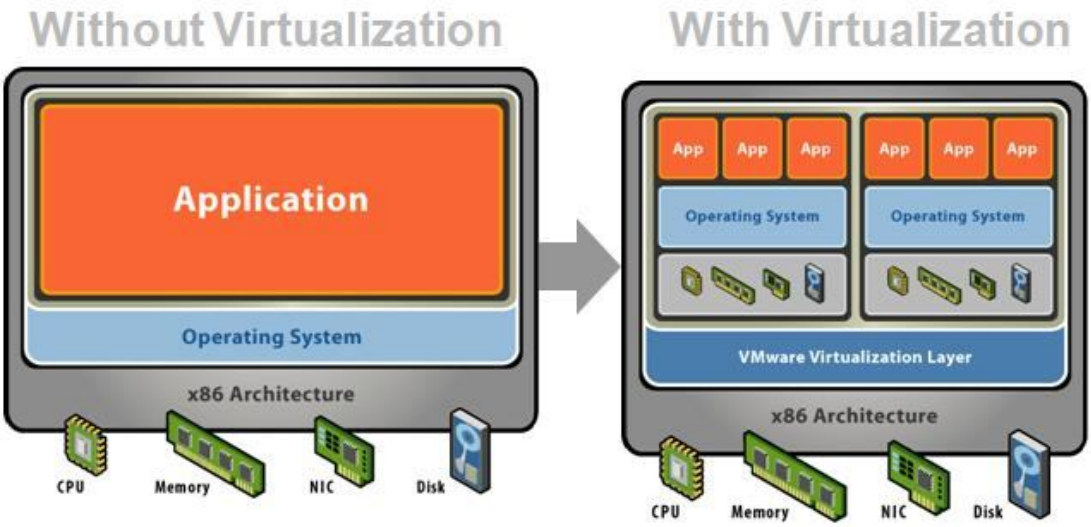


Σχήμα 3 – Απεικόνιση του Server Virtualization [1]

Πώς λειτουργεί το Server Virtualization;

Στην ουσία, το Virtualization μας επιτρέπει να μετατρέψουμε το hardware σε software. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε λογισμικό, όπως το VMware ESX Server, για να μετατρέψουμε ή αλλιώς να κάνουμε «virtualize» τους φυσικούς πόρους ενός x86-based υπολογιστή, συμπεριλαμβανομένων των ΚΜΕ (CPU), Μνήμη (RAM), σκληρό δίσκο (hard disk) και ελεγκτή δικτύου (network controller), προκειμένου να δημιουργήσουμε ένα πλήρως λειτουργικό ιδεατό μηχάνημα (virtual machine) που μπορεί να «τρέχει» το δικό του λειτουργικό σύστημα και τις δικές του εφαρμογές ακριβώς όπως ένας «πραγματικός» υπολογιστής.

Πολλαπλά virtual machines μπορούν να μοιράζονται τους φυσικούς πόρους χωρίς να επηρεάζουν το ένα το άλλο έτσι ώστε να μπορούμε με ασφάλεια να τρέξουμε πολλαπλά λειτουργικά συστήματα και εφαρμογές παράλληλα σε έναν υπολογιστή, μοιράζοντάς τον ουσιαστικά σε πολλούς ιδεατούς υπολογιστές (virtual machines), όπως φαίνεται και στο Σχ. 4.



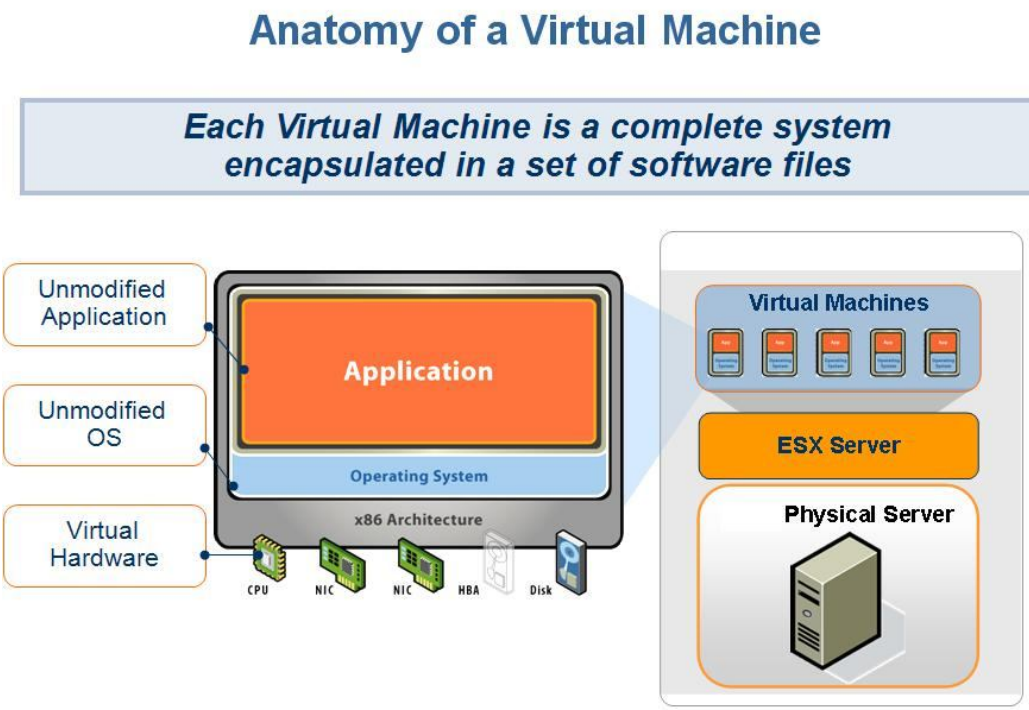
Σχήμα 4 – Απεικόνιση λειτουργικού συστήματος μέσα σε φυσικό και μέσα σε ιδεατό εξυπηρετητή [1]

1.4. Ορισμός Virtual Machine

Τι είναι ένα Virtual Machine;

Ένα Ιδεατό Μηχάνημα (Virtual Machine) είναι όπως ένα Φυσικό Μηχάνημα (Physical Machine), αλλά αντί για ηλεκτρονικά στοιχεία, αποτελείται από ένα σύνολο αρχείων λογισμικού. Κάθε virtual machine αντιπροσωπεύει ένα ολοκληρωμένο σύστημα με επεξεργαστές, μνήμη, υποδομή για δικτυακή επικοινωνία, αποθηκευτικό χώρο, και BIOS, όπως δείχνει και το Σχ. 5. Ένα ιδεατό μηχάνημα τρέχει ένα ξεχωριστό λειτουργικό σύστημα και αντίστοιχες εφαρμογές, χωρίς καμία τροποποίηση, όπως ένα φυσικός εξυπηρετητής (physical server).

Η διαδικασία διάθεσης/δημιουργίας ενός νέου server (server provisioning) είναι παρόμοια με την αντιγραφή ενός αρχείου. Το server migration γίνεται παρόμοιο με το data migration, δηλαδή οι τεχνικές διαχείρισης δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διαχείριση του server.



Σχήμα 5 – Ανατομία ιδεατού μηχανήματος [1]

Το «Ιδεατό Μηχάνημα» («Virtual Machine» ή «VM») είναι ένα περιβάλλον ή λειτουργικό σύστημα, που δεν είναι φυσικά υπαρκτό αλλά δημιουργείται μέσα σε ένα άλλο περιβάλλον. Στα πλαίσια αυτά, ένα VM ονομάζεται «guest» ενώ το περιβάλλον μέσα στο οποίο εκτελείται λέγεται «host». Τα virtual machines δημιουργούνται συνήθως για να εκτελέσουν ένα σύνολο εντολών (instruction set) διαφορετικό από αυτό του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο φιλοξενούνται (host). Ένα host περιβάλλον μπορεί συνήθως να εκτελεί πολλά virtual machines ταυτόχρονα. Καθώς τα VMs διαχωρίζονται από τους φυσικούς πόρους που χρησιμοποιούν, το host περιβάλλον έχει συχνά τη δυνατότητα να αναθέτει δυναμικά αυτούς τους πόρους ανάμεσα στα VMs.

Η φράση «Virtual Machine» χρησιμοποιείται συχνά για να αναφερθούμε στο Java runtime περιβάλλον της Sun Microsystems, το Java virtual machine (JVM), μέσα στο οποίο μεταφράζονται Java εντολές. Το JVM είναι ένα virtual machine στα πλαίσια του ότι εκτελεί κώδικα που έχει συνταχθεί ειδικά για αυτό, γνωστός ως bytecode, και για την εκτέλεση αποσπά μέρος των πόρων για αυτό τον κώδικα. Η γλώσσα προγραμματισμού Java δεν βασίζεται σε σύνολα οδηγιών εξειδικευμένα για κάθε πλατφόρμα (platform-specific instruction sets), όπως APIs εξειδικευμένα για κάποιο λειτουργικό σύστημα, για 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 στη συνέχεια στους πραγματικούς πόρους του συστήματος, για περαιτέρω επεξεργασία.

Ένας χρήστης που αλληλεπιδρά με έναν ιδεατό εξυπηρετητή μπορεί να δει τον εξυπηρετητή σαν ένα φυσικό μηχάνημα υπό την έννοια ότι ο χρήστης έχει πρόσβαση στους πόρους του μηχανήματος όπως στον σκληρό δίσκο, την μνήμη, τον επεξεργαστή και τις δικτυακές συνδέσεις. Στην πραγματικότητα, όλοι αυτοί οι πόροι του εξυπηρετητή είναι ιδεατοί. Για παράδειγμα, αντί να προσπελαύνει έναν πραγματικό σκληρό δίσκο, ο χρήστης προσπελαύνει μία δομή του host περιβάλλοντος. Αυτή η δομή προσπελαύνει στη συνέχεια το πραγματικό δίσκο για να καταγράψει τα δεδομένα.

Το Ιδεατό Μηχάνημα (Virtual Machine) (Σχ. 6) είναι ένα ισχυρά απομονωμένο πακέτο λογισμικού που μπορεί να τρέχει το δικό του λειτουργικό σύστημα και τις δικές του εφαρμογές σαν να ήταν ένας φυσικός υπολογιστής. Ένα ιδεατό μηχάνημα λειτουργεί ακριβώς όπως ένας φυσικός υπολογιστής και έχει τη δική του ιδεατή Κ.Μ.Ε (CPU), μνήμη (RAM), σκληρό δίσκο (hard disk) και κάρτα δικτύου (NIC) τα οποία είναι βασισμένα σε λογισμικό.

Ένα λειτουργικό σύστημα δεν μπορεί να αντιληφθεί τη διαφορά ανάμεσα σε ένα ιδεατό και ένα φυσικό μηχάνημα, όπως επίσης δεν μπορούν να αντιληφθούν τη διαφορά ούτε οι εφαρμογές, ούτε οι άλλοι υπολογιστές σε ένα δίκτυο. Ακόμα και το ιδεατό μηχάνημα νομίζει ότι είναι ένας «πραγματικός» υπολογιστής.

Παρόλα αυτά, ένα ιδεατό μηχάνημα αποτελείται εξολοκλήρου από software και δεν περιέχει υλικά μέρη/τμήματα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, τα ιδεατά μηχανήματα να προσφέρουν μία σειρά από χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα έναντι των φυσικών συστημάτων.

Ένα λειτουργικό σύστημα δεν μπορεί να αναγνωρίσει τη διαφορά ανάμεσα σε ένα ιδεατό μηχάνημα και σε ένα φυσικό μηχάνημα, ούτε μπορούν να αναγνωρίσουν την διαφορά οι εφαρμογές ή οι άλλοι υπολογιστές σε ένα δίκτυο. Ακόμα και το virtual machine νομίζει ότι είναι ένας «πραγματικός» υπολογιστής. Ωστόσο, ένα ιδεατό μηχάνημα αποτελείται εξολοκλήρου από λογισμικό και δεν περιέχει κανένα υλικό στοιχείο. Σαν αποτέλεσμα, τα virtual machines προσφέρουν μια σειρά από σαφή πλεονεκτήματα έναντι του φυσικού hardware.

Σχήμα 6 – Ιδεατό μηχάνημα [2]

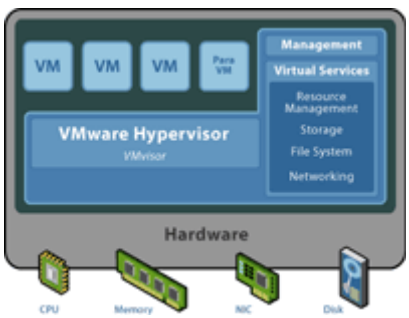
1.5. Αρχιτεκτονικές x86 Server Virtualization

Υπάρχουν τρεις δημοφιλείς προσεγγίσεις σε ότι αφορά το Server Virtualization: το virtual machine μοντέλο, το paravirtual machine μοντέλο, και το Virtualization στο επίπεδο του λειτουργικού συστήματος.

1.5.1. Μοντέλο Virtual Machine

Τα Virtual Machines βασίζονται στο πρότυπο host/guest. Ο κάθε guest τρέχει σε μια ιδεατή μίμηση του hardware επιπέδου. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει στο guest λειτουργικού σύστημα να εκτελείται χωρίς τροποποιήσεις. Επίσης, επιτρέπει στον διαχειριστή να δημιουργεί guests που χρησιμοποιούν διαφορετικά λειτουργικά συστήματα. Ο guest δεν γνωρίζει την ύπαρξη του host λειτουργικού συστήματος διότι δεν ξέρει ότι δεν εκτελείται σε πραγματικό hardware. Παρόλα αυτά χρειάζεται πραγματικούς επεξεργαστικούς πόρους από τον host. Έτσι χρησιμοποιεί έναν hypervisor ο οποίος κατευθύνει οργανωμένα τις οδηγίες εκτέλεσης προς τον επεξεργαστή.

Ο hypervisor (Σχ. 7), που συχνά αναφέρεται και ως Virtualization manager, είναι ένα πρόγραμμα που επιτρέπει σε πολλαπλά λειτουργικά συστήματα, τα οποία μπορεί να είναι διαφορετικά ή ίδια, να μοιράζονται τον ίδιο επεξεργαστή. Ένας hypervisor πρέπει να έχει σχεδιαστεί για μια συγκεκριμένη αρχιτεκτονική επεξεργαστή, όπως τον επεξεργαστή PowerPC ή τον x86 της Intel. Κάθε λειτουργικό σύστημα εμφανίζεται να έχει τον επεξεργαστή, την μνήμη και όλους τους άλλους πόρους, αφιερωμένα εξολοκλήρου σε αυτό. Ωστόσο, ο hypervisor είναι εκείνος που ελέγχει τον πραγματικό επεξεργαστή και τους πόρους του, και που διαθέτει ότι χρειάζεται στο κάθε λειτουργικό σύστημα κάθε φορά. Ο hypervisor ονομάζεται και Virtual Machine Monitor. Ελέγχει όλα τα CPU instructions που προέρχονται από τους guests και διαχειρίζεται οποιοδήποτε κώδικα εκτελείται που χρειάζεται επιπλέον δικαιώματα/προνόμια (όπως privileged commands). Τα λογισμικά πακέτα Virtualization VMware και Microsoft Virtual Server χρησιμοποιούν και τα δύο το virtual machine μοντέλο.



Σχήμα 7 – Hypervisor [2]

Το Virtual Machine Monitor (VMM) είναι ένα πρόγραμμα του host που επιτρέπει σε έναν υπολογιστή να υποστηρίξει, πολλαπλά, πανομοιότυπα, περιβάλλοντα εκτέλεσης. Όλοι οι χρήστες βλέπουν τα συστήματά τους ως αυτοτελείς υπολογιστές, απομονωμένους από αυτούς των άλλων χρηστών, παρά το γεγονός ότι κάθε χρήστης εξυπηρετείται από το ίδιο μηχάνημα. Στα πλαίσια αυτά, ένα virtual machine είναι ένα λειτουργικό σύστημα που ελέγχεται από ένα πρόγραμμα ελέγχου. Για παράδειγμα, το VM/ESA της IBM δύναται να ελέγχει πολλαπλά virtual machines πάνω σε ένα σύστημα IBM S/390.

Στον Microsoft Virtual Server 2005, το Virtual Machine Monitor είναι ένα ιδιόκτητο (proprietary) όνομα για έναν οδηγό σε επίπεδο πυρήνα (kernel-mode driver) που λειτουργεί σαν προστατευτικό τοίχος (firewall) ανάμεσα στο host OS και τα virtual machines. Έχει τη δυνατότητα να εμποδίζει οποιοδήποτε μεμονωμένο πρόγραμμα, που τρέχει μέσα σε ένα από τα virtual machines, να προβεί σε υπερκατανάλωση των πόρων του host OS.

1.5.2. Μοντέλο Paravirtual Machine

Το paravirtual machine μοντέλο επίσης βασίζεται στο host/guest πρότυπο και χρησιμοποιεί ένα virtual machine monitor και αυτό. Ωστόσο, στο paravirtual machine ì οντέλο, το VMM πρακτικά τροποποιεί τον κώδικα του guest λειτουργικού συστήματος. Αυτή η τροποποίηση ονομάζεται porting. Το porting βοηθάει το VMM ώστε να μπορεί να χρησιμοποιήσει privileged system calls με φειδώ. Τα paravirtual machines, όπως και τα virtual machines, μπορούν να εκτελούν πολλαπλά λειτουργικά συστήματα. Το Xen και το UML, χρησιμοποιούν και τα δύο το paravirtual machine μοντέλο.

Transparent Paravirtualization

Ο hypervisor παρέχει την ιδεατή αφαίρεση του υποκείμενου υπολογιστικού συστήματος. Στο πλήρες Virtualization, ένα φιλοξενούμενο λειτουργικό σύστημα τρέχει χωρίς καμία τροποποίηση πάνω σε έναν hypervisor. Ωστόσο, επιτυγχάνεται βελτιωμένη επίδοση και αποδοτικότητα αν το φιλοξενούμενο λειτουργικό σύστημα επικοινωνεί με τον hypervisor. Επιτρέποντας στο φιλοξενούμενο λειτουργικό σύστημα (guest operating system) να δείχνει την πρόθεσή του στον hypervisor, επιτυγχάνεται καλύτερη απόδοση όταν το λειτουργικό σύστημα τρέχει μέσα από ένα virtual machine. Αυτού του τύπου η επικοινωνία αναφέρεται ως paravirtualization.

Το 2005, η εταιρεία VMware πρότεινε μια διεπαφή (interface) paravirtualization, το Virtual Machine Interface (VMI), σαν μηχανισμό επικοινωνίας ανάμεσα στο φιλοξενούμενο λειτουργικό σύστημα και τον hypervisor. Αυτή η διεπαφή έδωσε την δυνατότητα για διάφανο paravirtualization στο οποίο μία μόνο δυαδική (binary) έκδοση του

λειτουργικού συστήματος μπορεί να τρέχει είτε απευθείας στο hardware είτε σε έναν hypervisor σε paravirtualized μορφή.

Το 2006, η VMware συνέχισε το έργο της στο paravirtualization εκδίδοντας το «VMI specification» σαν ανοιχτή προδιαγραφή. Προκειμένου να ενισχύσει την αξιολόγηση και τα σχετικά πορίσματα από την βιομηχανία, η VMware δημοσιεύει ένα Technology Preview που επιδεικνύει την υποστήριξη για paravirtual λειτουργικά συστήματα σε ένα hosted περιβάλλον με τη χρήση του VMI.

Η εταιρεία συνεχίζει την συνεργασία της με την κοινότητα του Linux για να αναπτύξει μια διεπαφή paravirtualization που υποστηρίζει πολλαπλούς hypervisors. Μια πρόταση, με το όνομα paravirt-ops, υιοθετείται από τους προγραμματιστές της IBM, της VMware, της Red Hat, και του XenSource. Αυτή η προτεινόμενη διεπαφή ενσωματώνει πολλές έννοιες του VMI συμπεριλαμβανομένης της υποστήριξης του διάφανου paravirtualization. Με τη χρήση αυτής της διεπαφής, ένα paravirtualized Linux λειτουργικό σύστημα θα είναι δυνατόν να «τρέχει» σε οποιονδήποτε hypervisor το υποστηρίζει.

Η VMware προσθέτει υποστήριξη για paravirtualized λειτουργικά συστήματα, καθώς αυτά υιοθετούνται στις εμπορικές διανομές λειτουργικών συστημάτων, σε όλα τα προϊόντα της.

1.5.3. Virtualization σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος

Το Virtualization σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος παρουσιάζει διαφοροποίηση. Δεν βασίζεται στο υπόδειγμα host/guest. Στο μοντέλο σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος, ο host τρέχει έναν OS kernel ως πυρήνα και «εξάγει» τις λειτουργίες του operating system σε κάθε έναν από τους guests. Οι guests θα πρέπει να τρέχουν το ίδιο λειτουργικό σύστημα με τον host, παρόλο που επιτρέπεται να είναι διαφορετικών εκδόσεων του ιδίου λειτουργικού συστήματος. Αυτή η κατανεμημένη αρχιτεκτονική αφαιρεί την ανάγκη για κλήσεις συστήματος (system calls) ανάμεσα στα διάφορα επίπεδα, προσέγγιση που μειώνει την επιπλέον επιβάρυνση στη χρήση του επεξεργαστή (CPU usage overhead). Επίσης απαιτείται ότι κάθε διαμέρισμα (partition) παραμένει αυστηρά απομονωμένο από τα γειτονικά ώστε πιθανή αστοχία (failure) ή παραβίαση στην ασφάλεια σε ένα partition να μην επηρεάζει κανένα από τα άλλα partitions. Σε αυτό το μοντέλο, κοινά δυαδικά αρχεία (binaries) και βιβλιοθήκες (libraries) στο ίδιο φυσικό μηχάνημα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από κοινού, επιτρέποντας σε έναν OS level virtual server να φιλοξενήσει χιλιάδες guests ταυτόχρονα. Το Virtuozzo και τα Solaris Zones χρησιμοποιούν OS-level Virtualization.

Χρήσεις

Το Virtualization σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος χρησιμοποιείται ευρέως σε περιβάλλοντα virtual hosting, όπου διευκολύνει την ανάθεση με

ασφάλεια πεπερασμένων πόρων σε μεγάλο αριθμό χρηστών. Επίσης, χρησιμοποιείται, σε μικρότερο βαθμό, για τη συγχώνευση του server hardware διαμέσου της μετακίνησης υπηρεσιών από διαφορετικούς εξυπηρετητές, σε διαμερίσματα μέσα σε έναν μόνο εξυπηρετητή.

Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα

- **Επιβάρυνση (Overhead)**
  Αυτός ο τύπος Virtualization συνήθως δημιουργεί μικρή ή και καμία επιβάρυνση, διότι τα προγράμματα στο ιδεατό διαμέρισμα (virtual partition) χρησιμοποιούν τη διεπαφή συστημικών κλήσεων (system call interface) του λειτουργικού συστήματος και δεν χρειάζεται εξομοίωση ή εκτέλεση μέσα σε ένα ενδιάμεσο ιδεατό μηχάνημα, όπως συμβαίνει στην περίπτωση του virtual machine μοντέλου όπου γίνεται ιδεατοποίηση ολόκληρου συστήματος (αυτό κάνει η VMware και η QEMU) ή στην περίπτωση του paravirtualization (όπως κάνει το Xen και το UML). Επίσης δεν χρειάζεται υποβοήθηση από το hardware (hardware assistance), όπως το Intel VT (Intel Virtualization Technology) προκειμένου να επιτευχθεί καλύτερη απόδοση.

- **Ευελιξία**
  Το Virtualization σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος δεν παρέχει τόση ευελιξία όση οι άλλες προσεγγίσεις στο Virtualization, καθώς δεν μπορεί να φιλοξενήσει λειτουργικά συστήματα διαφορετικά από αυτό του εξυπηρετητή (host), ή διαφορετικό πυρήνα για τους guest (guest kernel). Για παράδειγμα, στην περίπτωση του Linux, διαφορετικές διανομές μπορούν να φιλοξενηθούν, όμως δεν είναι δυνατό να φιλοξενηθούν άλλα λειτουργικά συστήματα όπως Windows. Αυτός ο περιορισμός έχει μερικώς ξεπεραστεί στα «Solaris Containers» μέσω της ιδιότητας «branded zones», που δίνει τη δυνατότητα να εκτελείται μέσα σε ένα διαμέρισμα (container) ένα περιβάλλον που εξομοιώνει μία έκδοση Linux 2.4 ή μια παλαιότερη έκδοση του λειτουργικού συστήματος Solaris.

2. Πλεονεκτήματα Τεχνολογίας Virtualization

2.1. Πλεονεκτήματα του Server Virtualization

Η τεχνολογία Server Virtualization παρουσιάζει μια σειρά από πλεονεκτήματα που μπορούν να ωφελήσουν σημαντικά ένα τμήμα IT και συνολικότερα έναν οργανισμό.

Ακολούθως παρατίθεται μια λίστα από αντιπροσωπευτικούς λόγους για τους οποίους μπορούμε να αξιοποιήσουμε το Server Virtualization:

- Οι Ιδεατές Μηχανές (Virtual Machines) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την συνένωση του φορτίου εργασίας πολλαπλών υποαπασχολούμενων εξυπηρετητών σε λιγότερα μηχανήματα, ίσως και σε ένα μηχάνημα (server consolidation). Τα σχετιζόμενα οφέλη είναι η εξοικονόμηση σε υλικό εξοπλισμό (hardware), σε περιβαλλοντικό κόστος, σε διοίκηση και διαχείριση της υποδομής εξυπηρετητών.

- Η ανάγκη για εκτέλεση παλαιότερων εφαρμογών εξυπηρετείται απόλυτα από τη χρήση ιδεατών μηχανών. Μια παλαιότερη εφαρμογή ίσως να μην μπορεί να εκτελεστεί σε νεώτερο υλικό και/ή λειτουργικό σύστημα. Ακόμα και αν μπορεί να τρέξει εκεί, πιθανόν να υποαπασχολεί τον εξυπηρετητή, έτσι ώστε να έχει νόημα, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο σημείο, η συστέγαση πολλαπλών εφαρμογών. Αυτό ίσως να μην είναι εφικτό χωρίς τη χρήση του Virtualization καθώς τέτοιες εφαρμογές συνήθως δεν έχουν γραφεί για να συνυπάρχουν μέσα σε ένα περιβάλλον εκτέλεσης (για παράδειγμα εφαρμογές με hard-coded System V IPC keys).

- Τα virtual machines μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν ασφαλή, απομονωμένα περιβάλλοντα για την λειτουργία εφαρμογών που δεν μπορούμε να εμπιστευτούμε. Το Virtualization αποτελεί ένα σημαντικό πλαίσιο για την δημιουργία ασφαλών υπολογιστικών πλατφορμών.

- Τα virtual machines μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία λειτουργικών συστημάτων ή περιβάλλοντος εκτέλεσης με περιορισμούς στην χρήση των φυσικών πόρων, εφόσον υπάρχουν οι κατάλληλοι δρομολογητές, και με εγγυημένη πρόσβαση στους πόρους. Ο διαμερισμός (partitioning) συνοδεύεται συνήθως από ποιότητα υπηρεσιών για τη δημιουργία λειτουργικών συστημάτων με εγγυημένη ποιότητα υπηρεσίας.

- Τα ιδεατά ì ηχανήματα μπορούν να παρέχουν την ψευδαίσθηση ότι υπάρχει διαθέσιμο υλικό, όπως συσκευές SCSI, πολλαπλοί επεξεργαστές κτλ., που δεν υπάρχει στην πραγματικότητα. Το Virtualization μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την εξομοίωση δικτύων με ανεξάρτητους υπολογιστές.

- Οι ιδεατές μηχανές μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση πολλαπλών λειτουργικών συστημάτων ταυτόχρονα: διαφορετικές εκδόσεις ή ακόμη και εντελώς διαφορετικά συστήματα, που μπορεί να είναι σε αναμονή. Κάποια τέτοια συστήματα ίσως να είναι δύσκολο ή αδύνατον να τρέξουν σε νέο πραγματικό hardware.

- Τα virtual machines επιτρέπουν με μεγάλη ευκολία το debugging και το performance monitoring. Για παράδειγμα, τέτοια εργαλεία μπορούν να τοποθετηθούν στο virtual machine monitor. Η εξουδετέρωση σφαλμάτων (debugging) μπορεί να γίνει σε λειτουργικά συστήματα χωρίς να διακοπεί η παραγωγική τους λειτουργία, η ακόμα μπορούν να δημιουργηθούν πιο σύνθετα σενάρια εξουδετέρωσης σφαλμάτων.

- Τα virtual machines εκτελούνται απομονωμένα με αποτέλεσμα να μην επηρεάζουν το περιβάλλον τους (άλλες ιδεατές μηχανές που εκτελούνται ταυτόχρονα στο ίδιο φυσικό σύστημα), οποιαδήποτε σφάλματα και αν εμφανίζονται μέσα στο κάθε virtual machine. Δύναται να δημιουργούμε λάθη σκόπιμα στο λογισμικό μια ιδεατής μηχανής για να μελετήσουμε τις επακόλουθες συνέπειες.

- Τα εικονικά μηχανήματα διευκολύνουν την μετακίνηση του λογισμικού από ένα υλικό σε ένα άλλο, πιθανότατα νεώτερης γενιάς, ευνοώντας έτσι την κινητικότητα των εφαρμογών και των συστημάτων.

- Μπορεί κανείς να μεταχειριστεί τις σουίτες εφαρμογών ως συσκευές (appliances) με το να τις αποθηκεύει σε «πακέτα» και να τις τρέχει μέσα σε ένα virtual machine.

- Οι εικονικές μηχανές αποτελούν θαυμάσια εργαλεία για έρευνα και πειράματα σε ακαδημαϊκό επίπεδο. Είναι ιδιαίτερα ασφαλές να δουλεύεις με αυτά καθώς παρέχουν απομόνωση. Ενθυλακώνουν ολόκληρη την κατάσταση ενός υπό εκτέλεση συστήματος: μπορεί κανείς να αποθηκεύσει την κατάστασή του, να την εξετάσει, να την τροποποιήσει, να την επαναφορτώσει, και ούτω κάθ' εξής.

- Το Virtualization μπορεί να επιτρέψει σε υπάρχοντα λειτουργικά συστήματα να εκτελεστούν σε πολυεπεξεργαστές διαμοιραζόμενης μνήμης (shared memory multiprocessors).

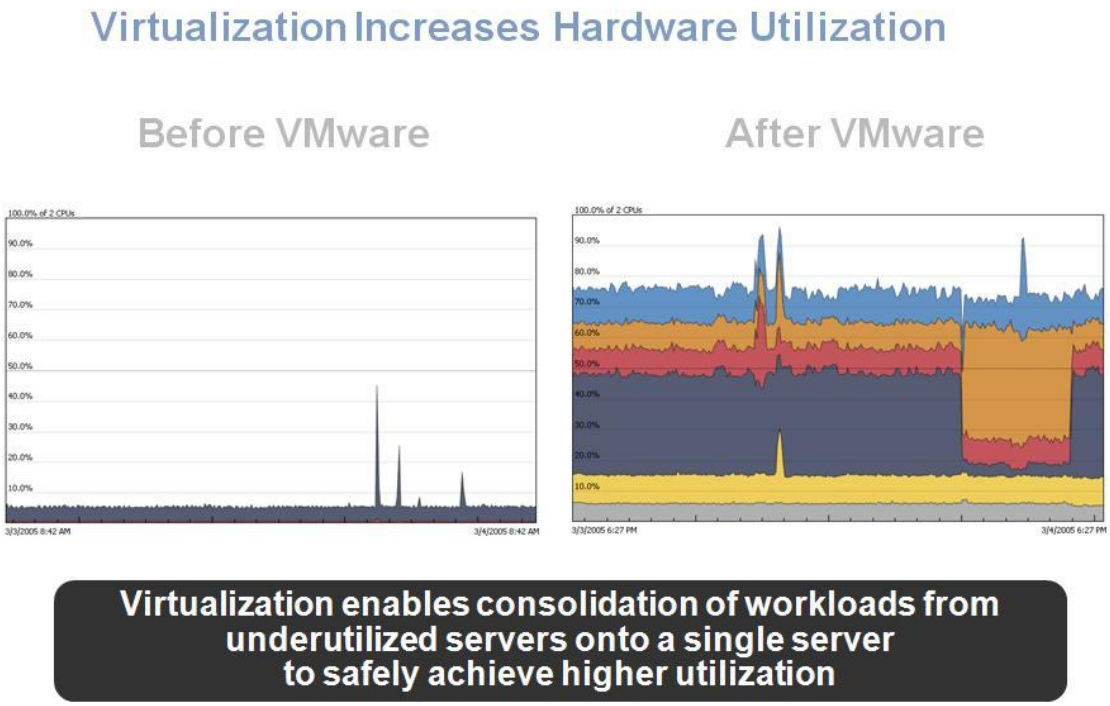
- Οι ιδεατές μηχανές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία αυθαίρετων/τυχαίων σεναρίων δοκιμών (test scenarios), και μπορούν να οδηγήσουν σε εντυπωσιακή και πολύ αποτελεσματική εγγύηση ποιότητας.

- Το Virtualization μπορεί να κάνει ευκολότερες και καλύτερα διαχειρίσιμες, λειτουργίες όπως η αλλαγή συστημάτων (system migration), η δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας (backup), και η ανάκαμψη από σφάλματα (recovery).

- Το Virtualization μπορεί να είναι ένας αποτελεσματικό τρόπος για binary compatibility (συμβατότητα).

Υπάρχουν πολλοί άλλοι λόγοι για τους οποίους θα επέλεγε κανείς να χρησιμοποιήσει τεχνολογία Virtualization.

Το Σχ. 8 δείχνει την αύξηση στην αξιοποίηση των φυσικών συστημάτων με τη χρήση του Virtualization.



Σχήμα 8 – Σύγκριση βαθμού αξιοποίησης Η/Υ με και χωρίς Virtualization [1]

Η αξία του Virtualization

Το Virtualization είναι μια τεχνολογία από την οποία μπορεί να ωφεληθεί οποιοσδήποτε χρησιμοποιεί υπολογιστή. Εκατομμύρια ανθρώπων και χιλιάδες οργανισμοί ανά τον κόσμο, συμπεριλαμβανομένων όλων των Fortune 100, χρησιμοποιούν λύσεις Virtualization για να μειώσουν το κόστους του IT και παράλληλα να αυξήσουν την αποδοτικότητα, την αξιοποίηση και την ευελιξία στον υφιστάμενο υπολογιστικό εξοπλισμό τους.

Πώς μπορεί αν ωφεληθεί ένας οργανισμός από το Virtualization

1. **Ενοποίηση Εξυπηρετητών (Server Consolidation) & Βελτιστοποίηση Υποδομής (Infrastructure Optimization):**
   Το Virtualization κάνει εφικτή την σημαντικά υψηλότερη αξιοποίηση πόρων συγκεντρώνοντας πόρους κοινής υποδομής (common infrastructure resources) και καταργώντας το παραδοσιακό μοντέλο "μία εφαρμογή σε έναν εξυπηρετητή".

2. **Μείωση Κόστους Φυσικής Υποδομής**:
   Με το Virtualization, μπορούμε να μειώσουμε τον αριθμό των servers και το σχετιζόμενο IT hardware στο κέντρο δεδομένων. Αυτό οδηγεί σε μείωση στις απαιτήσεις σε ακίνητη περιουσία (real estate), ισχύ και ψύξη, οδηγώντας σε σημαντικά χαμηλότερο IT κόστος.

3. **Βελτιωμένη Ευελιξία Λειτουργιών & Ανταπόκριση**:
   Το Virtualization προσφέρει έναν νέο τρόπο διαχείρισης της IT υποδομής και μπορεί να βοηθήσει τους IT διαχειριστές να δαπανούν λιγότερο χρόνο σε επαναλαμβανόμενες διαδικασίες όπως το provisioning (προμήθειες), η παραμετροποίηση, η παρακολούθηση και η συντήρηση.

4. **Αυξημένη Διαθεσιμότητα Εφαρμογών & Βελτιωμένο Business Continuity**:
   Εξαλείφεται το προγραμματισμένο downtime και γίνεται εφικτή η γρήγορη ανάκαμψη από απρόσμενες διακοπές λειτουργίας με την δυνατότητα για ασφαλές backup και μετακίνηση ολόκληρων virtual environments, χωρίς καμία διακοπή στην υπηρεσία.

5. **Βελτιωμένη Διαχειρισιμότητα και Ασφάλεια των Σταθμών Εργασίας (Desktops)**:
   Παρέχεται η δυνατότητα για δημιουργία, διαχείριση και παρακολούθηση ασφαλούς περιβάλλοντος με desktops το οποίο οι χρήστες μπορούν να προσπελάσουν τοπικά ή από απομακρυσμένη τοποθεσία, με ή χωρίς δικτυακή σύνδεση, από σχεδόν οποιοδήποτε standard desktop, laptop ή tablet PC.

2.2. Πλεονεκτήματα των Virtual Machines

Γενικά, τα virtual machines διαθέτουν τέσσερα σημαντικά χαρακτηριστικά που ωφελούν τον χρήστη:

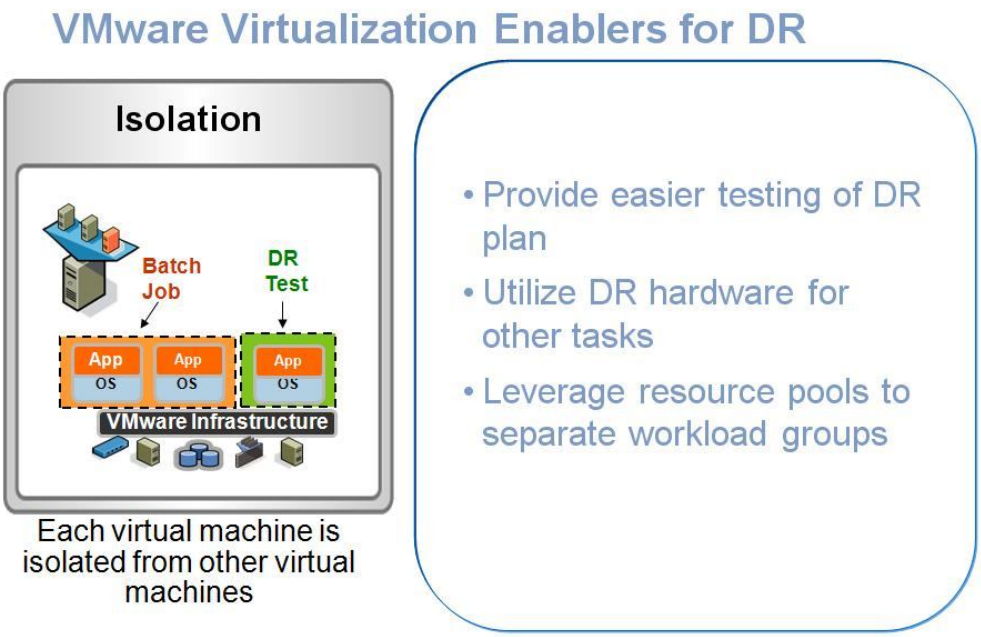
- Απομόνωση: Τα virtual machines είναι απομονωμένα το ένα από το άλλο σαν ήταν φυσικά διαχωρισμένα
- Ενθυλάκωση: Τα virtual machines ενθυλακώνουν ένα ολόκληρο υπολογιστικό περιβάλλον

- Συμβατότητα: Τα virtual machines είναι συμβατά με όλους τους προτυποποιημένους (standard) x86 υπολογιστές
- Ανεξαρτησία από το Hardware: Τα virtual machines τρέχουν ανεξάρτητα από το υποκείμενο hardware

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά αναλύονται ακολούθως:

Απομόνωση

Παρόλο που τα virtual machines μπορούν να μοιράζονται τους φυσικούς πόρους ενός μεμονωμένου υπολογιστή, παραμένουν απόλυτα απομονωμένα το ένα από το άλλο σαν να ήταν διαφορετικά φυσικά μηχανήματα. Εάν για παράδειγμα, υπάρχουν τέσσερα virtual machines σε έναν φυσικό server και ένα από αυτά καταρρεύσει, τα άλλα τρία virtual machines παραμένουν διαθέσιμα/σε λειτουργία. Η απομόνωση (Σχ. 9) είναι ένας σημαντικός λόγος για τον οποίο η διαθεσιμότητα και η ασφάλεια των εφαρμογών που τρέχουν μέσα σε ένα ιδεατό περιβάλλον υπερτερεί σημαντικά από τις εφαρμογές που τρέχουν σε ένα παραδοσιακό, «non-virtualized» σύστημα.

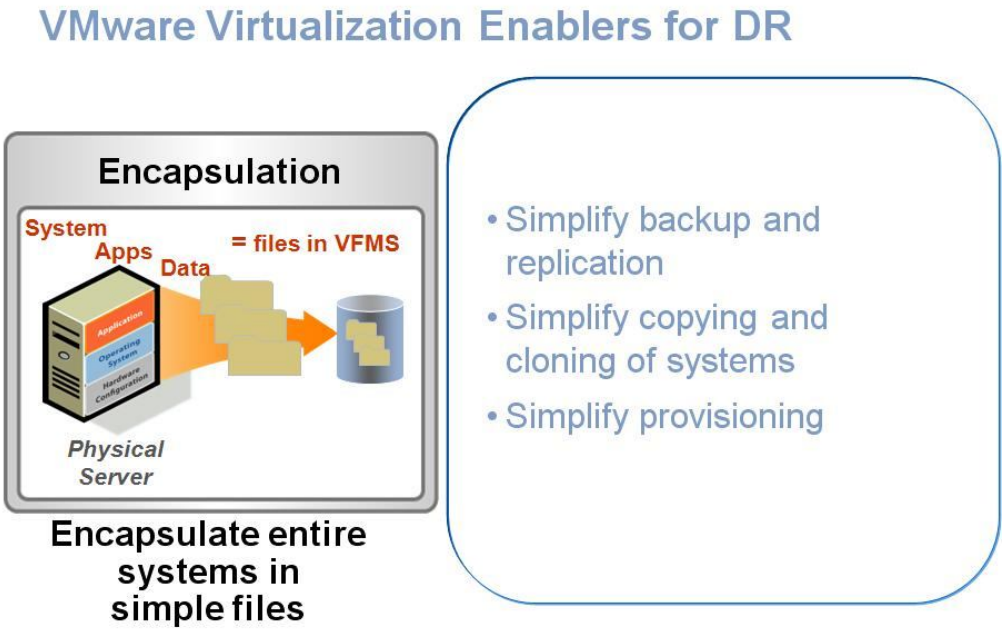


Σχήμα 9 – Ιδιότητα του Virtualization: Απομόνωση [1]

Ενθυλάκωση

Ένα virtual machine είναι στην ουσία ένα πακέτο λογισμικού που περιέχει ή αλλιώς "ενθυλακώνει" ένα πλήρες σύνολο από ιδεατούς φυσικούς πόρους, καθώς και ένα λειτουργικό σύστημα και όλες τις εφαρμογές του, μέσα σε ένα πακέτο λογισμικού. Η ενθυλάκωση (Σχ. 10) κάνει τα virtual machines εξαιρετικά φορητά και εύκολα στη διαχείριση. Για παράδειγμα, μπορούμε να μετακινήσουμε ή να αντιγράψουμε ένα virtual machine από μια τοποθεσία σε μια άλλη ακριβώς όπως

οποιοδήποτε άλλο αρχείο, ή να αποθηκεύσουμε ένα virtual machine σε οποιοδήποτε τυπικό μέσο αποθήκευσης δεδομένων, από μία USB κάρτα μνήμης flash μεγέθους τσέπης μέχρι ένα enterprise storage area networks (SANs).



Σχήμα 10 – Ιδιότητα του Virtualization: Ενθυλάκωση [1]

Συμβατότητα

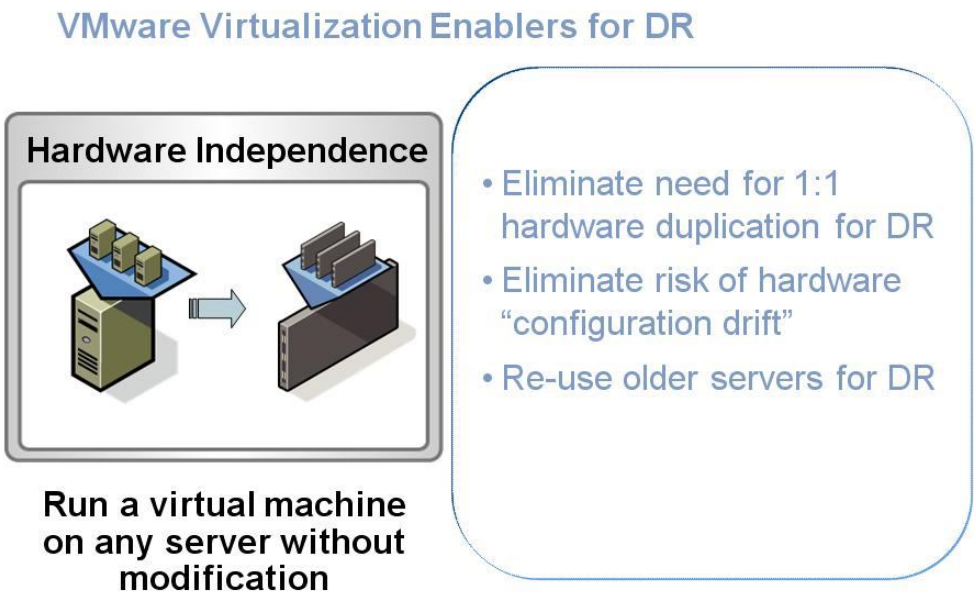
Όπως και ένας φυσικός υπολογιστής, έτσι ένα virtual machine φιλοξενεί το δικό του «guest» operating system και εφαρμογές, και έχει όλα τα συνιστώσα μέρη/στοιχεία που συναντώνται σε ένα φυσικό υπολογιστή (motherboard, κάρτα VGA, κάρτα δικτύου, κτλ.). Σαν αποτέλεσμα, τα virtual machines είναι απόλυτα συμβατά με όλα τα πρότυπα x86 λειτουργικά συστήματα, τις εφαρμογές και τους οδηγούς συσκευών, έτσι ώστε δύναται να χρησιμοποιηθεί ένα ιδεατό μηχάνημα (virtual machine) για να εκτελέσει το ίδιο λογισμικό που θα «έτρεχε» και σε έναν φυσικό x86 υπολογιστή.

Ανεξαρτησία από το ηλεκτρομηχανικό μέρος του Η/Υ

Τα virtual machines είναι εντελώς ανεξάρτητα από το υποκείμενο ηλεκτρομηχανικό μέρος του Η/Υ (Σχ. 11). Για παράδειγμα, δύναται να παραμετροποιήσουμε ένα virtual machine με ιδεατά συνιστώσα μέρη (όπως, CPU, network card, SCSI controller) που είναι εντελώς διαφορετικά από τα φυσικά συστατικά στοιχεία που παρίστανται στο υποκείμενο hardware. Τα virtual machines στον ίδιο φυσικό υπολογιστή μπορούν ακόμα και να «τρέχουν» διαφορετικούς τύπους λειτουργικών συστημάτων (Windows, Linux, κ.τ.λ.).

Όταν συνδυαστεί η ανεξαρτησία από το hardware με τις ιδιότητες της ενθυλάκωσης και της συμβατότητας, μας δίνεται η ελευθερία να μετακινήσουμε ένα virtual machine από έναν τύπο x86 υπολογιστή σε έναν άλλο χωρίς να χρειάζονται αλλαγές στους οδηγούς συσκευών (device drivers), στο λειτουργικό

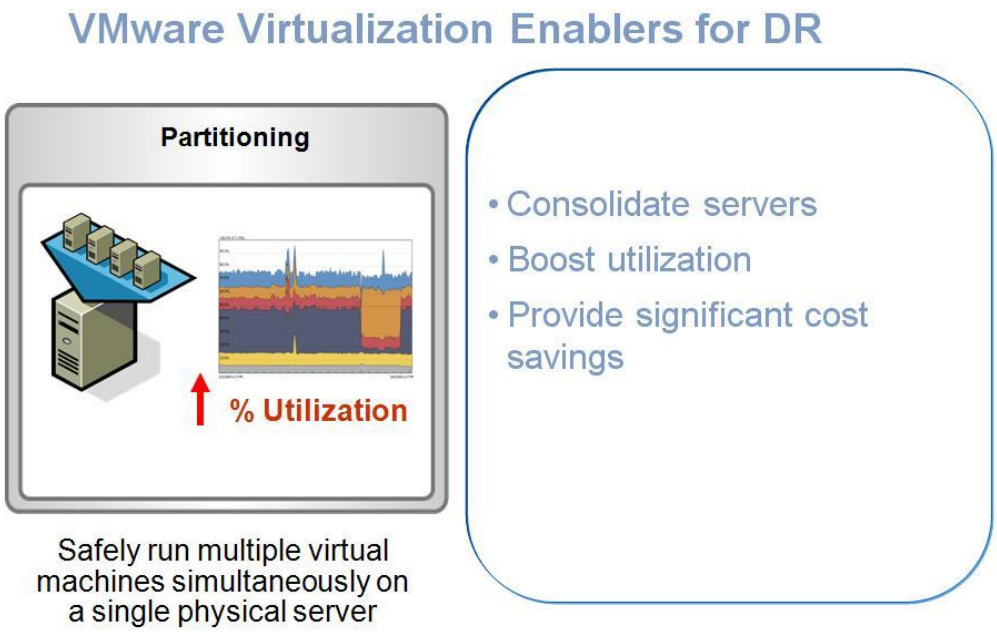
σύστημα, ή στις εφαρμογές. Η ανεξαρτησία από το hardware επιτρέπει επίσης να τρέχουμε συνδυασμό ετερογενών λειτουργικών συστημάτων και εφαρμογών σε έναν φυσικό υπολογιστή.



Σχήμα 11 – Ιδιότητα του Virtualization: Ανεξαρτησία από το Hardware [1]

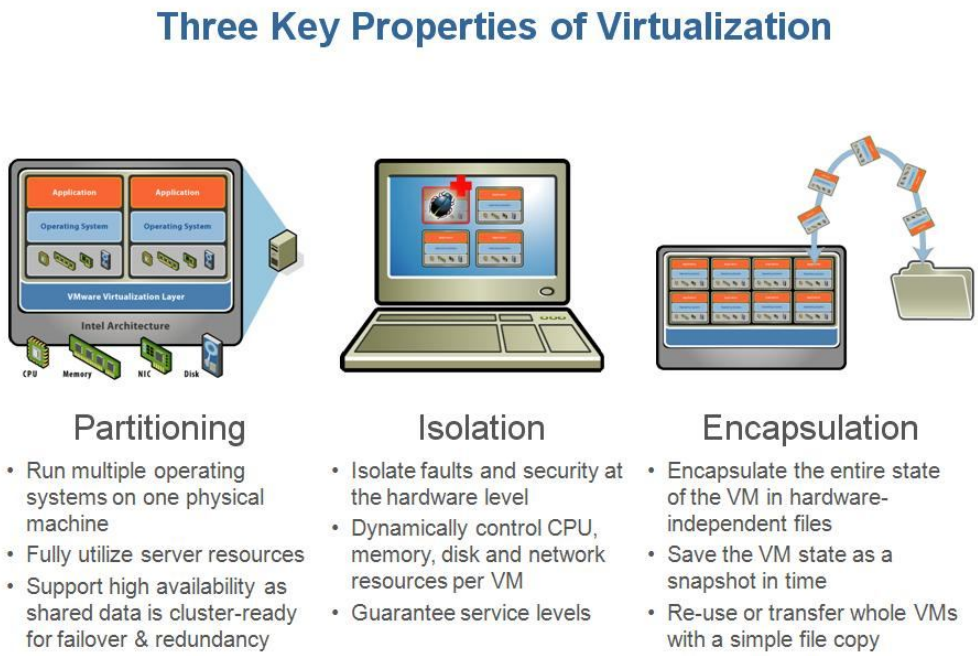
Διαμερισμός

Τα virtual machines επιτρέπουν σε έναν μεμονωμένο υπολογιστή να διαιρεθεί σε ξεχωριστά λογικά μέρη/διαμερίσματα (partitions – Σχ.12) που το καθένα μπορεί να τρέχει ένα λειτουργικό σύστημα και εφαρμογές την ίδια χρονική στιγμή με τα άλλα. Στην πραγματικότητα, αυτά τα virtual machines μπορεί να τρέχουν εντελώς διαφορετικά λειτουργικά συστήματα και λογισμικό επειδή το καθένα έχει τους δικούς ιδεατούς αποθηκευτικούς χώρους, περιοχές μνήμης και δικτυακές διεπαφές. Ένα στοιχείο της στιβάδας/στρώματος του Virtualization (Virtualization layer) που ονομάζεται virtual machine monitor διαχειρίζεται την παράλληλη εκτέλεση του κάθε virtual machine στο hardware του host συστήματος. Συνήθως παρατηρείται ένα ποσοστό περίπου 4 έως 8 εν λειτουργία virtual machines ανά φυσική CPU. Οι ιδιότητες δικτύου και χωρητικότητας των virtual machines επιτρέπουν να τα χρησιμοποιούμε όπως θα χρησιμοποιούσαμε πραγματικά μηχανήματα σε δικτυακούς σχηματισμούς ή συνδεδεμένα σε συστοιχίες (clusters) για υψηλή διαθεσιμότητα.



Σχήμα 12 – Ιδιότητα του Virtualization: Διαμερισμός [1]

Το Σχ. 13 συνοψίζει τις τρεις ιδιότητες του Virtualization.



Σχήμα 13 – Οι κύριες ιδιότητες του Virtualization [1]

2.3. Ιδεατή Υποδομή (Virtual Infrastructure)

Τί είναι το Virtual Infrastructure;

Virtual Machines: Δομικοί Λίθοι του Virtual Infrastructure

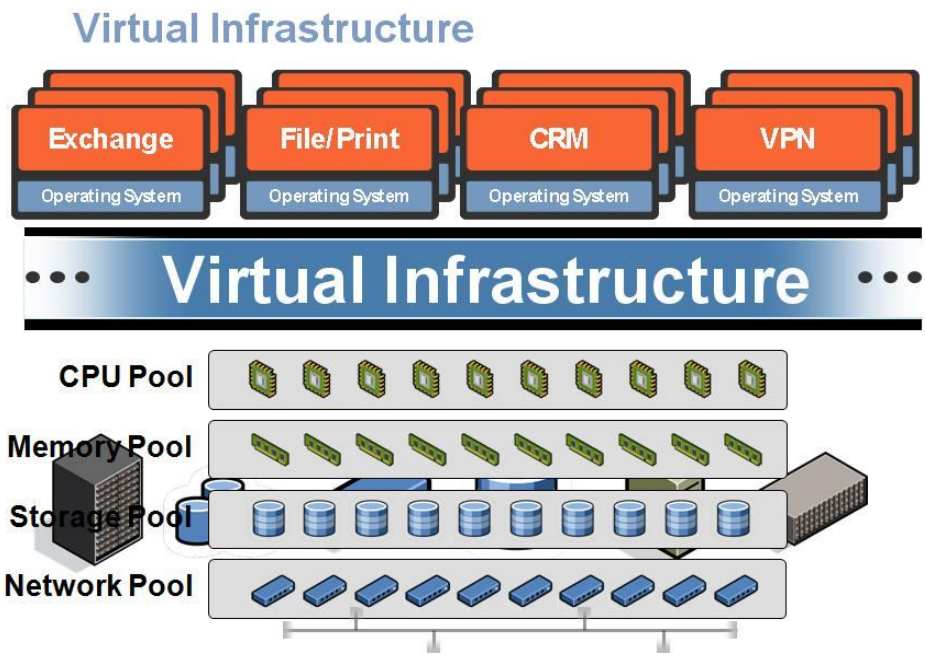
Τα virtual machines είναι θεμελιώδης δομικοί λίθοι μιας πολύ μεγαλύτερης λύσης: του virtual infrastructure. Ενώ ένα virtual machine αντιπροσωπεύει τους φυσικούς πόρους ενός ολόκληρου υπολογιστή, ένα virtual infrastructure αντιπροσωπεύει τους διασυνδεδεμένους φυσικούς πόρους ενός ολόκληρου IT infrastructure, συμπεριλαμβανομένων υπολογιστών, δικτυακών συσκευών και διαμοιραζόμενων/κοινών αποθηκευτικών πόρων. Οργανισμοί όλων των μεγεθών χρησιμοποιούν λύσεις Virtualization για να δημιουργούν virtual server και desktop υποδομές που βελτιώνουν τη διαθεσιμότητα, την ασφάλεια και τη ευκολία διαχείρισης των κρίσιμων εφαρμογών.

Βελτίωση του ROI με το Virtualization

Το Virtualization πρακτικά επιτρέπει σε έναν υπολογιστή να εκτελέσει εργασίες πολλαπλών υπολογιστών, μοιράζοντας τους πόρους ενός υπολογιστή σε πολλαπλά περιβάλλοντα. Οι virtual servers και τα virtual desktops επιτρέπουν να φιλοξενήσουμε πολλαπλά λειτουργικά συστήματα και πολλαπλές εφαρμογές τοπικά και σε απομακρυσμένες τοποθεσίες, ξεπερνώντας φυσικούς και γεωγραφικούς περιορισμούς. Επιπροσθέτως, συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας και σε χαμηλότερες δαπάνες κεφαλαίου λόγω της αποδοτικότερης αξιοποίησης των φυσικών πόρων, ενώ παράλληλα επιτυγχάνει κανείς υψηλή διαθεσιμότητα των πόρων, καλύτερη διαχείριση των desktop, αυξημένη ασφάλεια, και βελτιωμένη διαδικασία ανάκαμψης από καταστροφές όταν δημιουργηθεί μια ιδεατή υποδομή (virtual infrastructure).

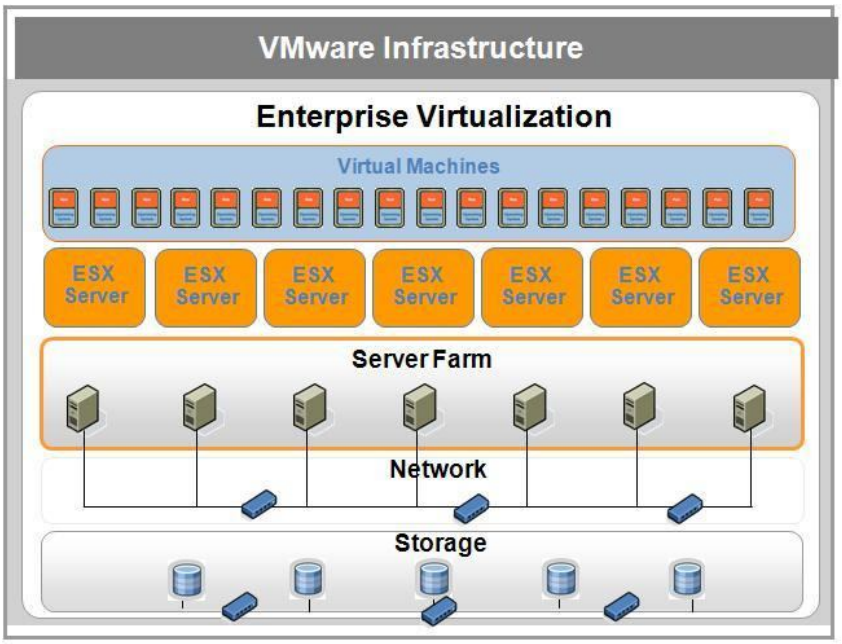
Virtual Infrastructure

Η εισαγωγή της τεχνολογίας Virtualization παρουσιάζει σειρά από ευκαιρίες για να οδηγηθεί η αποδοτικότητα των κεφαλαίων και της λειτουργικότητας πέρα από το απλό όφελος του ασφαλούς διαμερισμού (partitioning). Οι εταιρίες που υιοθέτησαν το Virtualization χαλιναγώγησαν τη δύναμη του Virtualization για να διαχειριστούν καλύτερα τις ικανότητες του IT, να παρέχουν καλύτερα επίπεδα υπηρεσιών και να βελτιστοποιήσουν τις διαδικασίες του IT. Ο όρος που επιλέχθηκε για το Virtualization της υποδομής του IT είναι: *virtual infrastructure* (Σχ.14).



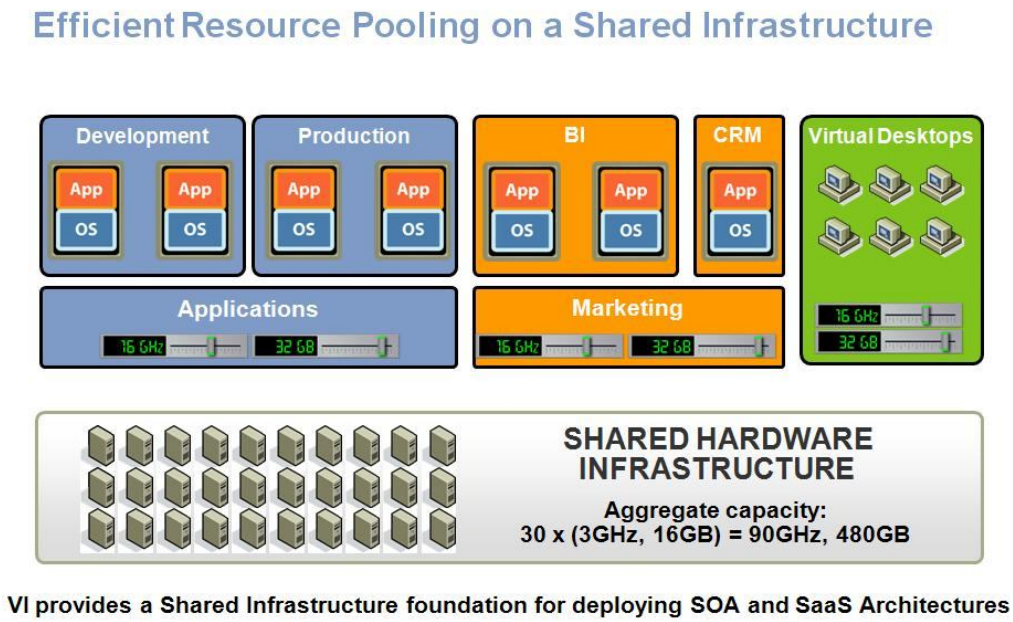
Σχήμα 14 – Λογική αναπαράσταση ιδεατής υποδομής [1]

Ένα Ιδεατό Κέντρο Δεδομένων (Virtualized Data Center) εμφανίζεται παρόμοιο με αυτό που παρουσιάζεται στο Σχ. 15.



Σχήμα 15 – Λογική αναπαράσταση ιδεατού κέντρου δεδομένων [1]

Ουσιαστικά, μια ιδεατή υποδομή (virtual infrastructure) είναι η δυναμική αντιστοίχιση φυσικών πόρων στις ανάγκες τις επιχείρησης (Σχ. 16). Ενώ ένα virtual machine αντιπροσωπεύει τους φυσικούς πόρους ενός μεμονωμένου υπολογιστή, μια ιδεατή υποδομή (virtual infrastructure) αντιπροσωπεύει τους φυσικούς πόρους ολόκληρου του IT περιβάλλοντος, συγκεντρώνοντας x86 υπολογιστές και τα συνδεδεμένα σε αυτούς δίκτυα και αποθηκευτικούς χώρους σε ένα ενιαίο σύνολο.



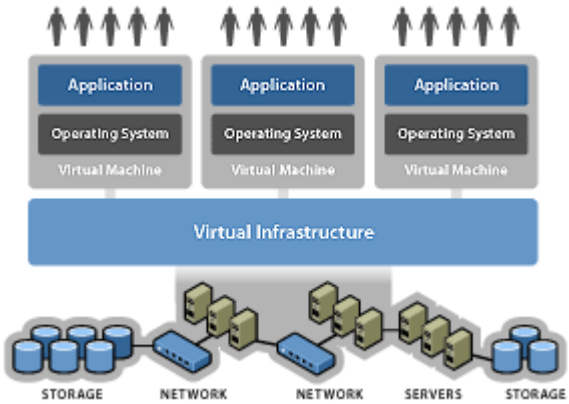
Σχήμα 16 – Υποδομή κοινού υλικού εξοπλισμού Η/Υ [1]

Από δομικής πλευράς, ένα virtual infrastructure (Σχ. 17) αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία:

- Single-node hypervisors που επιτρέπουν το πλήρες Virtualization για κάθε x86 υπολογιστή.
- Ένα σύνολο κατανεμημένων υπηρεσιών υποδομής συστημάτων βασισμένες στο Virtualization, όπως διαχείριση πόρων για την βελτιστοποίηση των διαθέσιμων πόρων μεταξύ των virtual machines.
- Λύσεις αυτοματοποίησης που προσφέρουν ιδιαίτερες δυνατότητες για την βελτιστοποίηση συγκεκριμένων διαδικασιών του IT όπως το provisioning (παροχή αγαθών, π.χ. υπηρεσιών) ή το disaster recovery.

Αποδεσμεύοντας ολόκληρο το περιβάλλον λογισμικού από την υποκείμενη σε αυτό υποδομή hardware, το Virtualization κάνει δυνατή την συγκέντρωση πολλαπλών servers, υποδομής infrastructure και δικτύων σε κοινά σύνολα πόρων που μπορούν να διατίθενται δυναμικά, με ασφάλεια και αξιοπιστία στις εφαρμογές σύμφωνα με τις ανάγκες. Αυτή η πρωτοπόρα προσέγγιση επιτρέπει στους οργανισμούς να δημιουργούν υπολογιστική υποδομή με υψηλά επίπεδα

αξιοποίησης, διαθεσιμότητας, αυτοματοποίησης και ευελιξίας χρησιμοποιώντας σαν δομικά στοιχεία χαμηλού κόστους εξυπηρετητές πρότυπα της βιομηχανίας (low end industry standard servers).



Σχήμα 17 – Virtual Infrastructure [2]

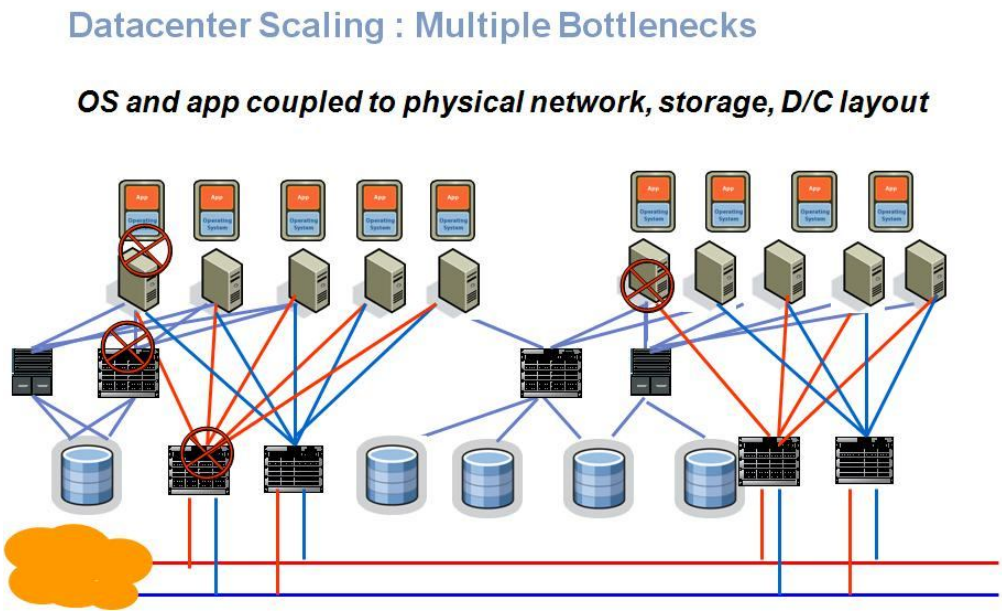
2.4. Πλεονεκτήματα του Virtual Infrastructure

Το Virtualization έχει κάνει εφικτή την πλήρη αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων της τεχνολογίας αυτής σε επίπεδο παραγωγής στα IT περιβάλλοντα, χτίζοντας δυνατότητες αυτοματοποίησης και διαχείρισης στο virtual infrastructure automation γύρω από τον hypervisor.

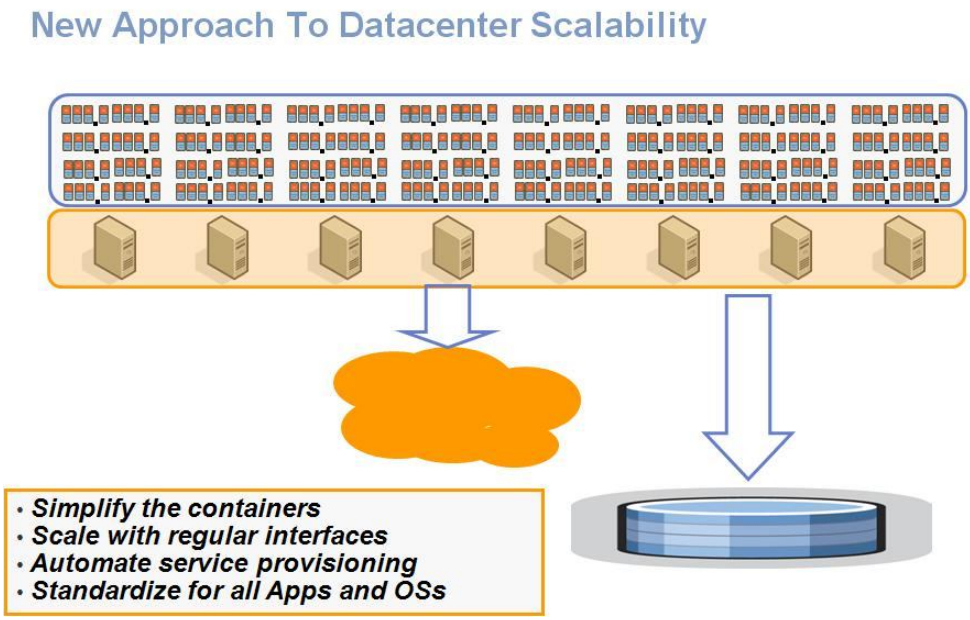
Οι εταιρείες που έχουν υιοθετήσει λύσεις virtual infrastructure αναφέρουν σημαντικά αποτελέσματα, μεταξύ των οποίων τα ακόλουθα [2]:

- Επίπεδα χρησιμοποίησης 60-80% για τους x86 servers (up από 5-15% σε μη-virtualized PCs)
- Εξοικονόμηση δαπανών πάνω από $3,000 ετησίως για κάθε virtualized φορτίο εργασίας (workload)
- Δυνατότητα για διάθεση νέων εφαρμογών σε λίγα λεπτά αντί για ημέρες ή εβδομάδες
- Βελτίωση κατά 85% στο χρόνο ανάκαμψης από απρογραμμάτιστη διακοπή λειτουργίας

Το Σχ. 18 και το Σχ. 19 δείχνουν την νέα προσέγγιση που δίνει το Virtualization στην επέκταση των κέντρων δεδομένων.



Σχήμα 18 – Περιορισμοί στην επεκτασιμότητα των κέντρων δεδομένων [1]



Σχήμα 19 – Νέα προσέγγιση στην επεκτασιμότητα των κέντρων δεδομένων [1]

3. Λογισμικό Server Virtualization

Μεγάλοι κατασκευαστές αναπτύσσουν λογισμικό Virtualization. Μερικοί παρατίθενται στην ακόλουθη λίστα:

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

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». Ωστόσο, παγκόσμιος ηγέτης στο χώρο του x86 Virtualization τα τελευταία 10 χρόνια παραμένει η VMware.

3.1. 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 εξαγοράσθηκε από την Microsoft πριν τη διάθεσή του στην αγορά.

Ο Microsoft Virtual Server παρέχει Virtualization σύμφωνα με το μοντέλο Virtual Machine. Ωστόσο, είναι εφαρμογή που παρέχει Virtualization, και όχι πλατφόρμα (λειτουργικό σύστημα) που παρέχει Virtualization. Χρειάζεται κάποιο λειτουργικό σύστημα για να λειτουργήσει. Το λειτουργικό σύστημα που απαιτείται είναι ένα από αυτά που παρέχει η Microsoft. Το μειονέκτημα 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 στην διαχείριση πόρων και κατ' επέκταση η απόδοση των Virtual Machines που εξυπηρετεί να μην είναι η καλύτερη δυνατή.

3.2. 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.

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.

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.

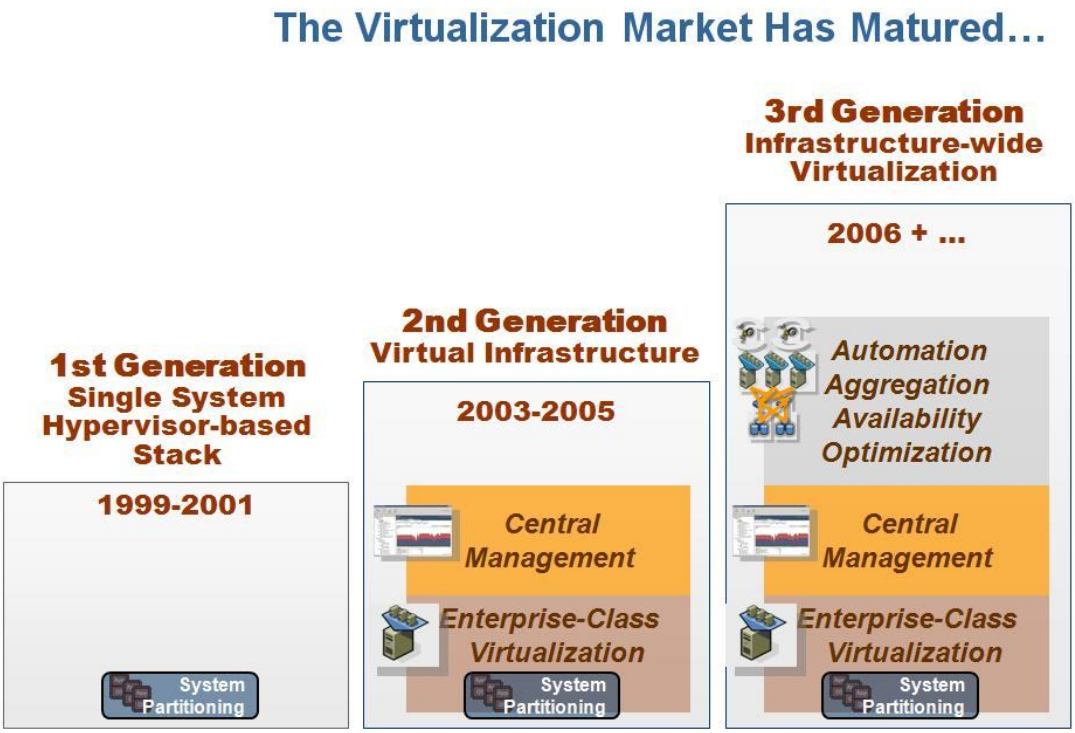
Η προσέγγιση της VMware στο Virtualization

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).

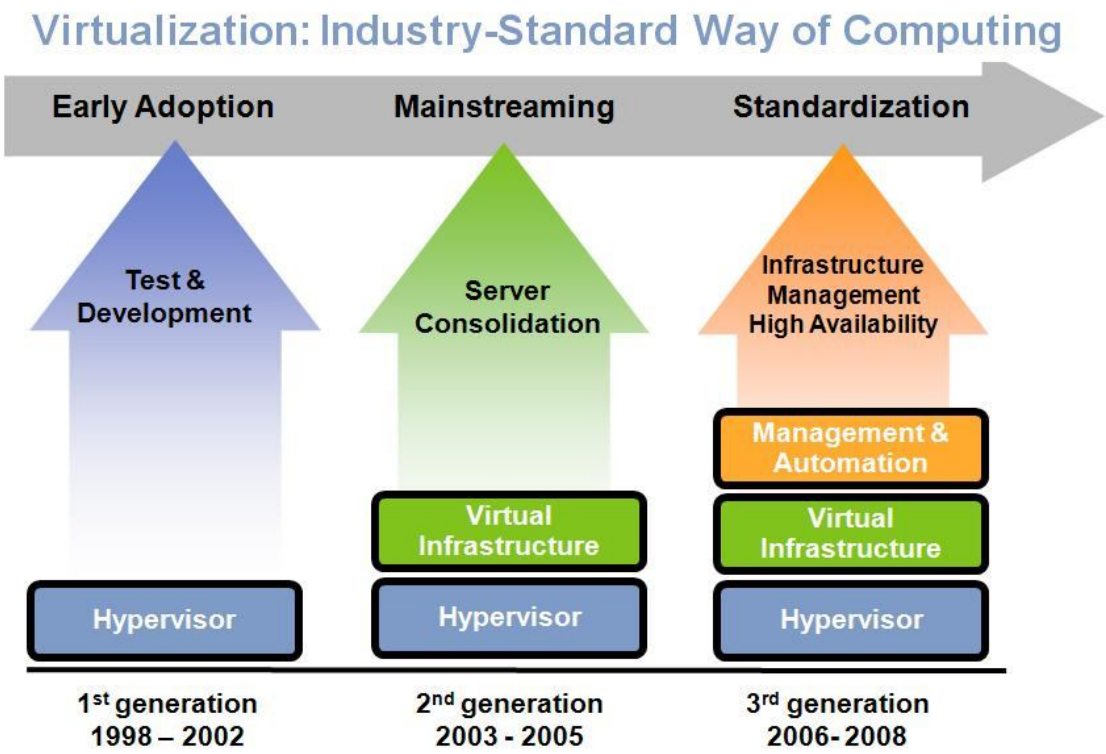
Η λύση της VMware: Πλήρες Virtualization του x86 Hardware

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.



Σχήμα 20 – Η πορεία εξέλιξης του Virtualization στο χρόνο [1]

- Η πρώτη γενιά VMware Virtualization παρείχε διαμερισμό εξυπηρετητών (server partitioning) μέσω ενός hypervisor ή αλλιώς hosted αρχιτεκτονικής.
- Η δεύτερη γενιά VMware Virtualization προσέθεσε διαχειρισιμότητα, capacity planning, P2V (Physical to Virtual) και άλλα εργαλεία για την συγχώνευση (consolidation) των παραγωγικών servers.
- 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.



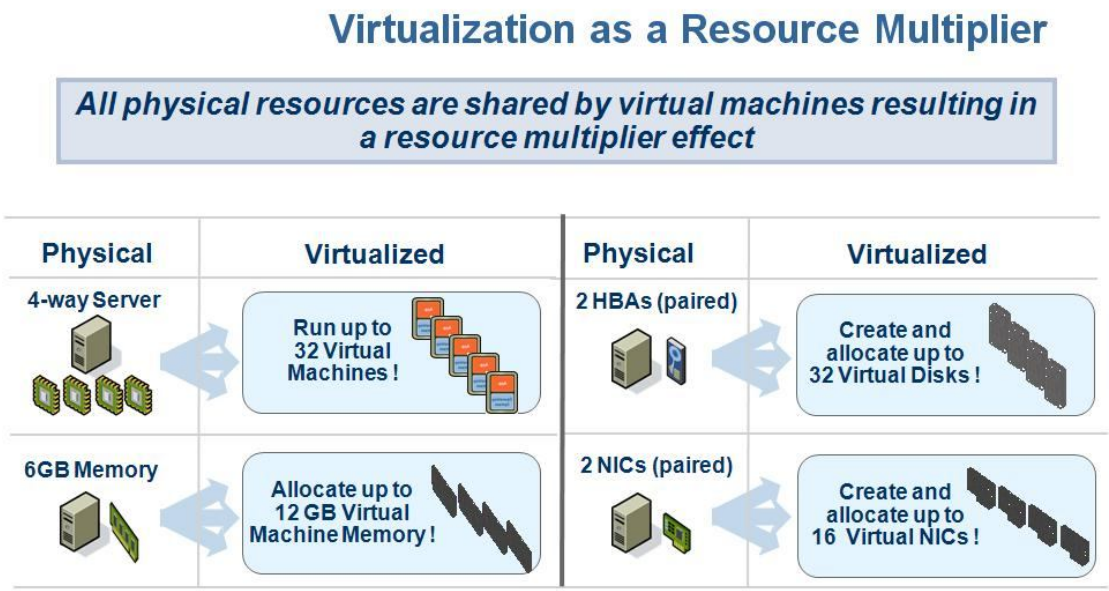
Σχήμα 21 – Οι γενιές του Virtualization [1]

Τα τελευταία χρόνια, το Virtualization έχει περάσει από μια τεχνολογία έρευνας και ανάπτυξης (Test/Dev), σε μια τεχνολογία συγχώνευσης παραγωγικών servers (production server consolidation), και τώρα συγκεντρώνει μαζί της ένα ρεύμα που τείνει να την μετατρέψει σε πρότυπο βιομηχανίας για την πληροφορική (industry standard way of computing).

Όσοι υιοθέτησαν από νωρίς την τεχνολογία Virtualization χρησιμοποιούσαν τον hypervisor για βασικό partitioning. Καθώς η τεχνολογία ωρίμασε και παρείχε τα μέσα για συγκέντρωση πολλαπλών «virtualized» κόμβων και για κεντρική διαχείριση, οι χρήστες πέρασαν την τεχνολογία αυτή σε παραγωγικά περιβάλλοντα.

Καθώς η αγορά και η τεχνολογία ωρίμασε ακόμα περισσότερο, το Virtualization άρχισε να πηγαίνει πιο μακριά από την αρχική του χρήση για server consolidation και live migration των virtual machines. Διασφαλίζοντας την διαθεσιμότητα και την συνεχή λειτουργία βοήθησε τις εταιρείες να επιτύχουν καλύτερα επίπεδα υπηρεσιών (service levels). 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 στον κάνουν το Virtualization προεπιλογή (default) στα datacenter.

Μπορεί κανείς να σκεφθεί την πλατφόρμα VMware Virtualization απλά σαν ένα πολλαπλασιαστή πόρων (Σχ. 22). Κάνει διαθέσιμα τα στοιχεία ενός x86 server σε πολλούς εξυπηρετητές εφαρμογών, αντί σε μόνο έναν που είναι η συνήθης περίπτωση. Η πλατφόρμα Virtualization επιτρέπει να χωρίσουμε αυτούς τους πόρους με ακρίβεια και με έξυπνο τρόπο ανάμεσα σε αυτούς τους εξυπηρετητές για να εξασφαλίσουμε ότι διατηρούνται πάντα εγγυημένα επίπεδα υπηρεσιών.

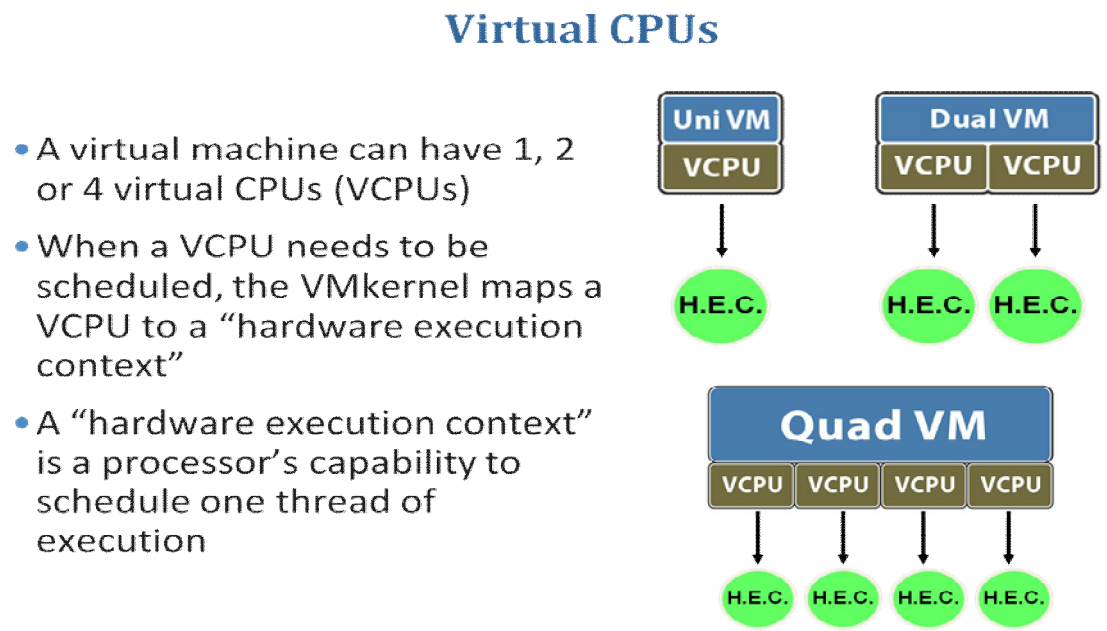


Σχήμα 22 – Το Virtualization ως πολλαπλασιαστής πόρων [1]

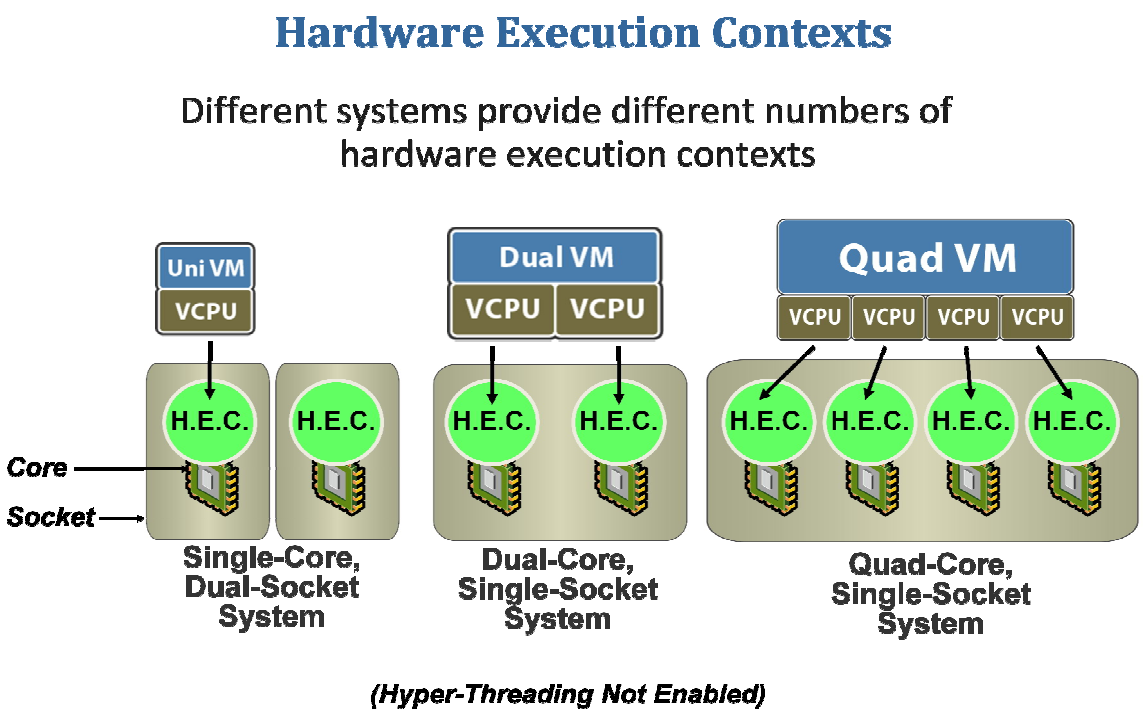
Η Virtualization πλατφόρμα χειρίζεται την εκτέλεση των επεξεργαστικών αναγκών των virtual machine αναθέτοντας κάθε virtual machine σε διαθέσιμους επεξεργαστές του host συστήματος χρησιμοποιώντας intelligent process scheduling και load balancing (ισομερή κατανομή φορτίου) κατά μήκος όλων των διαθέσιμων επεξεργαστών. Για κάθε virtual machine, μπορεί να ορισθεί ελάχιστο και μέγιστο ποσό της CPU που μπορεί ένα virtual machine να χρησιμοποιήσει, εγγυώντας 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 (processor utilization) στους εξυπηρετητές επιτρέποντας να τρέχουν συνήθως 8 virtual machines ανά επεξεργαστή, και αξιοποιεί το hyperthreading και τις δυνατότητες των dual-core ή quad-core επεξεργαστών. Συνήθως οι εταιρείες τρέχουν 20 με 30 παράλληλα virtual machines σε 4-way servers. Ο VMware ESX Server υποστηρίζει μέχρι και 80 virtual CPUs σε παράλληλη χρήση.

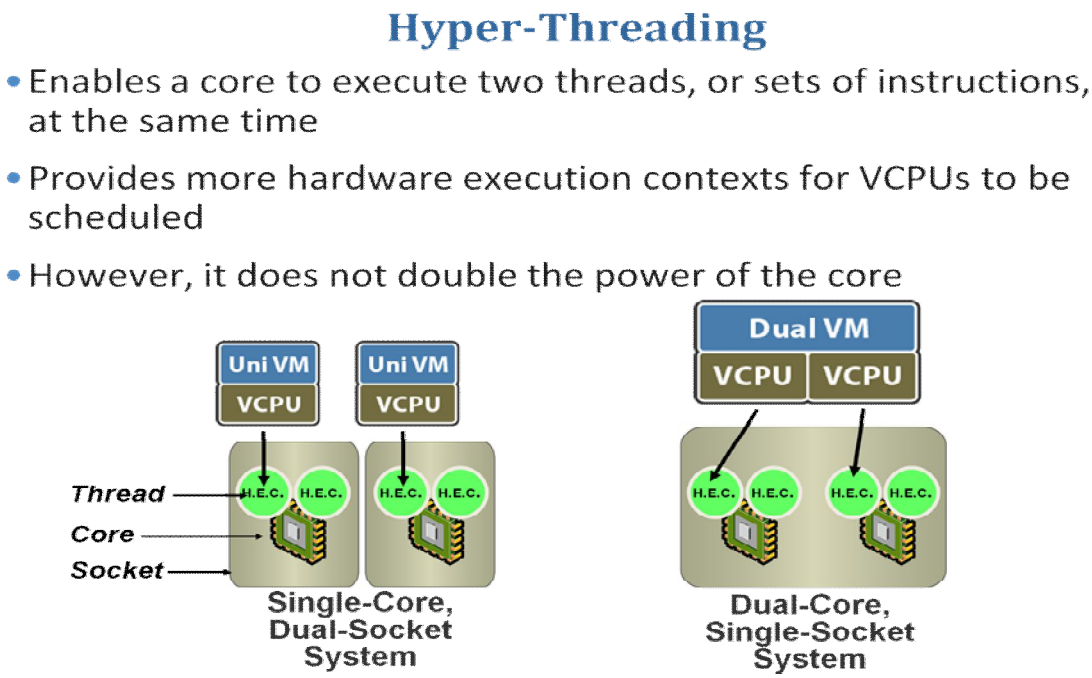
Τα Σχ. 23, 24 και 25 δείχνουν τον προγραμματισμό των ιδεατών μηχανών στους επεξεργαστές των φυσικών μηχανών.



Σχήμα 23 – Χρονοπρογραμματισμός ιδεατών συστημάτων-1 [3]



Σχήμα 24 – Χρονοπρογραμματισμός ιδεατών συστημάτων-2 [3]



Σχήμα 25 – Χρονοπρογραμματισμός ιδεατών συστημάτων-3 [3]

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 virtual machine, 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 virtual machine 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 ποιές 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.

3.2.1. Ιδιότητες Τεχνολογίας VMware Server Virtualization

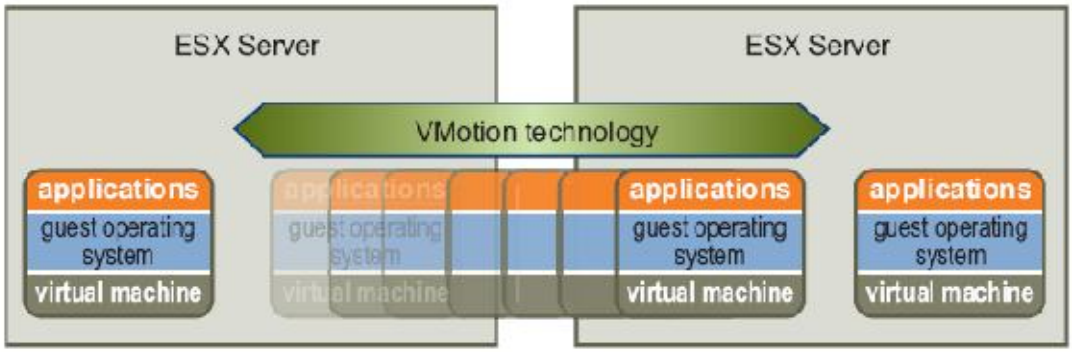
VMware Infrastructure Distributed Services

Τα VMware VMotion, VMware Storage VMotion, VMware DRS, and 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.

3.2.1.1. 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 επαναανατεθούν 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.



Σχήμα 26 – Ιδεατή μεταφορά εικονικών συστημάτων (VMotion) [4]

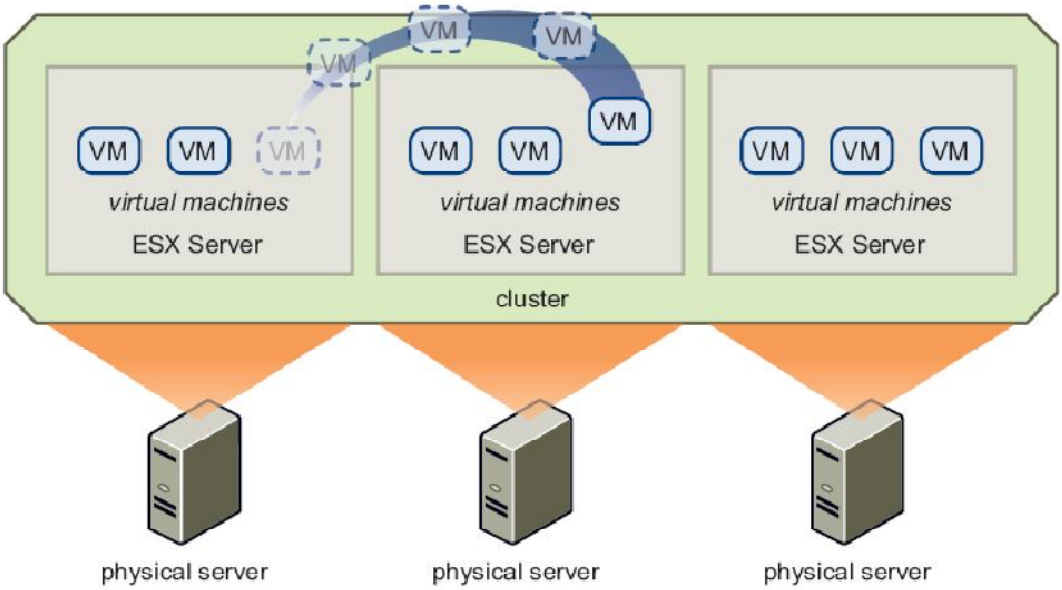
3.2.1.2. Δυναμική Κατανομή Φορτίου (VMware DRS)

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 υποκείμενων 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.

Χρησιμοποιώντας το VMotion και έναν έξυπνο δρομολογητή πόρων (resource scheduler), το VMware DRS αυτοματοποιεί την εργασία ανάθεσης των virtual machines σε servers μέσα στο cluster για να χρησιμοποιήσουν τους πόρους της ΚΜΕ και της Μνήμης αυτού του server όπως φαίνεται στο Σχ. 27. Το DRS κάνει τους υπολογισμούς και αυτοματοποιεί την αντιστοίχιση.

Όταν ένας νέος φυσικός εξυπηρετητής γίνεται διαθέσιμος, το DRS αυτόματα ανακατανείμει 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 virtual machines μετακινούνται (γίνονται migrate) 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.

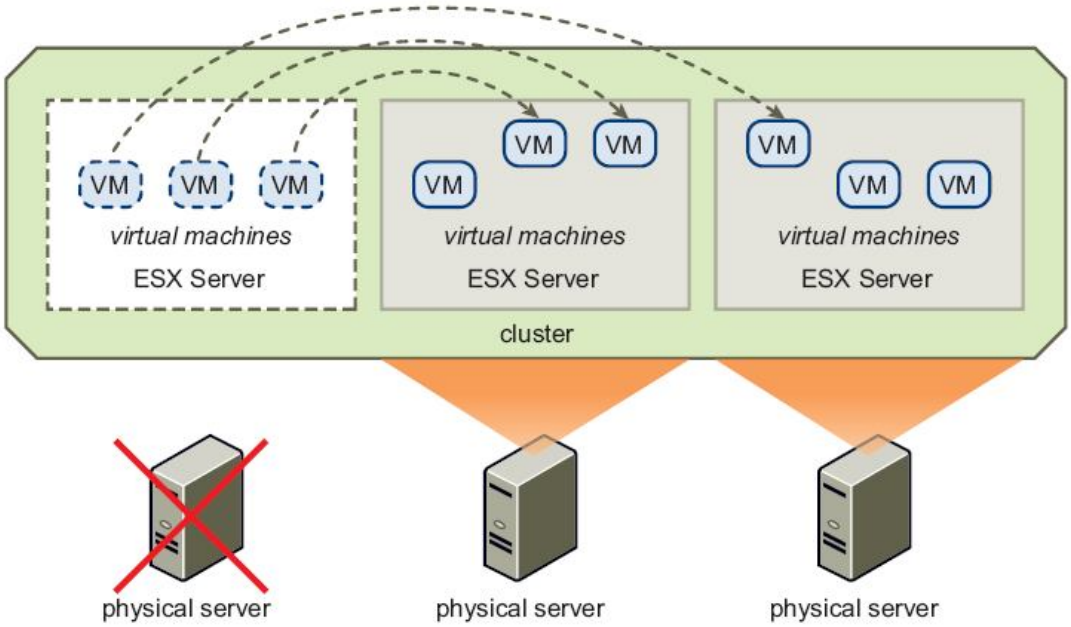


Σχήμα 27 – Δυναμική κατανομή φορτίου (DRS) [4]

3.2.1.3. 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 παρουσίαση 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 (Βλ. Σχ. 28). 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.



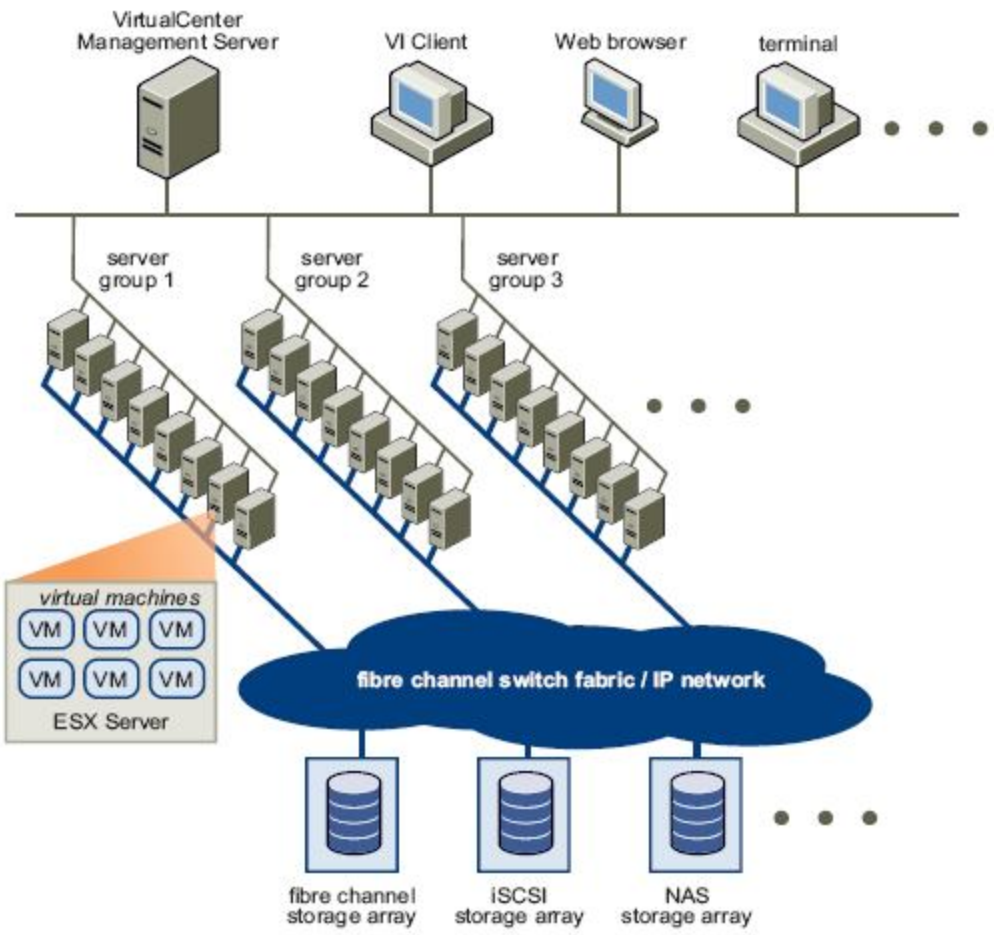
Σχήμα 28 – Υψηλή διαθεσιμότητα (HA) [4]

Το VMware Infrastructure είναι μια πλήρης σουίτα infrastructure Virtualization που παρέχει εκτενείς δυνατότητες Virtualization, διαχείρισης, βελτιστοποίησης πόρων, διαθεσιμότητας εφαρμογών, και αυτοματοποίησης λειτουργιών σε ένα ολοκληρωμένη πακέτο. Το VMware Infrastructure κάνει «virtualize» και 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 κατανεμημένων υπηρεσιών που επιτρέπουν επιλεκτική, καθοδηγούμενη από πολιτικές ανάθεσης πόρων, υψηλή διαθεσιμότητα, και συγκεντρωτικό backup ολόκληρου του virtual datacenter. Αυτές οι κατανεμημένες υπηρεσίες επιτρέπουν σε έναν IT οργανισμό να δημιουργήσει και να τηρεί τα production Service Level Agreements που έχει θέσει με τους πελάτες του, με οικονομικά αποδοτικό τρόπο.

Φυσική τοπολογία ενός VMware Virtual Datacenter

Όπως δείχνει το Σχ. 29, ένα τυπικό VMware Infrastructure datacenter αποτελείται από βασικά φυσικά δομικά στοιχεία όπως x86 computing servers, storage networks και arrays, IP networks, έναν management server, και desktop clients.



Σχήμα 29 – Φυσική τοπολογία ιδεατού μηχανογραφικού κέντρου [4]

Computing Servers

Οι computing servers είναι industry standard x86 servers που τρέχουν VMware ESX Server απευθείας πάνω στο υλικό. Το ESX Server λογισμικό διαθέτει πόρους στα virtual machines και τα «τρέχει». Κάθε computing server αναφέρεται ως ένας standalone host στο virtual περιβάλλον. Ένας αριθμός από παρόμοια παραμετροποιημένους x86 servers μπορεί να ομαδοποιηθεί με συνδέσεις στο ίδιο δίκτυο και στα ίδια υποσύστηματα 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 datacenters 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 στη διάθεσή τους 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.

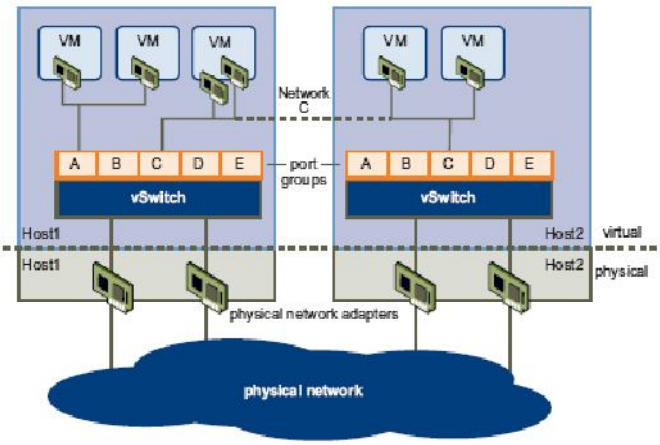
Desktop Clients
Το VMware Infrastructure διαθέτει σειρά από interfaces για την διαχείριση του datacenter και την πρόσβαση στα virtual machines. Οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν το interface που καλύπτει καλύτερα τις ανάγκες τους:

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

Αρχιτεκτονική Δικτύου
Το VMware Infrastructure είναι ì ία 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 Σχ. 30 δείχνει τη σχέση ανάμεσα στα δίκτυα μέσα και έξω από το virtual περιβάλλον. Το virtual περιβάλλον παρέχει παρόμοια δικτυακά

στοιχεία με του φυσικού κόσμου. Αυτά είναι οι ιδεατές κάρτες δικτύου (vNIC), τα virtual switches (vSwitch), και τα port groups (ομάδες από πόρτες). Όπως και ένα φυσικό μηχάνημα, ένα ιδεατό μηχάνημα έχει την δική του vNIC. Το λειτουργικό σύστημα και οι εφαρμογές μιλάνε στην vNIC μέσω ενός standard device driver ή ενός VMware βελτιστοποιημένου device driver σαν να ήταν η vNIC μία φυσική 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.

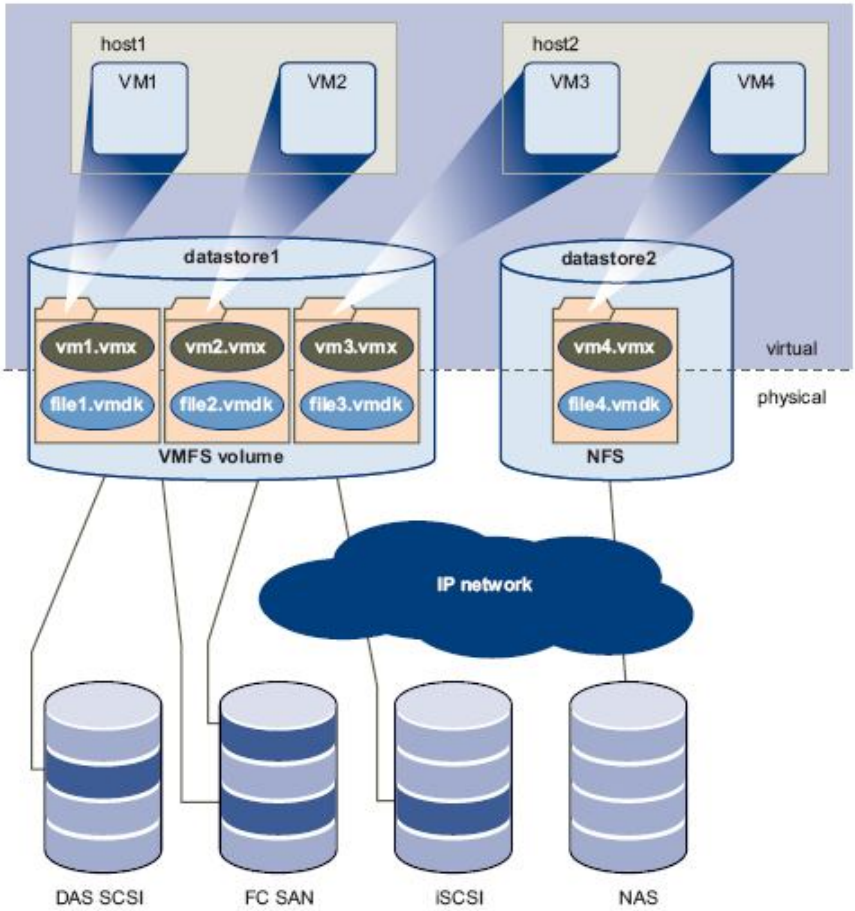


Σχήμα 30 – Αρχιτεκτονική δικτύου με χρήση Virtualization [4]

Ένα virtual switch λειτουργεί σαν ένα φυσικό switch επιπέδου 2 (ISO/OSI layer 2). Κάθε server έχει τα δικά του virtual switches. Στην μία πλευρά του virtual switch υπάρχουν port groups (ομάδες από πόρτες) που συνδέονται στα virtual machines. Στην άλλη πλευρά υπάρχουν uplink συνδέσεις σε φυσικούς Ethernet προσαρμογείς στον server όπου 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 στο Σχ. 31, αποτελείται από αφαιρετικά επίπεδα που αποκρύπτουν και διαχειρίζονται την πολυπλοκότητα και τις διαφορές ανάμεσα στα φυσικά storage subsystems.



Σχήμα 31 – Αρχιτεκτονική αποθηκευτικών ì έσων [4]

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 έναν ή περισσότερους virtual SCSI disks όπως φαίνεται στο Σχ. 31.

Οι virtual SCSI δίσκοι παρέχονται από Datastore στοιχεία στο datacenter. Ένα *Datastore* είναι σαν ένα storage appliance 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 έναν 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 (αντιγραφή, μετακίνηση, αντίγραφα ασφαλείας, κτλ.) 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 υπάρχον 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 η 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 επιτρέπει 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.

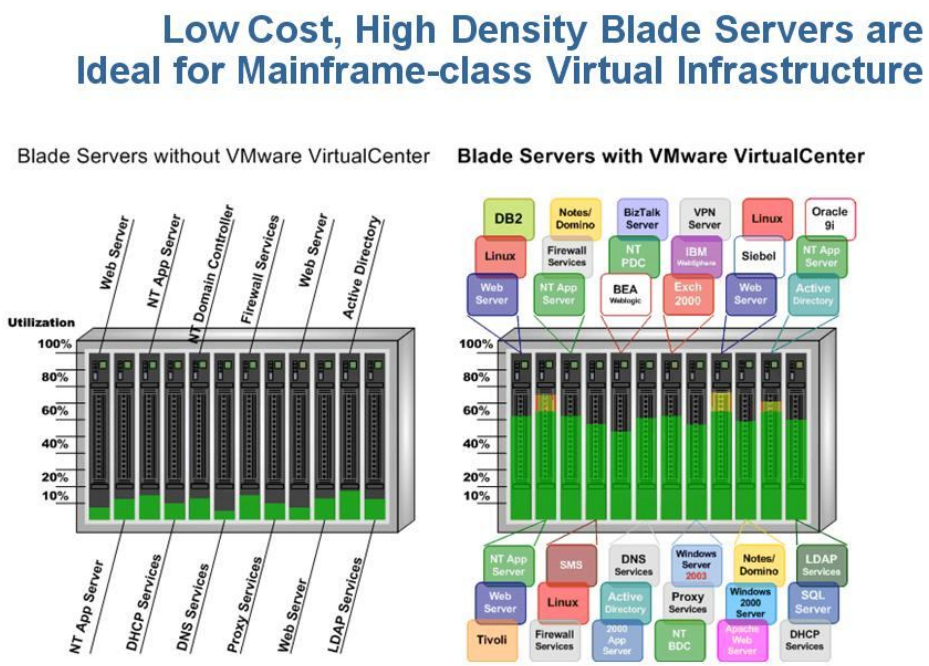
Το VMFS επίσης χαρακτηρίζεται από enterprise-class crash consistency και μηχανισμούς διόρθωσης, όπως το distributed journaling, ένα crash consistent virtual machine I/O path, και στιγμιότυπα της κατάστασης του συστήματος (machine state snapshots). Αυτοί οι μηχανισμοί μπορεί να βοηθήσουν για quick root-cause και επαναφορά από αστοχίες του virtual machine, του physical host, και του storage subsystem.

4. Εφαρμογές της τεχνολογίας Server Virtualization

4.1. Server Consolidation

Εξάπλωση/Διασπορά διακομιστών (Server Sprawl) λέγεται η κατάσταση στην οποία πολλαπλοί, υποαπασχολούμενοι servers καταλαμβάνουν χώρο και καταναλώνουν περισσότερους πόρους από ότι μπορεί να δικαιολογηθεί από το φόρτο εργασίας τους. Συχνές αιτίες του server sprawl (εξάπλωσης υπολογιστών) είναι η αγορά μεγάλου αριθμού από χαμηλού κόστους (low-end) servers και η πρακτική της αφιέρωσης διακομιστών σε μεμονωμένες εφαρμογές. Η εξάπλωση των διακομιστών μπορεί να περιορίζεται σε ένα δωμάτιο υπολογιστών, αλλά σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να εξαπλώνεται σε πολλαπλές εγκαταστάσεις σε ευρύτατα εκτεταμένες γεωγραφικές περιοχές, ειδικά σε περιπτώσεις που μια επιχείρηση έχει εξαγοράσει μια άλλη ή όπου δύο εταιρείες έχουν συγχωνευθεί.

Σύμφωνα με τον Tony Iams, Ανώτερο Αναλυτή στην D.H. Brown Associates Inc. στο Port Chester, NY, οι servers συνήθως λειτουργούν στο 15-20% των δυνατοτήτων τους [5]. Οι επιχειρήσεις αυξανόμενα στρέφονται σε μέτρα server consolidation, όπως η χρήση blade-servers, σαν μέσο μείωσης των μη απαραίτητων εξόδων και μεγιστοποίησης της επιστροφής χρημάτων από την επένδυση (ROI).



Σχήμα 32 – Virtualization με Blade Servers [1]

Η υψηλή φυσική πυκνότητα που παρέχεται από τους blade servers τους κάνει άριστη λύση για datacenter overcrowding, αλλά από μόνοι τους, οι blade servers δεν κάνουν κάτι για να βελτιώσουν τις εργασίες διαχείρισης των συστημάτων. Αν κανείς βασιστεί απλά στους blade servers για να αυξήσει την πυκνότητα των servers στα racks, θα δει ότι χρειάζεται επίσης να αυξήσει την πυκνότητα των του προσωπικού υπευθύνων συστημάτων που θα προσπαθεί ανάμεσα στα racks να διαχειριστεί όλους αυτούς τους blades.

Εμπορικές εφαρμογές σαν το VMware virtual infrastructure υποστηρίζουν πλήρως τα server blades. Ο ESX Server της VMware υποστηρίζει τα πιο γνωστά server blades, και επιτρέπει στα diskless blades (χωρίς εσωτερικούς δίσκους) να εκκινούν τον ESX Server από ένα SAN. Διαμερίζοντας ένα blade σε πολλαπλά virtual machines, μπορούμε με ασφάλεια να χρησιμοποιούμε τα blades με πολύ υψηλότερα επίπεδα χρησιμοποίησης της ΚΜΕ και είναι πολύ ευκολότερο να δημιουργούμε virtual machines στα blades παρά physical system images.

Το VirtualCenter (εμπορική εφαρμογή της VMware) διαχειρίζεται εύκολα μεγάλο πληθυσμό από servers blades από ένα interface. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το VirtualCenter για να δημιουργούμε νέους servers στα blades χρησιμοποιώντας την ιδιότητα των templates, ενώ οι ιδιότητες του hot και cold migration επιτρέπουν την εναλλαγή μεταξύ των blades με μια απλή «drag and drop» ενέργεια.

4.2. Δοκιμές και Ανάπτυξη (Test & Development)

Το Server Virtualization έχει μεγάλη εφαρμογή σε θέματα δοκιμών και ανάπτυξης εφαρμογών όπως φαίνεται στον πίνακα 1.

Δυνατότητα	Οφέλη για το IT	Οφέλη για την ομάδα ανάπτυξης λογισμικού
Δημιουργία κεντρικού συνόλου με virtualized servers, storage και networking εξοπλισμό που μοιράζεται ανάμεσα στις ομάδες ανάπτυξης λογισμικού και τις ομάδες δοκιμών και τα μέλη τους.	Μείωση ποσοστών αναλογίας server με προσωπικό κατά 75% Σημαντικός περιορισμός CapEx & OpEx.	Επιτάχυνση των κύκλων ανάπτυξης λογισμικού.
Αυτόματη και γρήγορη δημιουργία πολύπλοκων και πολυπληθών σε μηχανήματα συνδυασμών software configurations για χρήση στις δραστηριότητες ανάπτυξης και δοκιμών.	Μείωση χρόνου και κόστους διάθεσης νέων συστημάτων κατά περισσότερο από 50% (συνεπώς η υπηρεσία παρέχεται πολύ πιο γρήγορα).	Αύξηση του αριθμού των πιστοποιημένων δομών ανάπτυξης (υλικού) που υποστηρίζονται από νέα πακέτα λογισμικού. Εύρεση και επιδιόρθωση περισσότερων προβλημάτων, νωρίτερα στον κύκλο ανάπτυξης λογισμικού.
Κάθε μηχανικός ανάπτυξης ή μηχανικός ελέγχου έχει το δικό του αντίστοιχο ενός πλήρως εξοπλισμένου κέντρου δεδομένων	Απαλλαγή του IT από το φορτίο της επαναληπτικής υποστήριξης και ρύθμισης Η/Υ	.Περιορισμός του χαμένου χρόνου και ενέργειας για παρακλήσεις αλλαγών και προστασία σημαντικών εξυπηρετητών, αποθηκευτικών και δικτυακών συστημάτων.

με αποκλειστικό προσωπικό provisioning.		Δυνατότητα για έλεγχο μονάδων σε πραγματικό χρόνο.
Διατήρηση αναλυτικής βιβλιοθήκης με περιβάλλοντα επιχειρήσεων και παραγωγικών συστημάτων.	Δυνατότητα για self-service provisioning από τους χρήστες του lab	Εξάλειψη διακοπών λόγω αναβάθμισης (υλικού ή λογισμικού). Παροχή καλύτερης υποστήριξης σε χρήστες λογισμικού. Γρήγορη αντιμετώπιση προβλημάτων παραγωγικής ανάπτυξης σε πελάτες
Πάγωμα και απεικόνιση διατάξεων πολλαπλών ιδεατών μηχανών σε μοιραζόμενη βιβλιοθήκη.	Διατήρηση ιστορικών αρχείων για τα σενάρια ελέγχου	Επαναδημιουργία προβλημάτων λογισμικού (bugs) με αξιοπιστία και περιορισμό του χρόνου διόρθωσης των προβλημάτων λογισμικού. Περιορισμός του αριθμού των αφανών απειλών (latent defefts) του λογισμικού που καθηλώνουν παραγωγικά συστήματα.
Εύκολη εναλλαγή διατάξεων συστημάτων μεταξύ ανάπτυξης και ελέγχου.		Μείωση κόστους επικοινωνίας ανάμεσα στις κατανεμημένες ομάδες ανάπτυξης λογισμικού Βελτίωση της αποδοτικότητας και παραγωγικότητας της υπεργολαβικής ανάπτυξης λογισμικού και ελέγχου των συνεργατών.

Πίνακας 1 – Εφαρμογές του Server Virtualization σε θέματα δοκιμών και ανάπτυξης [2]

4.3. Disaster Recovery

Ένα σχέδιο ανάκαμψης από καταστροφή (disaster recovery plan – DRP), που μερικές φορές αναφέρεται ως business continuity plan (BCP) ή σαν business process contingency plan (BPCP), περιγράφει πώς ένας οργανισμός θα αντιμετωπίσει πιθανές καταστροφές. Όπως μια καταστροφή είναι ένα γεγονός που κάνει αδύνατη την συνέχιση των κανονικών λειτουργιών, ένα πλάνο ανάκαμψης από καταστροφή αποτελείται από προληπτικά μέτρα που λαμβάνονται προκειμένου οι επιδράσεις μια καταστροφής να ελαχιστοποιηθούν και ο οργανισμός να είναι σε θέση είτε να διατηρήσει είτε γρήγορα να αρχίσει εκ νέου τις πιο κρίσιμες επιχειρησιακά (mission-critical) λειτουργίες. Συνήθως, ο σχεδιασμός ανάκαμψης από καταστροφές περιλαμβάνει ανάλυση των επιχειρησιακών διαδικασιών και των αναγκών για συνέχιση των λειτουργιών. Μπορεί επίσης να περιλαμβάνει επικέντρωση σε σημαντικό βαθμό στην αποφυγή καταστροφής.

Το Disaster Recovery γίνεται μία ολοένα σημαντικότερη πλευρά του enterprise computing. Καθώς οι συσκευές, τα συστήματα και τα δίκτυα γίνονται όλο και πιο σύνθετα, υπάρχουν περισσότερα πράγματα που μπορούν να παρουσιάσουν προβλήματα. Σαν συνέπεια, τα πλάνα ανάκαμψης έχουν επίσης γίνει πιο σύνθετα.

Σύμφωνα με τον Jon William Toigo (συγγραφέα του *Disaster Recovery Planning*) [6]: «Για παράδειγμα, πριν από 15 ή 20 χρόνια εάν υπήρχε απειλή από φωτιά για

τα συστήματα, ένα disaster recovery πλάνο θα μπορούσε να περιλαμβάνει το κλείσιμο του mainframe και των άλλων συστημάτων πριν την ενεργοποίηση του συστήματος πυρόσβεσης, την αποσυναρμολόγηση των εξαρτημάτων, και κατόπιν το στέγνωμα των καρτών με τα κυκλώματα. Ωστόσο, τα σημερινά enterprise συστήματα τείνουν να είναι πολύ μεγάλα και σύνθετα για τέτοιες απλές και χειροκίνητες προσεγγίσεις, και η διακοπή των υπηρεσιών ή η απώλεια δεδομένων μπορεί να έχει σημαντικό οικονομικό αντίκτυπο, είτε άμεσα είτε μέσω απώλειας εμπιστοσύνης προς την επιχείρηση από τους πελάτες.»

Τα κατάλληλα πλάνα διαφέρουν από μια επιχείρηση σε μια άλλη, ανάλογα με παράγοντες όπως ο τύπος της επιχείρησης, οι εμπλεκόμενες διαδικασίες και το επίπεδο ασφάλειας που απαιτείται. Ο σχεδιασμός του Disaster recovery μπορεί να αναπτυχθεί μέσα σε έναν οργανισμό ή να αγοραστεί σαν εφαρμογή λογισμικού ή υπηρεσία. Δεν είναι ασυνήθιστο για μια επιχείρηση να ξοδεύει 25% του προϋπολογισμού που διαθέτει για συστήματα πληροφορικής, σε μεθόδους αποκατάστασης της ομαλής λειτουργίας ύστερα από εμφάνιση καταστροφής (disaster recovery).

Παρόλα αυτά, είναι κοινώς παραδεκτό στη βιομηχανία του DR ότι οι περισσότερες επιχειρήσεις ακόμα δεν είναι σωστά προετοιμασμένες για να αντιμετωπίσουν την περίπτωση καταστροφής. Σύμφωνα με το Disaster Recovery site, «Παρά το μεγάλο αριθμό των δημοσίων καταστροφών από τις 9/11, ακόμη μόνο περίπου το 50% των επιχειρήσεων αναφέρουν ότι έχουν σχέδιο DR. Από αυτές περίπου οι μισές δεν έχουν ελέγξει ποτέ το DR πλάνο τους, που είναι ταυτόσημο με το να μην έχουν DR πλάνο καθόλου».

4.3.1. Business Continuity

Το Business continuance (που μερικές φορές αναφέρεται και ως *business continuity*) περιγράφει τις διεργασίες και τις διαδικασίες που ένας οργανισμός ενεργοποιεί για να διασφαλίσουν ότι οι βασικές λειτουργίες μπορούν να συνεχιστούν κατά τη διάρκεια και μετά από μια καταστροφή. Το Business continuance planning (σχεδιασμός) επιζητά να εμποδίσει την διακοπή των κρίσιμων υπηρεσιών, και να επαναφέρει την πλήρη λειτουργικότητα όσο γρήγορα και ομαλά γίνεται.

Παρόλο που το business continuance είναι σημαντικό για κάθε οργανισμό, ίσως να μην είναι πρακτικό παρά μόνο για τους μεγάλους οργανισμούς για να διατηρήσουν πλήρη λειτουργία κατά τη διάρκεια μιας κρίσης από καταστροφή. Σύμφωνα με πολλούς ειδικούς, το πρώτο βήμα στο σχεδιασμό του business continuity είναι ο καθορισμός των λειτουργιών του οργανισμού που είναι βασικές, και ο επιμερισμός του διαθέσιμου προϋπολογισμού αναλόγως. Αφού αναγνωριστούν τα κρίσιμα στοιχεία, μηχανισμοί μετάπτωσης μπορούν να τεθούν σε ισχύ. Νέες τεχνολογίες, όπως το «disk mirroring» πάνω από το Internet, κάνουν εφικτό για έναν οργανισμό να

διατηρεί ενημερωμένα αντίγραφα των δεδομένων σε γεωγραφικά διασκορπισμένες τοποθεσίες, έτσι ώστε η πρόσβαση στα δεδομένα μπορεί να συνεχιστεί αδιάκοπα αν μία τοποθεσία απενεργοποιηθεί.

Σύμφωνα με ένα πρόσφατο κείμενο του Gartner Group [7], ένα business continuance πλάνο θα πρέπει να περιλαμβάνει:

- Ένα disaster recovery πλάνο, που καθορίζει τις προδιαγεγραμμένες στρατηγικές ενός οργανισμού για τις διαδικασίες μετά την καταστροφή.
- Ένα σχέδιο συνέχισης εργασιών (business resumption plan), που καθορίζει ένα τρόπο διατήρησης των απαραίτητων υπηρεσιών στην τοποθεσία της κρίσης.
- Ένα σχέδιο ανάκαμψης/«ανάρρωσης» (business recovery plan), που καθορίζει ένα τρόπο ανάκτησης και θεραπείας των επιχειρησιακών λειτουργιών σε μια εναλλακτική τοποθεσία.
- Ένα σχέδιο εκτάκτου ανάγκης (*contingency plan)*, που καθορίζει τον τρόπο και τα μέσα αντιμετώπισης εξωτερικών γεγονότων που μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά τον οργανισμό.

Το Business continuance έχει γίνει μια αυξανόμενα κοινή περιοχή ανησυχίας από την καταστροφή του World Trade Center τον Σεπτέμβριο του 2001, στην οποία ένα απρόβλεπτο περιστατικό δημιούργησε μια αιφνίδια και σοβαρή απειλή σε κρίσιμες λειτουργίες για έναν αριθμό εταιριών.

4.3.2. Business Impact Analysis

Το Business Impact Analysis (BIA) (Ανάλυση αντίκτυπου στην επιχείρηση) είναι ένα βασικό στοιχείο του business continuance πλάνου/σχεδίου ενός οργανισμού; περιλαμβάνει ένα διερευνητικό τμήμα για να φανερώσει τυχόν ευπαθή σημεία, και ένα τμήμα σχεδιασμού για την ανάπτυξη στρατηγικών ελαχιστοποίησης κινδύνου. Το αποτέλεσμα της ανάλυσης είναι μια αναφορά ανάλυσης του αντίκτυπου στην επιχείρηση (BIA analysis report), που περιγράφει τους πιθανούς κινδύνους συγκεκριμένα για τον υπό μελέτη οργανισμό. Μία από της βασικές υποθέσεις πίσω από το BIA είναι ότι κάθε τμήμα του οργανισμού βασίζεται στην συνεχή λειτουργία κάθε άλλου τμήματος, αλλά κάποια είναι πιο κρίσιμα από άλλα και απαιτούν μεγαλύτερη ανάθεση οικονομικών πόρων σε περίπτωση εμφάνισης μιας καταστροφής. Για παράδειγμα, μια επιχείρηση ίσως να είναι σε θέση να συνεχίσει τη λειτουργία της χωρίς σημαντικό πρόβλημα αν πρέπει να κλείσει η καφετέρια, αλλά θα έρθει σε πλήρη ανάσχεση εάν καταρρεύσουν τα πληροφοριακά συστήματα.

Ως μέρος του disaster recovery πλάνου, το BIA είναι κατάλληλο για να αναγνωρίσει το κόστος που συνδέεται με τις αστοχίες, όπως η απώλεια

ρευστότητας, η αντικατάσταση εξοπλισμού, οι μισθοί που πρέπει να καταβληθούν για να καλύψει την καθυστέρηση σε αδιεκπεραίωτες εργασίες, η απώλεια κερδών, και ούτω καθ' εξής. Μια BIA αναφορά ποσοτικοποιεί την σημαντικότητα των business components και προτείνει κατάλληλο καταμερισμό οικονομικών πόρων σε μέτρα προστασίας. Οι πιθανότητες για αστοχίες πιθανότατα θα αξιολογηθούν στα πλαίσια της επίδρασής τους στην ασφάλεια, στα οικονομικά, στο μάρκετινγκ, στην συμμόρφωση με τον νόμο, και στην διασφάλιση ποιότητας. Όπου είναι δυνατόν, ο αντίκτυπος εκφράζεται σε νομισματικές μονάδες για λόγους σύγκρισης. Για παράδειγμα, ένας επιχειρησιακός τομέας ίσως να ξοδέψει τρεις φορές περισσότερα χρήματα σε περίπτωση καταστροφής ώστε να επανακτήσει την εμπιστοσύνη των επιχειρήσεων.

4.3.3. Recovery Time Objective (RTO)

Το recovery time objective (RTO) είναι ο μέγιστος ανεκτός χρόνος που ένας υπολογιστής, σύστημα, δίκτυο, ή εφαρμογή μπορεί να βρίσκεται εκτός λειτουργίας μετά από μια αστοχία ή από μια καταστροφή. Το RTO είναι συνάρτηση του βαθμού στον οποίο η διακοπή διαταράσσει τις κανονικές λειτουργιές και του ποσού εισοδήματος που χάνεται ανά μονάδα χρόνου σαν αποτέλεσμα της καταστροφής. Αυτοί οι παράγοντες με τη σειρά τους εξαρτώνται από τον επηρεαζόμενο εξοπλισμό και τις εφαρμογές. Το RTO μετριέται σε δευτερόλεπτα, λεπτά, ώρες, ή μέρες και είναι ένα σημαντικός παράγοντας στο disaster recovery planning (DRP).

Έχει διεξαχθεί πληθώρα μελετών σε μια προσπάθεια να καθοριστεί το κόστος του downtime για διάφορες εφαρμογές στις επιχειρησιακές λειτουργίες. Αυτές οι μελέτες δείχνουν ότι το κόστος εξαρτάται από μακροπρόθεσμες και απροσδιόριστες επιδράσεις όσο και από άμεσους, βραχυπρόθεσμους παράγοντες, ή απτούς παράγοντες. Αφού έχει καθοριστεί το RTO για μια εφαρμογή, οι διαχειριστές μπορούν να αποφασίσουν ποιές τεχνολογίες ανάκαμψης από καταστροφή είναι καταλληλότερες για την περίπτωση. Για παράδειγμα, εάν το RTO για μια συγκεκριμένη εφαρμογή είναι μία ώρα, αντίγραφα ασφαλείας με προστασία πλεονασμού (redundant data backup) σε εξωτερικούς σκληρούς δίσκους ίσως είναι η καλύτερη λύση. Εάν το RTO είναι 5 μέρες, τότε ταινία (tape), CD-R, ή εκτός εγκαταστάσεων (offsite) αποθηκευτικό σύστημα δεδομένων (storage) σε έναν απομακρυσμένο Web server ίσως να είναι πιο πρακτικό.

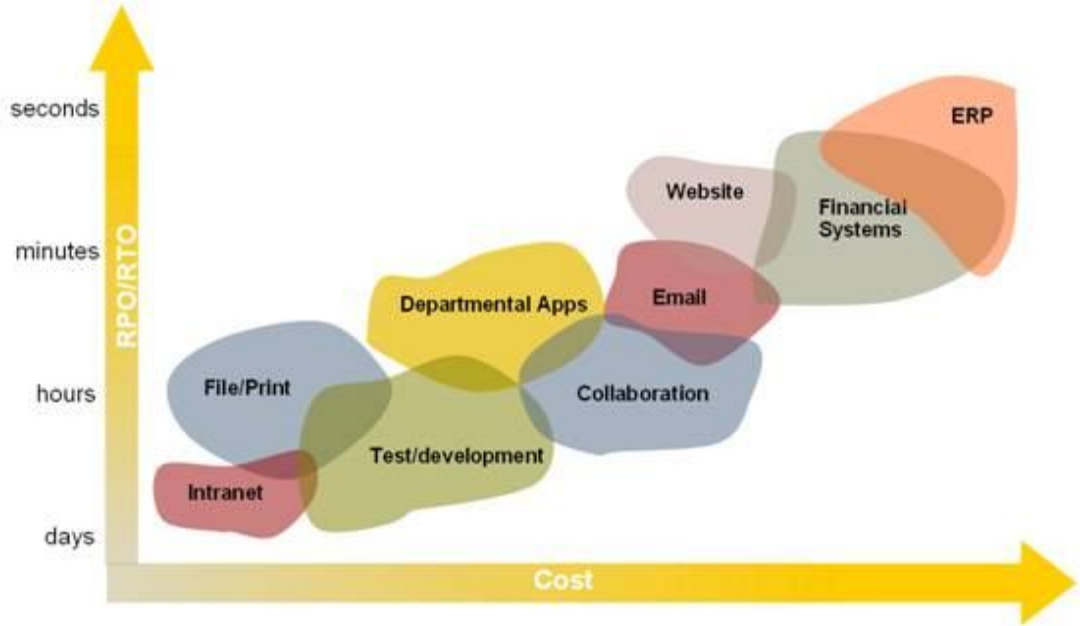
4.3.4. Recovery Point Objective (RPO)

Το recovery point objective (RPO) είναι η ηλικία των αρχείων που πρέπει να ανακτηθούν από χωρητικότητα αποθήκευσης αντιγράφων ασφαλείας (backup storage) ώστε να συνεχιστεί η ομαλή λειτουργία εάν ένας υπολογιστής,

σύστημα, ή δίκτυο καταρρεύσει σαν αποτέλεσμα αστοχίας σε υλικό εξοπλισμό, πρόγραμμα, ή επικοινωνίες. Το RPO εκφράζεται αντίστροφα στο χρόνο (που σημαίνει, στο παρελθόν) από τη στιγμή στην οποία συνέβη η αστοχία, και μπορεί να προσδιοριστεί σε δευτερόλεπτα, λεπτά, ώρες, ή μέρες. Είναι ένας σημαντικός παράγοντας στο disaster recovery planning (DRP).

Αφού καθοριστεί το RPO για ένα δεδομένο υπολογιστή, σύστημα, ή δίκτυο, προκύπτει η ελάχιστη συχνότητα με την οποία γίνονται backups. Αυτό, μαζί με το recovery time objective (RTO), βοηθάει τους διαχειριστές να επιλέξουν τις βέλτιστες τεχνολογίες και διαδικασίες disaster recovery. Για παράδειγμα, εάν το RPO είναι μία ώρα, πρέπει να γίνονται backups τουλάχιστον μία φορά ανά ώρα. Σε αυτή την περίπτωση, εξωτερικοί, σε πλεονάζουσα διάταξη (redundant) σκληροί δίσκοι μπορεί να αποδειχθεί ότι είναι η καλύτερη λύση disaster recovery. Εάν το RPO είναι πέντε μέρες (120 ώρες), τότε backups πρέπει να γίνονται σε διαστήματα των 120 ωρών ή μικρότερα. Σε αυτή την περίπτωση, ταινίες ή CD-R ίσως να είναι επαρκή.

Το Σχ. 33 δείχνει τη συσχέτιση κόστους και RPO/RTO για διάφορες εφαρμογές.



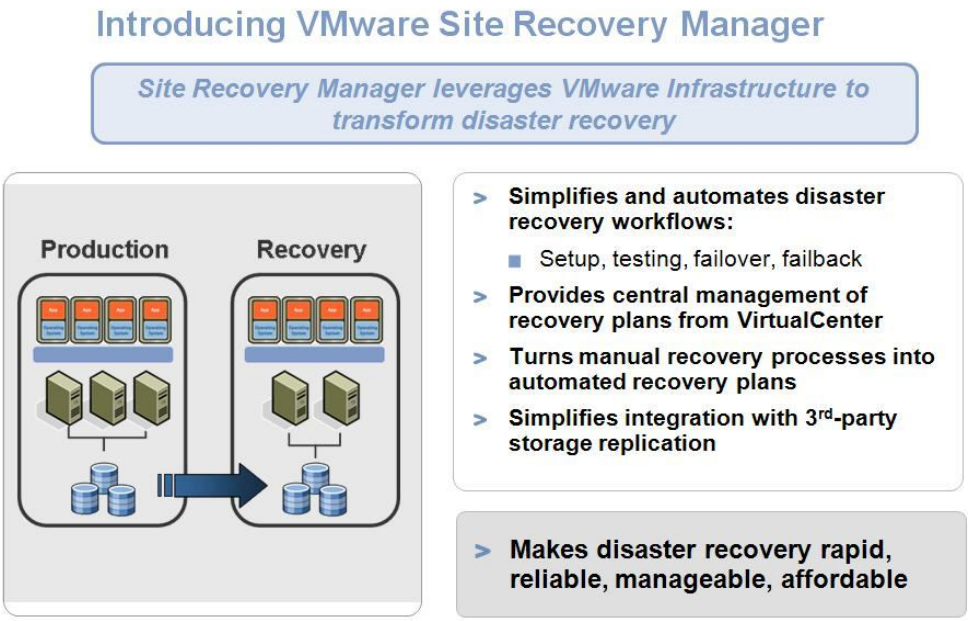
Σχήμα 33 – Συσχέτιση κόστους και RPO/RTO για διάφορες εφαρμογές [8]

Το Σχ. 34 παρουσιάζει τη συσχέτιση κόστους και RPO/RTO για τις διάφορες τεχνολογίες προστασίας δεδομένων (tape backup, array snapshots, replication).

Σχήμα 34 – Συσχέτιση κόστους και RPO/RTO για τις διάφορες τεχνολογίες προστασίας δεδομένων [8]

Το Business continuity είναι η ικανότητα γρήγορης και αξιόπιστης επαναφοράς των IT υπηρεσιών σε λειτουργία, στην περίπτωση πλήρους διακοπής της λειτουργίας ενός ολόκληρου site. Παρόλα αυτά, οι παραδοσιακές λύσεις disaster recovery αφήνουν πολλούς οργανισμούς σε κατάσταση που δεν μπορούν να ικανοποιήσουν τους αντικειμενικούς στόχους ανάκαμψης που έχουν θέσει σε ότι αφορά τον χρόνο και το σημείο (recovery time objective – RTO, recovery point objective – RPO). Οι αργές και συνήθως χειροκίνητες διαδικασίες είναι επιρρεπείς σε λάθη και οδηγούν σε συχνές αποτυχίες.

Για να καλύψει την ανάγκη για business continuity, η VMware προσφέρει από άκρη σε άκρη (end-to-end) διαχείριση του disaster recovery και αυτοματοποίηση με το VMware Site Recovery Manager (Σχ. 35). Ο Site Recovery Manager προσφέρει μια καινοτόμα λύση που κάνει το disaster recovery άμεσο, αξιόπιστο, διαχειρίσιμο, και οικονομικά ανεκτό. Ο Site Recovery Manager παραδίδει την κεντρική διαχείριση των πλάνων ανάκαμψης, αυτοματοποιεί την διαδικασία ανάκαμψης, και επιτρέπει σημαντικά καλύτερο έλεγχο των πλάνων ανάκαμψης.



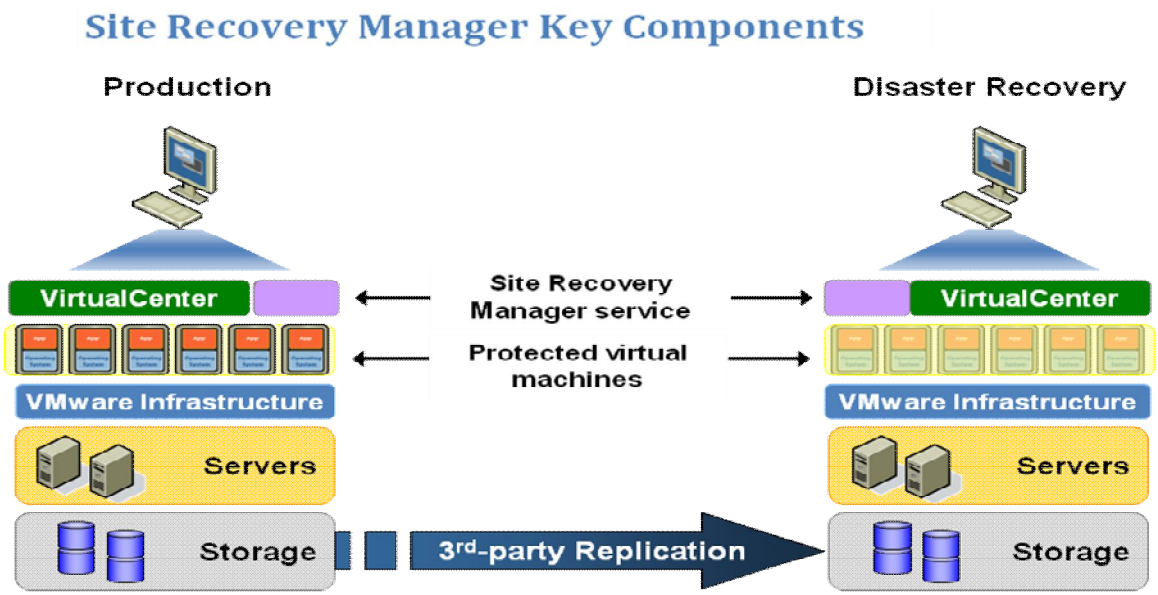
Σχήμα 35 – VMware Site Recovery Manager [1]

Προσφέρει ένα κεντρικό σημείο διαχείρισης των disaster recovery πλάνων.
Επιτρέπει τον εξ' αρχής προγραμματισμό (pre-programming) των disaster recovery πλάνων.
Αυτοματοποιεί disaster recovery ροές εργασίας (workflows) κλειδιά, όπως:

- Απλοποιημένη δημιουργία των σχεδίων ανάκαμψης
- Αυτόματη μετάπτωση
- Εύκολο έλεγχο των σχεδίων ανάκαμψης

Το Σχ. 36 παρουσιάζει τα κύρια στοιχεία μιας εγκατάστασης του site recovery manager:

- Η απαίτηση είναι τα προστατευόμενα VMs να εκτελούνται από αποθηκευτικά συστήματα που κατασκευάζουν πανομοιότυπο αντίγραφα στο δευτερεύον/εναλλακτικό site.
- Ο Site Recovery Manager χειρίζεται την αντιστοίχιση των στοιχείων (VMs, resource pools, networks κτλ) ανάμεσα στα δύο sites και παρέχει workflow automation για το setup, το failover, το failback του DR περιβάλλοντος.



Σχήμα 36 – Δομικά στοιχεία υλοποίησης VMware Site Recovery Manager [1]

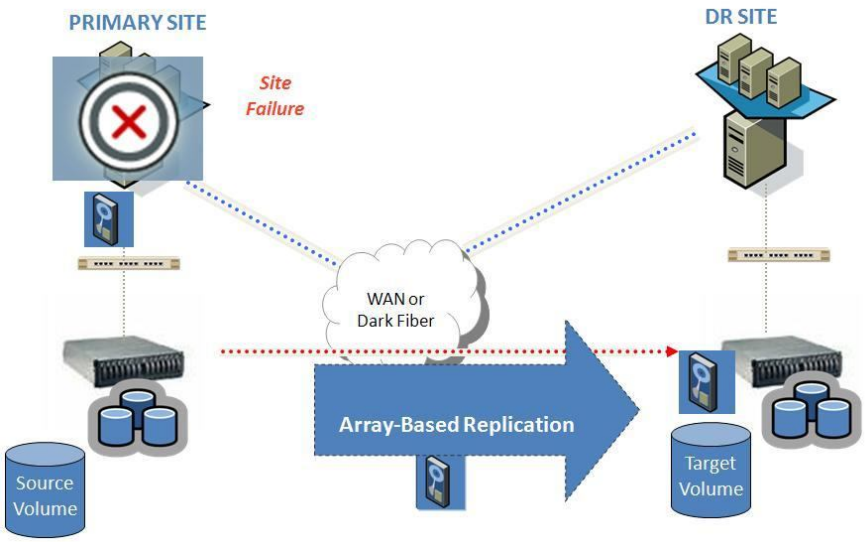
Το Σχ. 37 δείχνει ότι με το πάτημα ενός κουμπιού μπορεί να ενεργοποιηθεί και να εκτελεσθεί μεγάλο μέρος ενός DRP.

Σχήμα 37 – Ενεργοποίηση ενός DRP με μια μόνο ενέργεια [1]

Για υψηλές απαιτήσεις και το χαμηλότερο δυνατό RTO/RPO στις εφαρμογές, υπάρχει η δυνατότητα του off-host replication μέσω ενός storage array ή του storage network-based replication. Το φορτίο του replication μεταφέρεται στους storage processors μέσα στα storage arrays στο primary και το DR site (συνδεδεμένα μέσω dark-fiber ή ενός WAN).

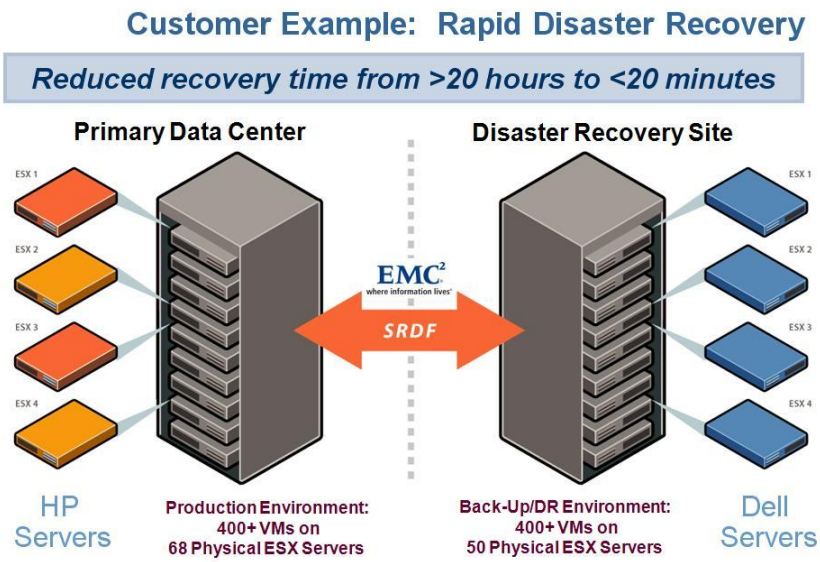
Το Array-based replication επιτρέπει την εύκολη αντιγραφή ολόκληρων των virtual machines απλά κάνοντας replicate τους δίσκους του αποθηκευτικού συστήματος στους οποίους είναι αποθηκευμένα. Τα virtual machines είναι όπως οποιοδήποτε άλλο αρχείο πάνω σε έναν δίσκο.

Μία υλοποίηση storage array replication ανάμεσα στο primary και το DR site φαίνεται στο Σχ. 38.



Σχήμα 38 – Virtualization & Array Replication [1]

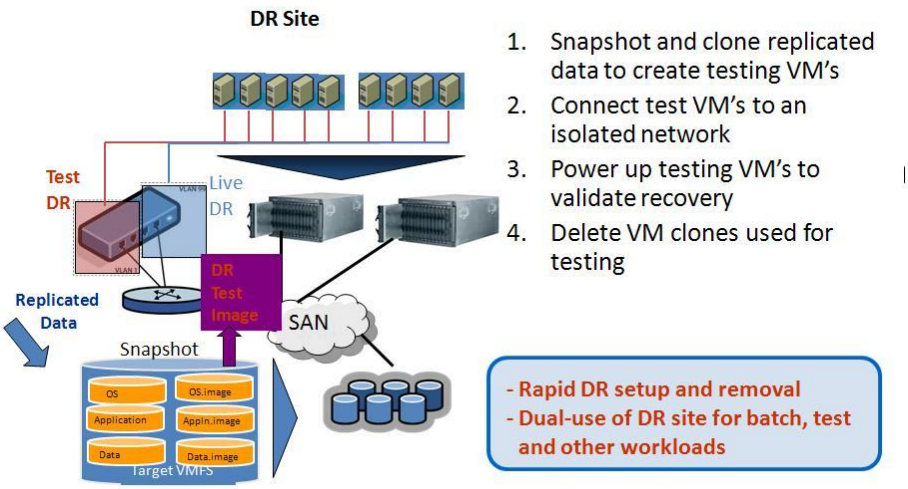
Το Σχ. 39 απεικονίζει τις σημαντικά μικρότερες ανάγκες σε πλήθος εξυπηρετητών που απαιτούνται για την υλοποίηση ενός disaster recovery πλάνου και την ευελιξία που παρέχεται στην επιλογή του εξοπλισμού λόγω της ανεξαρτησίας των ιδεατών μηχανών από το hardware.



Σχήμα 39 – Virtualization & Disaster Recovery [1]

Η λειτουργία της υποδομής στο DR site μπορεί να ελέγχεται περιοδικά και χωρίς επίπονες διαδικασίες όπως περιγράφεται ακολούθως και όπως φαίνεται στο Σχ. 40.

- Δημιουργείται ένα στιγμιαίο αντίγραφο (snapshot) των replicated δεδομένων και μετά κλωνοποιείται για να δημιουργηθεί έναν νέο virtual machine
- Τα virtual switches και τα VLANs μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δημιουργήσουμε ένα απομονωμένο δίκτυο για λόγους ελέγχου που δεν παρεμβαίνει στην λειτουργία των άλλων δικτύων στο DR site
- Μπορούμε να θέσουμε σε λειτουργία τα testing VMs και να ξεκινήσουμε την δοκιμή του DR πλάνου
- Όταν ολοκληρωθεί το τεστ, προκειμένου να επανέρθει το περιβάλλον στην αρχική κατάσταση αρκεί να σβήσουμε τους κλώνους VM και το περιβάλλον είναι έτοιμο για τον επόμενο έλεγχο ή για πραγματική καταστροφή.



Σχήμα 40 – Virtualization & DR Test [1]

Παρόλο που η καλύτερη λύση είναι το Virtualization και του παραγωγικού και του disaster recovery site, είναι επίσης εφικτό να προστατέψουμε τα φυσικά συστήματα με virtual machines, όπως φαίνεται στο Σχ. 41.

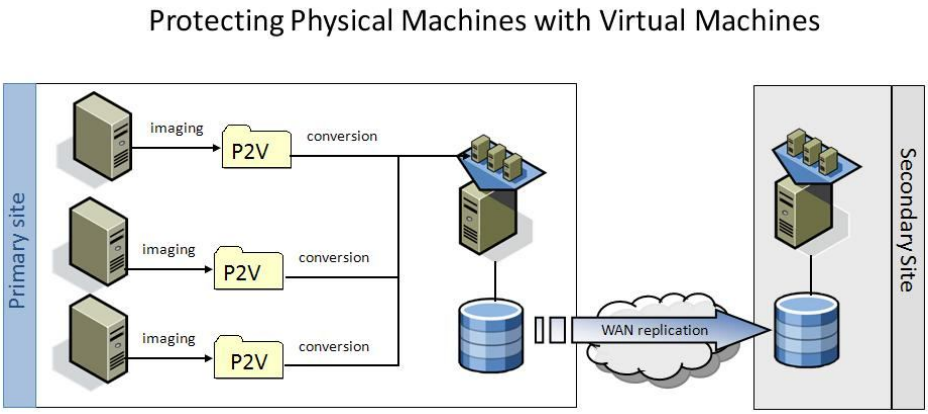
Το physical-to-virtual recovery περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Την μετατροπή των φυσικών συστημάτων σε ιδεατά μηχανήματα
- Την προστασία των δεδομένων εφαρμογής που χρησιμοποιούνται από τα virtual machines

  Η γενική κατεύθυνση εδώ είναι να προστατεύονται τα application data με τον ίδιο τρόπο που θα γινόταν σε ένα

physical-to-physical σενάριο: Εάν γινόταν backup και recovery μπορεί να συνεχίσει να χρησιμοποιείται το ίδιο, εάν γινόταν replication μπορεί να συνεχίσει χρησιμοποιείται.

Μία physical-to-virtual recovery λύση παρέχει το πλεονέκτημα της ανάκαμψης που είναι ανεξάρτητη από το hardware και το consolidation των DR servers, παρόλο που η διαδικασία recovery είναι πιο πολύπλοκη από ένα virtual-to-virtual recovery σενάριο.

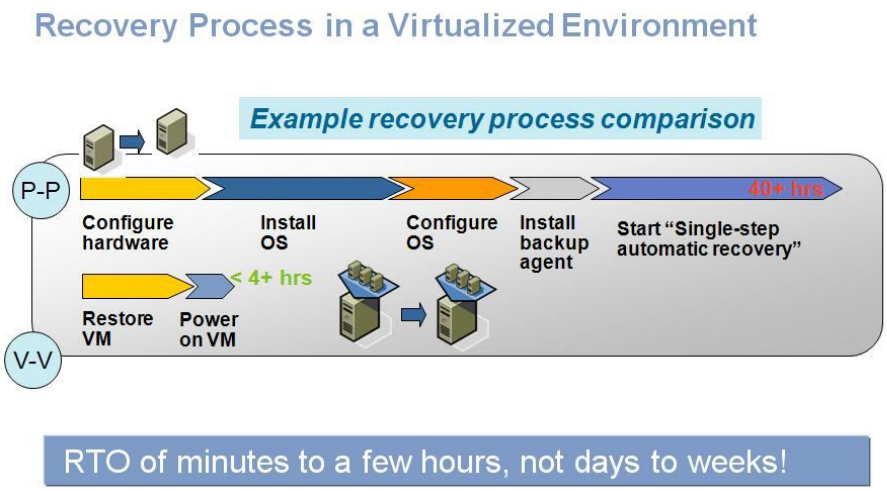


Σχήμα 41 – Προστασία φυσικών συστημάτων με ιδεατά συστήματα [1]

Το Σχ. 42 παρουσιάζει πιο συγκεκριμένα πώς το Virtualization απλοποιεί το DR και παρέχει γρηγορότερη ανάκαμψη.

Συγκρίνοντας τα βήματα που είναι απαραίτητα για ανάκαμψη από μια καταστροφή σε physical-to-physical και physical-to-virtual σενάρια, το Σχ. 42 παρουσιάζει την δραματική διαφορά που επιτυγχάνει το virtual infrastructure στην απλοποίηση και την συντόμευση της διαδικασίας επαναφοράς. Με ένα φυσικό σύστημα ως τελικό αποδέκτη για το recovery, ο χρόνος επαναφοράς είναι πολύ περισσότερος: 40+ ώρες σε ένα παράδειγμα εταιρείας.

Στο ίδιο παράδειγμα εταιρείας, ο χρόνος ανάκαμψης χρησιμοποιώντας ένα virtual target έχει μειωθεί σε 3+ ώρες και σε πολύ λιγότερα βήματα. Μιας και το hardware είναι τώρα virtualized, δεν χρειάζεται να σπαταλιέται χρόνος για αναζήτηση και το set up hardware που να είναι πανομοιότυπο με το αρχικό. Οποιοδήποτε hardware είναι πιθανό recovery target. Χρησιμοποιώντας το P2V (physical to virtual) εργαλείο, δημιουργείται ένα ισοδύναμο με το αρχικό φυσικό μηχάνημα. Μετά την έναρξη αυτού του virtual machine στο σύστημα που τρέχει την πλατφόρμα Virtualization, εκκινούμε τα βήματα αποκατάστασης όπως θα κάναμε με φυσικά συστήματα.



Σχήμα 42 – Σύγκριση διαδικασίας αποκατάστασης της λειτουργίας φυσικού και ιδεατού συστήματος [1]

4.4. Αυτοματοποίηση στο Μηχανογραφικό Κέντρο

Αύξηση της Επιχειρηματικής Ευελιξίας με αυτοματοποίηση Στρατηγικών Διαδικασιών του IT

Το IT βρίσκεται υπό σημαντική πίεση για να δημιουργήσει, να παραδώσει και να συντηρήσει ευέλικτες υπηρεσίες IT που ανταποκρίνονται στις εναλλασσόμενες συνθήκες εργασίες και αντέχουν οποιουδήποτε τύπου downtime. Η ανάγκη για ευελιξία και δυνατότητα ανταπόκρισης αντισταθμίζεται από τους εξίσου σημαντικούς στόχους για συμμόρφωση με τις πολιτικές του IT και τα πρότυπα. Ένας υψηλότερος βαθμός αυτοματοποίησης στο datacenter μπορεί να βοηθήσει τις εταιρίες να επιτύχουν αυτούς τους στόχους. Στην πραγματικότητα, οι αναλυτές της βιομηχανίας συμφωνούν ότι η αυτοματοποίηση των κρίσιμων διαδικασιών διαχείρισης του IT θα μπορούσε να είναι "το επόμενο μεγάλο βήμα".

4.5. Περιβαλλοντική Συνείδηση στο IT (Green IT)

Τα ιδεατά κέντρα δεδομένων (virtual data centers) καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια, δεσμεύουν λιγότερο χώρο και έχουν καλύτερες αποδόσεις.

Το Server Virtualization συμβάλλει αποτελεσματικά στην μείωση των ενεργειακών αναγκών των κέντρων δεδομένων (Data Centers).

Μπορεί να επιτευχθεί μείωση των ενεργειακών αναγκών του datacenter με την σωστή διαστασιολόγηση της IT υποδομής διαμέσου της συγχώνευσης (consolidation) και της δυναμικής διαχείρισης των υπολογιστικών δυνατοτήτων (computer capacity) κατά μήκος ενός συνόλου από εξυπηρετητές. Το

Virtualization παρέχει τους πόρους που χρειάζεται το infrastructure και δίνει τη δυνατότητα για:

- Μείωση του ενεργειακού κόστους κατά 80-90%.
- Κλείσιμο των servers χωρίς να επηρεάζονται οι εφαρμογές ή οι χρήστες.
- Να γίνει το datacenter φιλικό προς το περιβάλλον (green the datacenter) με παράλληλη μείωση κόστους και βελτίωση του επιπέδου υπηρεσιών.

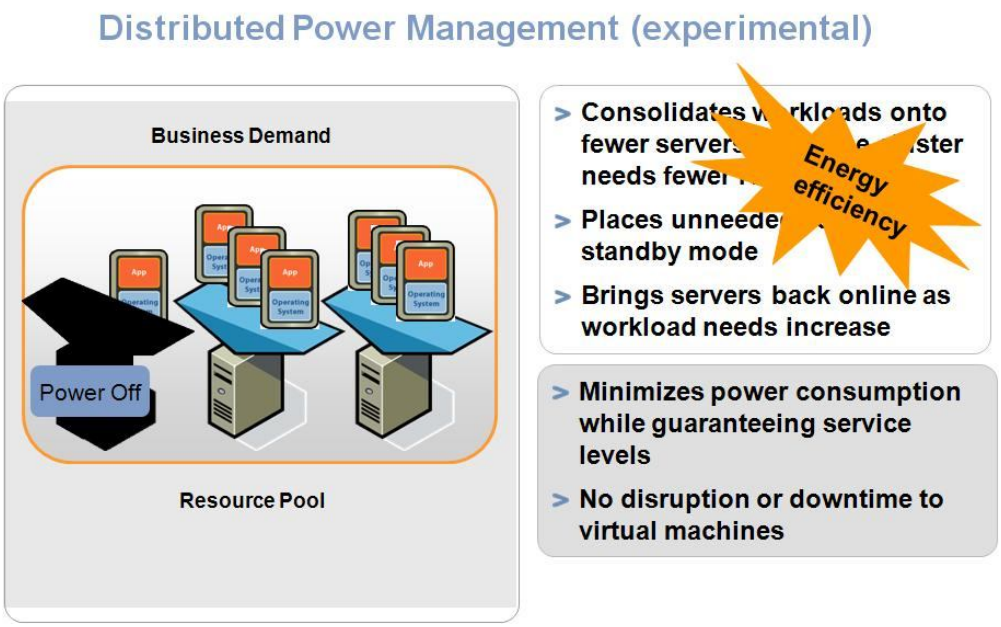
Αύξηση της απόδοσης της ενέργειας με το Virtualization

Η κατανάλωση ενέργειας είναι ένα κρίσιμο θέμα για τους IT οργανισμούς σήμερα, είτε ο στόχος είναι η μείωση του κόστους, είτε να σωθεί το περιβάλλον ή να διατηρείται το datacenter σε λειτουργία. Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής μόνο, τα datacenters κατανάλωσαν ηλεκτρική ενέργεια αξίας 4,5 δισεκατομμύρια $ αξίας 2006. Αναλυτές της βιομηχανίας όπως η IDC [9] εκτιμούν ότι το ετήσιο κόστος τροφοδοσίας με ενέργεια ενός server θα ξεπεράσει σύντομα το κόστος αγοράς του ίδιου του hardware.

Δυστυχώς, τα αποθέματα δεν συμβαδίζουν με την ζήτηση. Η Gartner Research προβλέπει ότι μέχρι το 2008, 50% των υφιστάμενων datacenters θα έχουν ανεπαρκή ικανότητα σε ενέργεια και ψύξη για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες εξοπλισμού υψηλής πυκνότητας όπως οι x86 blade servers. Η περιβαλλοντική επίδραση των datacenters είναι επίσης μια αυξανόμενη ανησυχία καθώς οι οργανισμοί φιλοδοξούν να μειώσουν το αποτύπωμα άνθρακα της εργασίας τους.

Εξοικονόμηση Ενέργειας Εξαλείφοντας την Περιορισμένη Αξιοποίηση και την Εξάπλωση των Servers (Server Sprawl)

Οι χρήστες του Virtualization μειώνουν το ενεργειακό τους κόστος και την κατανάλωση έως και 80-90%. Οι περισσότεροι servers και desktops σήμερα χρησιμοποιούνται μόνο 8-15% του χρόνου που είναι σε λειτουργία, ενώ το περισσότερο x86 hardware καταναλώνει 60-90% του κανονικού φορτίου ισχύος ακόμα και όταν βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας. Το Virtualization διαθέτει εξελιγμένα χαρακτηριστικά διαχείρισης πόρων και μνήμης που επιτρέπουν ποσοστά συγχώνευσης (consolidation ratios) 15:1 ή περισσότερο, γεγονός που αυξάνει την χρησιμοποίηση (utilization) του hardware έως και 85%. Έχοντας εισάγει το Virtualization, μία νέα ιδιότητα του VMware Distributed Resource Scheduler (DRS), με το όνομα Distributed Power Management (DPM) (Σχ. 43), παρακολουθεί το utilization στο datacenter και έξυπνα κλείνει τους φυσικούς servers που δεν χρειάζονται χωρίς να επηρεάζει τις εφαρμογές και τους χρήστες. Με το Virtualization δύναται να μειωθεί σημαντικά η κατανάλωση ενέργειας χωρίς να θυσιάζεται η αξιοπιστία ή τα επίπεδα υπηρεσιών.



Σχήμα 43 – Απεικόνιση λειτουργίας του VMware DPM [1]

Μείωση των Επιπτώσεων του IT στο Περιβάλλον

Πέρα από την τελική επίδραση την εταιρία, το Virtualization επιδρά θετικά στο περιβάλλον. Η Gartner εκτιμά ότι 1,2 εκατομμύρια φορτία εργασίας (workloads) τρέχουν σε virtual machines, γεγονός που αντιπροσωπεύει συνολική εξοικονόμηση ενέργειας περίπου 8,5 δισεκατομμύρια kWh, περισσότερος ηλεκτρισμός από αυτόν που καταναλώνεται ετησίως σε ολόκληρη την Νέα Αγγλία για θέρμανση, εξαερισμό και ψύξη.

Ενώ αυτό αποτελεί μια καλή αρχή, υπάρχει πληθώρα ευκαιριών για να εξοικονομηθούν ακόμα περισσότερη ενέργεια και χρήματα. Η εταιρία αναλύσεων IDC [10] δηλώνει ότι οι αχρησιμοποίητοι servers ισούνται με περίπου:

140 δισεκατομμύρια $
Προμήθειες hardware 3 ετών
Περισσότερους από 20 εκατομμύρια servers.

Αυτοί οι υποχρησιμοποιούμενοι servers παράγουν συνολικά πάνω από 80 χιλιάδες τόνους CO2 ανά έτος. Αυτό είναι περισσότερο από ό,τι εκπέμπεται από την Ταϋλάνδη και περισσότερο από ό,τι στις μισές από όλες τις χώρες στη Νότια Αμερική.

Μείωση της Καταναλισκόμενης Ενέργειας στα Corporate Desktops

Εταιρείες όλων των μεγεθών με ραγδαίο ρυθμό εξετάζουν και επεκτείνουν την χρήση τους στο Virtual Desktop Infrastructure (VDI), το οποίο τρέχει desktops σαν virtual machines στο datacenter. Οι εταιρίες χρησιμοποιούν

λιγότερη ενέργεια με το VDI αντικαθιστώντας το υποχρησιμοποιούμενο PC desktop hardware με thin clients (τερματικά χωρίς «νοημοσύνη») που καταναλώνουν πολύ λιγότερη ενέργεια. Το VDI επίσης επεκτείνει τον αναμενόμενο χρόνο ζωής του desktop hardware έτσι ώστε να δύναται να αντικαθίστανται τα desktops λιγότερο συχνά.

Το VDI επιτρέπει την αξιοποίηση της υψηλής χρησιμοποίησης (utilization) και των εξελιγμένων δυνατοτήτων της Virtualization πλατφόρμας. Συνήθως, τα desktop PCs μένουν σε συνεχή λειτουργία ολόκληρη την ημέρα, είτε οι χρήστες τα χρησιμοποιούν είτε δεν βρίσκονται σε αυτά. Με το VDI, οι υπολογιστικοί πόροι των desktops συγκεντρώνονται στο datacenter με σημαντικά υψηλότερο utilization. Τα Virtual desktops μπορούν επίσης να επωφεληθούν της δυναμικής κατανομής φορτίου και του distributed power management του virtual infrastructure.

Το έξυπνο datacenter και ο έξυπνος σχεδιασμός των desktop μέσω του Virtualization αποδίδει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας σε εταιρίες όλων των μεγεθών. Για παράδειγμα, το Huntsville Hospital μείωσε την κατανάλωση ενέργειας κατά 72% με το VDI. Η εξοικονόμηση ενέργειας όμως, είναι μόνο ένας από πολλούς λόγους για το Virtualization των desktop PCs. Η ασφάλεια, η ευκινησία, και η διαχειρισιμότητα που προσφέρει το VDI είναι σημαντικοί λόγοι για να λάβει κανείς υπόψη στο πώς θα deploy και θα διαχειριστεί τα desktop PCs.

Το Virtualization είναι μια επιβεβαιωμένη λύση για την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας, και πολλοί μεγάλοι οργανισμοί κοινής ωφέλειας προσφέρουν οικονομικά κίνητρα για έργα Virtualization που οδηγούν σε μείωση των φυσικών servers στα κέντρα δεδομένων. Με συμμετοχή σε αυτά τα επιδοτούμενα προγράμματα, είναι δυνατό να επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση χρημάτων με τη χρήση λύσεων Virtualization ενώ ταυτόχρονα μειώνεται το carbon footprint του IT infrastructure.

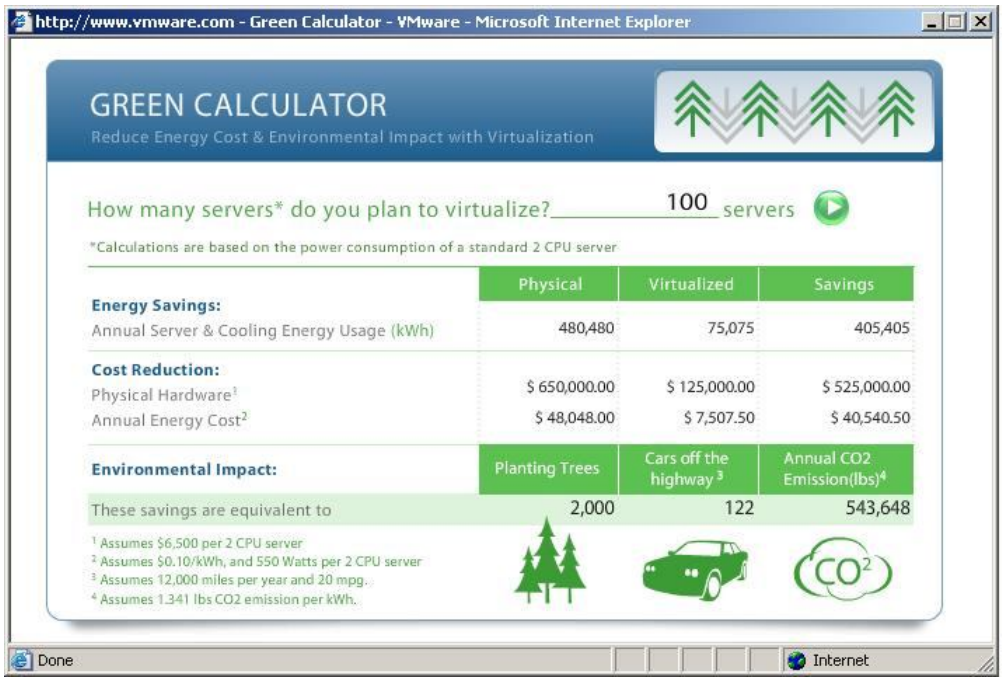
Πολλοί μεγάλοι οργανισμοί κοινής ωφέλειας στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και τον Καναδά προσφέρουν τέτοια κίνητρα, συμπεριλαμβανομένων των ακολούθων:

PG&E High Tech Energy Efficiency
SoCal Edison Standard Performance Contract
SDG&E Energy Savings Center
BC Hydro Power Smart for Business
Austin Energy PowerSaver Program

Δεκάδες άλλων εταιριών κοινής ωφέλειας εξετάζουν παρόμοια προγράμματα.

Τα επιμίσθια ενεργειακής αποδοτικότητας συνήθως καταβάλλονται μετά την ολοκλήρωση ενός qualifying server consolidation project και σύμφωνα με την καθαρή μείωση σε κιλοβατώρες που θα προκύψει από το έργο στο rate των 8 cents ανά κιλοβατώρα. Αυτά τα επιμίσθια καλύπτουν την άμεση ενεργειακή εξοικονόμηση (το κόστος ψύξης εξαιρείται) και μπορεί να καταλήξουν σε επιμίσθια μέχρι και $300 ανά server.

Το Σχ. 44 δείχνει ένα πρόγραμμα υπολογισμού της εξοικονόμησης ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση του Virtualization.



Σχήμα 44 – Φόρμα υπολογισμού μείωσης καταναλισκόμενης ενέργειας από την χρήση Virtualization [1]

4.6. Desktop Virtualization – VDI

Το Desktop Virtualization επεκτείνει την ιδέα και την τεχνολογία για Virtualization των εξυπηρετητών και στους σταθμούς εργασίας. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία του Virtual Desktop Infrastructure (VDI) (Σχ. 45 & 46).

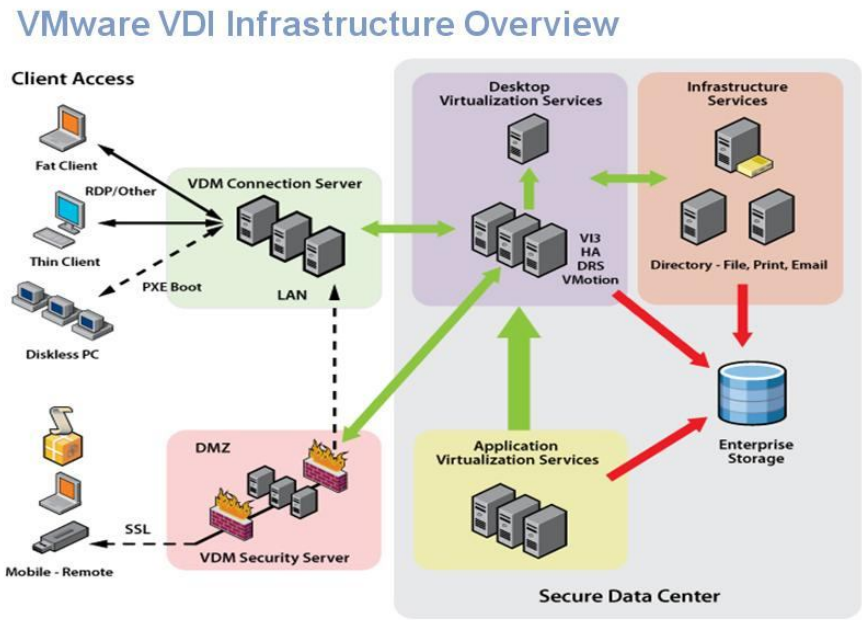
Συνήθως οι εταιρείες χρησιμοποιούν το VDI για 3 λόγους (Σχ. 47 & 48):

- Για κεντρικοποίηση του περιβάλλοντός τους ή για αντικατάσταση των desktop
- Για Disaster Recovery ή business Continuity
- Για να διευκολύνουν την διαχείριση των περιστασιακών συνεργατών

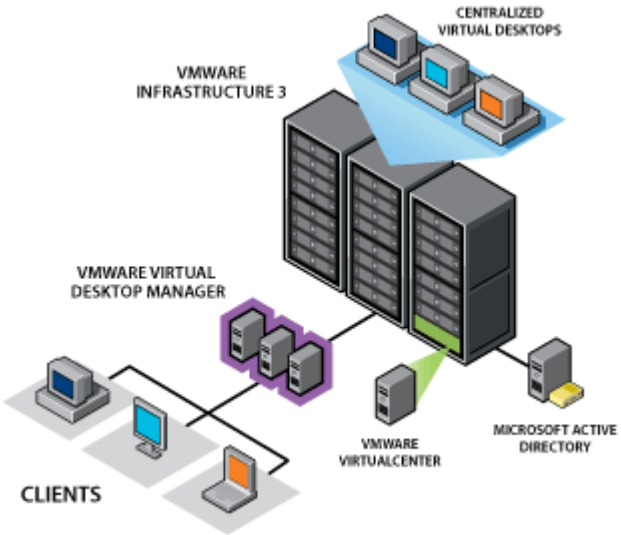
Centralized Desktop Management:
Η χρήση του VMware VDI για αντικατάσταση των παραδοσιακών PCs με virtual desktops που τρέχουν σε servers στο data center, κάνει πιο εύκολο τον έλεγχο και την διαχείρισή τους. Οι διαχειριστές μπορούν να διαθέτουν νέα virtual desktops μέσα σε λεπτά, και να δίνουν στους τελικούς χρήστες το δικό τους πλήρες και μη τροποποιημένο desktop περιβάλλον, εξαλείφοντας την ανάγκη για επανεκπαίδευση. Αντίθετα με το shared services μοντέλο όπου ένα μοναδικό OS χρησιμοποιείται για πολλαπλές εφαρμογές όπως τα Windows Terminal Services, το VMware VDI δημιουργεί απομονωμένα Virtual Desktops κι έτσι το VDI δεν έχει κανένα από τα προβλήματα συμβατότητας και συνύπαρξης των εφαρμογών.

Disaster Recovery & Business Continuity:
Το VMware VDI επεκτείνει την αποδεδειγμένη ισχύ του VMware Infrastructure 3 στα desktop, και οι εταιρίες που χρησιμοποιούν το VDI μπορούν αν απολαμβάνουν την αξιοπιστία, την προστασία δεδομένων και τις δυνατότητες για disaster recovery που παραδοσιακά ήταν διαθέσιμα μόνο στους εξυπηρετητές εφαρμογών. Χαρακτηριστικά όπως η αυτόματη μετάπτωση διασφαλίζουν υψηλή διαθεσιμότητα για virtual desktops, και γίνεται δυνατό να αξιοποιηθεί το shared storage για το backup των desktops, όπως θα γινόταν για τα δεδομένα των servers. Μηχανισμοί site-wide disaster recovery (disaster recovery ανάμεσα σε διαφορετικά sites) διασφαλίζουν την άμεση επαναφορά σε λειτουργία των υπηρεσιών μετά από μια ξαφνική καταστροφή χωρίς την ανάγκη για duplicate hardware.

Διαχείριση Περιστασιακών Χρηστών:
Το VMware VDI είναι ιδανικό για να παρέχει αποδοτικού κόστους υπηρεσίες desktop σε χρήστες συγκεκριμένης λειτουργίας σε υποκαταστήματα, call centers και άλλες τοποθεσίες. Ο έλεγχος πρόσβασης σε ευαίσθητα/εμπιστευτικά δεδομένα είναι ευκολότερος διότι όλα τα virtual desktops και τα δεδομένα τους μπορούν να βρίσκονται αποθηκευμένα πίσω από το firewall.

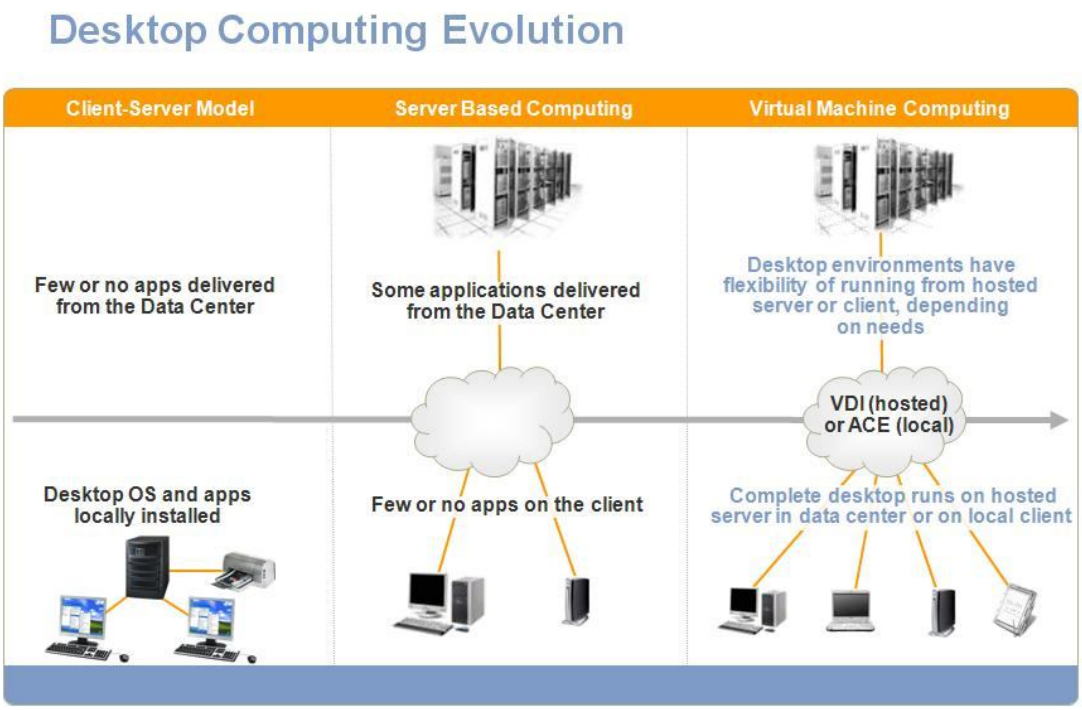


Σχήμα 45 – Απεικόνιση υποδομής ιδεατών σταθμών εργασίας-1 [11]



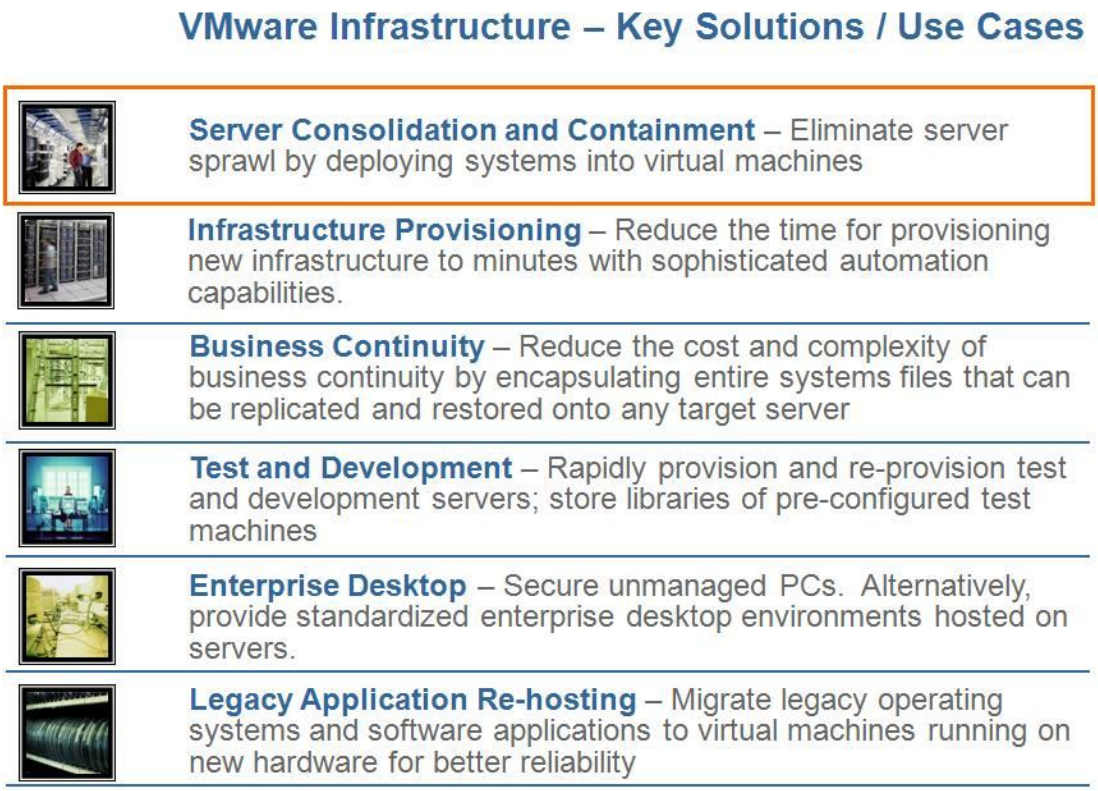
Σχήμα 46 – Απεικόνιση υποδομής ιδεατών σταθμών εργασίας-2 [11]

Σχήμα 47 –Χρήσεις του VDI [11]



Σχήμα 48 – Η εξέλιξη του Desktop Computing μοντέλου στο πέρασμα του χρόνου [11]

Το Σχ. 49 συνοψίζει τις βασικές περιοχές εφαρμογής της τεχνολογίας Server Virtualization.



Σχήμα 49 – Σύνοψη των χρήσεων της ιδεατής υποδομής Η/Υ [1]

5. Συνολικό Κόστος Κτήσης - TCO

Σε αυτή την ενότητα παρατίθεται η μεθοδολογία υπολογισμού της μείωσης στο Συνολικό Κόστος Κτήσης (Total Cost of Ownership - TCO) και της απόσβεσης της επένδυσης (Return on Investment – ROI) από την εφαρμογή τεχνολογίας Virtualization. [12] Η μεθοδολογία βασίζεται στον προσδιορισμό της εξοικονόμησης κόστους και εργατοωρών σε διάφορες περιοχές λύσεων και κατηγορίες κόστους. Αυτές οι κατηγορίες έχουν οργανωθεί ως ακολούθως:

- Συγχώνευση Εξυπηρετητών (Server Consolidation)
    - Server Hardware
    - Ισχύς
    - Ψύξη
    - Περιβάλλον Αποθηκευτικών Συστημάτων (SAN)
    - Δίκτυο
    - Ακίνητη Περιουσία Μ/Κ (Data Center Real Estate)
- Διασφάλιση Ομαλής Επιχειρησιακής Λειτουργίας (Business Continuity)

- Κεφαλικές & Λειτουργικές Δαπάνες για Ανάκαμψη από Καταστροφή (Disaster Recovery CapEx & OpEx)
- Συντήρηση και Διάθεση Εξυπηρετητών (Provisioning) στο Disaster Recovery
- Χρόνος Γενικών Διακοπών Λειτουργίας (General Downtime)
- Ανάκαμψη από Καταστροφή ή Μαζική Αστοχία

- Διάθεση Υποδομής (Infrastructure Provisioning)
  - Εγκατάσταση πλατφόρμας Virtualization
  - Διάθεση νέων ιδεατών εξυπηρετητών (workload provisioning)

Αυτή η ενότητα αποτελεί την βάση για ένα αναλυτικό TCO calculator που λαμβάνει υπόψη κάθε μία από τις παραπάνω κατηγορίες στην μείωση του TCO. Αν και αναφέρεται σε συγκεκριμένο πάροχο υπηρεσιών Virtualization (VMware) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιαδήποτε τυπική μελέτη ανεξάρτητα του παρόχου.

Η TCO/ROI μεθοδολογία έχει ελεγχθεί και εγκριθεί από πρώην εδικούς της Gartner σε TCO/ROI θέματα στην συμβουλευτική εταιρία Alinean Inc. [13] Η μεθοδολογία χρησιμοποιεί αποδεδειγμένες οικονομικές τεχνικές, βιομηχανική έρευνα, δεδομένα από εταιρίες που εφάρμοσαν την τεχνολογία Virtualization και μετρικές χρηστών για την ποσοτικοποίηση και την σύγκριση της εξοικονόμησης στο TCO, τις απαιτούμενες επενδύσεις και τα επιχειρησιακά πλεονεκτήματα από την υλοποίηση λύσεων Virtualization.

5.1. Ορολογία

Για την περιγραφή της μείωσης του TCO χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι σε κάθε υποενότητα. Ο παρακάτω πίνακας παρέχει μια συνολική εικόνα των κοινών μεταβλητών που χρησιμοποιούνται στους τύπους.

Μεταβλητή	**Περιγραφή**	**Προεπιλεγμένη Τιμή**
$VI_{\$(ENT)}$	Τιμή μονάδας του VMware Infrastructure 3 Enterprise	$5.750 (τιμή καταλόγου US$)
$VI_{\$(STD)}$	Τιμή μονάδας του VMware Infrastructure 3 Standard	$3.750 (τιμή καταλόγου US$)
$VI_{\$(STRT)}$	Τιμή μονάδας του VMware Infrastructure 3 Starter	$1.000 (τιμή καταλόγου US$)
$VC_{\$}$	Τιμή μονάδας του VirtualCenter Management Center	$5.000 (τιμή καταλόγου US$)
S	Παράγοντας εγγραφής – ποσοστό της τιμής μονάδας που επιφέρει ετήσια τέλη	21% (Gold) 25% (Platinum)
S_{TOTAL}	Αριθμός φυσικών servers κατηγοριοποιημένοι ανά CPU	Πληροφορία από τον επιχείρηση/πελάτη
$S_{\$}$	Κόστος ανά φυσικό server κατηγοριοποιημένο ανά 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

		32 CPU: $275.000 / $32.0000
S_{LIFE}	Ωφέλιμος χρόνος ζωής του server (αναφέρεται και ως ρυθμός ανανέωσης)	3 Χρόνια
W_{RATIO}	Μέσο πλήθος από φορτία εργασίας (workloads) ανά CPU	4
S_{TTLPWR}	Άθροισμα όλων των ονομαστικών τιμών power ratings ολόκληρης της υποδομής υπολογιστών στο κέντρο δεδομένων 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
$E_{\$}$	Τιμή ανά ώρα του 1 kW ηλεκτρισμού.	$0,0813 (Μέση εμπορική τιμή για τις Ηνωμένες Πολιτείες 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 Πλεονάζουσας Ροής Αέρα – πλεονάζουσα ροή αέρα απαιτείται για την ψύξη του κέντρου δεδομένων	25%
δ	Σταθερά Ανεπάρκειας (Ύγρανση) – πλεονάζουσα ροή αέρα για το λογισμό της επιβαρύνουσας ύγρανσης	25%
N_{SANSW}	Αριθμός νέων SAN switches ανά χρόνο	Υπολογίζεται από τον συνολικό αριθμό των servers (υποτίθεται ότι τα switches είναι πλήρως redundant-πλεονάζοντα)
N_{HBA}	Αριθμός νέων HBAs ανά χρόνο	2 HBAs (οπτικές κάρτες) ανά server που ανανεώνεται
$P_{\$(HBA)}$	Τιμή ανά HBA	$1.000
$P_{\$(SWITCH)}$	Τιμή ανά SAN switch	$5.000
$P_{\$(STORAGE)}$	Τιμή ανά terabyte χωρητικότητας	$6.000
σ_{TOTAL}	SAN χωρητικότητα	Πριν: πληροφόρηση από τον επιχείρηση Μετά: Υπόθεση για 20GB ανά virtual machine (2 vmdk αρχεία ανά 10GB ανά αρχείο)
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 τον συνολικό αριθμό των servers
S_{NIC}	Αριθμός καρτών δικτύου (NIC) ανά server	Πριν: 2 ανά server Μετά: 3 ανά server
P_n	Πόρτες ανά κάρτα δικτύου	1
$P_{\$(NETSW)}$	Τιμή ανά SAN switch	$4.000
$A_{\$}$	Κόστος ανά τετραγωνικό πόδι για την δημιουργία του κέντρου δεδομένων	$600 ανά τετραγωνικό πόδι
R_{SF}	Τετραγωνικό πόδι ανά rack	7 τετραγωνικά μέτρα (κατά προσέγγιση)
R_{SPACE}	Ποσοστό χώρου που χρησιμοποιείται από τα racks	30%

R_{TOTAL}	Συνολικό πλήθος racks	Παρέχεται από τον επιχείρηση/πελάτη ή υπολογίζεται. Βλ. παρακάτω
r	Δείκτης Ετήσιου Ποσοστού	6,00%
$D_{\$}$	Κόστος downtime ανά ώρα	$20.000 (Χρησιμοποιείται χάριν εδώ του μοντέλου – συνήθως εξαρτάται από τον επιχείρηση)
τ_U	Απρόσμενο downtime ανά έτος	15 ώρες
k_U	Παράγοντας μείωσης του απρόσμενου downtime	25%
τ_R	Χρόνος για πλήρη ανάκαμψη μετά από καταστροφή	40 ώρες (Χρησιμοποιείται χάριν εδώ του μοντέλου – συνήθως εξαρτάται από τον επιχείρηση)
k_R	Παράγοντας μείωσης του χρόνου ανάκαμψης	25%
I_{ESX}	Πλήθος εγκαταστάσεων ESX	Πλήθος servers μετά το Virtualization
t_{ESX}	Ώρες ανά ESX εγκατάσταση	2
W_{PROV}	Συνολικά φορτία εργασίας (workloads) που διατίθενται/παράγονται (provisioned) ανά έτος	Μη διαθέσιμο
t_{PROV}	Συνολικές ώρες για να την διάθεση ενός φορτίου εργασίας (workload)	20 ώρες (χωρίς VMware) 1 ώρα (με VMware)
k_{PT}	Παράγοντας μείωσης χρόνου Provisioning	13,48 ώρες

Πίνακας 2 – Μεταβλητές υπολογισμού TCO

5.2. Bartok, Inc.: Παράδειγμα Υλοποίησης Server Consolidation

Στο παράδειγμα αυτό, γίνεται αναφορά σε έναν φανταστικό επιχείρηση, την Bartok, Inc., που χρησιμοποιείται για να παρουσιάσουμε τις λεπτομέρειες της κάθε κατηγορίας TCO. Ίδια στοιχεία εισόδου χρησιμοποιούνται σε διαφορετικά παραδείγματα για να υπάρχει συνέχεια στο παράδειγμα. Η Bartok διαθέτει περιβάλλον με την ακόλουθη σύνθεση από servers:

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

Πίνακας 3 – Σύνθεση εξυπηρετητών της Bartok

Τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του κέντρου δεδομένων και των εργασιών της Bartok παρατίθενται στα διάφορα παραδείγματα. Στην τελευταία υποενότητα παρουσιάζεται σύνοψη για την μείωση του TCO της Bartok μέσω της υλοποίησης λύσης Virtualization.

5.3. Συγχώνευση Εξυπηρετητών (Server Consolidation)

Αυτή η ενότητα παρουσιάζει την μεθοδολογία για τον υπολογισμό του ROI ή του TCO με αναφορά στο server consolidation.

5.3.1. Server Hardware

Το server consolidation οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση σε προμήθειες καθώς η ετήσια ανάγκη για νέο hardware μειώνεται δραματικά. Η εξοικονόμηση σε hardware μπορεί να καθοριστεί συγκρίνοντας τον αριθμό των servers που αγοράζονται κάθε χρόνο με και χωρίς χρήση Virtualization. Η διαφορά στην ποσότητα χρημάτων που δαπανούνται σε προμήθειες hardware αντιπροσωπεύει την μείωση στο TCO από την χρήση Virtualization. Διαιρώντας αυτό τον αριθμό με το Ωφέλιμο Χρόνο Ζωής των Servers δίνει την ετήσια εξοικονόμηση.

Ως είσοδο, το μοντέλο απαιτεί τον αριθμό των servers βάσει του αριθμού των CPU's ανά μηχάνημα. Το μοντέλο υποθέτει ότι 4 virtual machines μπορούν να εκτελεστούν ανά επεξεργαστή. Αυτός ο αριθμός μπορεί να μεγαλώσει αν είναι επιθυμητό. Επιπλέον, ο αριθμός των servers που απαιτούνται μετά το Virtualization μπορεί να εισαχθεί χειροκίνητα.

Είσοδοι

Είσοδος	Περιγραφή	Προεπιλεγμένη Τιμή	Πηγή
STOTAL	Αριθμός φυσικών servers κατηγοριοποιημένοι ανά CPU	Μη διαθέσιμο	Πληροφορία από τον επιχείρηση
S$	Κόστος ανά φυσικό server κατηγοριοποιημένο ανά 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 32 CPU: $275.000 / $320.000	Δεδομένα βασισμένα σε μέσες τιμές λιανικής για Dell, HP και IBM servers
SLIFE	Ωφέλιμος χρόνος ζωής του server (αναφέρεται και ως ρυθμός ανανέωσης)	3 Χρόνια	Μέση τιμή βιομηχανίας και εκτίμηση της VMware
WRATIO	Μέσο πλήθος φορτίων εργασίας (workloads) ανά CPU	4	Εκτίμηση της VMware

Πίνακας 4 – Μεταβλητές υπολογισμού μείωσης στο κόστος κτήσης server hardware με χρήση Virtualization

Υπολογισμός TCO

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

Υποθέσεις

- Κόστη φθοράς και απόσβεσης δεν συμπεριλαμβάνονται σε αυτό τον υπολογισμό.
- Η ανανέωση στο hardware συμβαίνει ως ακολούθως:
    - Σε απουσία Virtualization, το hardware συνήθως ανανεώνεται κάθε τρία χρόνια.
    - Σε περίπτωση χρήσης Virtualization, όλο το hardware αγοράζεται εκ νέου την στιγμή της υλοποίησης. Συνεπώς, δεν γίνεται ανανέωση του hardware κατά την περίοδο των τριών χρόνων από την αρχική αγορά.

Παράδειγμα

Η Bartok, Inc. έχει κατά την παρούσα περίοδο 1000 servers και προβλέπει τις ακόλουθες ανάγκες σε hardware μετά την υλοποίηση του Virtualization:

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

Πίνακας 5 – Σύνθεση εξυπηρετητών της Bartok πριν και μετά το Virtualization

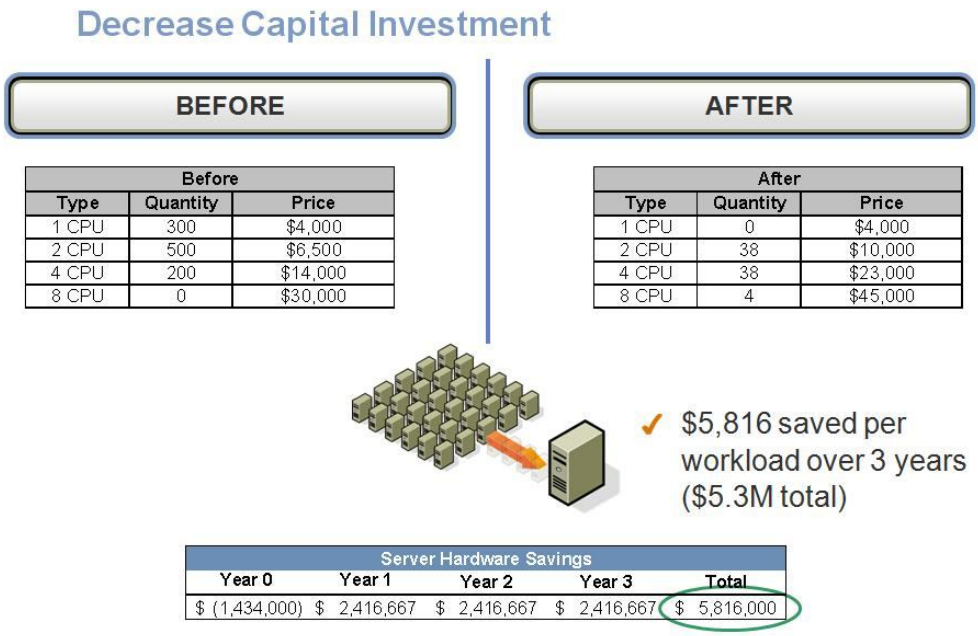
Έτσι, τα ετήσια κόστη για hardware στην παρούσα κατάσταση είναι:

$$\text{Κόστος}_{\text{Hardware(Πριν)}} = \frac{(300)(\$4000)+(500)(\$6500)+(200)(\$14000)}{3} = \$2.416.667$$

Με χρήση VMware Virtualization, υποτίθεται ότι όλο το νέο hardware αγοράζεται στην αρχή της υλοποίησης του έργου, και συνεπώς όλα τα κόστη σε hardware απορροφώνται στον πρώτο χρόνο:

$$\text{Κόστος}_{\text{Hardware(Μετά)}} = (38)(\$10000)+(38)(\$30000)+(4)(\$45000) = \$1.434.000$$

Το Σχ. 50 δεν σχετίζεται σε ότι αφορά τα νούμερα με το παράδειγμα που περιγράφεται εδώ, παρατίθεται όμως ως γραφική απεικόνιση της εξοικονόμησης που μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση τεχνολογίας Virtualization:



Σχήμα 50 – Μείωση μεγέθους επένδυσης με την χρήση Virtualization [1]

5.3.2. Ισχύς

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

• Computing Infrastructure (IT φορτία): Server hardware, network switches, SAN στοιχεία, κτλ.
• Network Critical Physical Infrastructure, ή NCPI (άλλα φορτία): μετασχηματιστές, uninterruptible power supplies (UPS), ηλεκτρολογική καλωδίωση, ανεμιστήρες, κλιματιστικά, αντλίες και φωτισμός.

Ένα πλήρες μοντέλο θα λάμβανε υπόψη κάθε κατηγορία κατανάλωσης ισχύος που δίνεται παραπάνω. Για απλότητα, ωστόσο, αυτό το κείμενο επικεντρώνεται μόνο στην ισχύ που εξοικονομείται από την μείωση στο hardware των servers. Δεδομένου αυτού του πλαισίου αναφοράς, το κόστος ισχύος υπολογίζεται εκτιμώντας την διαφορά στην κατανάλωση ισχύος των servers πριν και μετά από το Virtualization.

Η ισχύς που καταναλώνεται από τους servers μπορεί να υπολογιστεί αθροίζοντας τα την κατανάλωση ισχύος του κάθε server στο κέντρο δεδομένων. Καθώς αυτός ο αριθμός αντιπροσωπεύει την μέγιστη ισχύ που χρησιμοποιείται, θα πρέπει να προσαρμοστεί αντίστοιχα για να επιτύχουμε σταθερής κατάστασης κατανάλωση ισχύος. Η σταθερά σταθερής κατάστασης έχει καθοριστεί εμπειρικά. Σύμφωνα με το American Power Conversion

Corporation "…the nameplate rating of most IT devices is well in excess of the actual running load by a factor of at least 33%." [14] Η Forrester Research, Inc. επιβεβαιώνει αυτό τον ισχυρισμό, υποδεικνύοντας ότι οι x86 servers σε κατάσταση ηρεμίας καταναλώνουν ανάμεσα σε 30% και 40% της μέγιστης (rated) ισχύος. [15]

Η κατανάλωση ισχύος συνήθως υπολογίζεται βάσει του form factor του server (1U, 2U, 4U, κτλ). Η μεθοδολογία υποθέτει ότι το πλήθος των CPU συσχετίζεται με τα U σύμφωνα με τα παρακάτω:

• 1 CPU = 1U
• 2 CPU = 2U
• 4 CPU = 4U
• 8 CPU = 6U
• 16 CPU = 12U
• 32 CPU = 24U

Είσοδοι

Είσοδος	Περιγραφή	Προεπιλεγμένη Τιμή	Πηγή
STTLPWR	Άθροισμα όλων των ονομαστικών τιμών κατανάλωσης ισχύος ολόκληρης της υποδομής υπολογιστών στο κέντρο δεδομένων 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). Δυνατή επίσης η χρήση εργαλείου όπως το Data Center Capacity Planner της Dell.
E$	Τιμή ανά ώρα του 1 kW ηλεκτρισμού.	$0,0813 (Μέση εμπορική τιμή για τις Ηνωμένες Πολιτείες το 2005)	Διοίκηση Πληροφοριών Ενέργειας [16]
λ	Σταθερά σταθερής κατάστασης	0,67	American Power Conversion. Κατά μέσο όρο, οι ονομαστικές καταναλώσει ισχύος είναι 33% υψηλότερες από του φορτίου σταθερής κατάστασης [14]

Πίνακας 6 – Μεταβλητές υπολογισμού μείωσης στο κόστος ισχύος με χρήση Virtualization

Υπολογισμός TCO

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{Ισχύος}} = \lambda E_{\$}[(S_{TTLPWR})_{\text{Πριν}} - (S_{TTLPWR})_{\text{Μετά}}]$$

Υποθέσεις

- Η χρήση της CPU (KME) θα αυξηθεί με το Virtualization, και συνεπώς η κατανάλωση ισχύος θα αυξηθεί επίσης. Αυτή η αύξηση στην ισχύ λαμβάνεται υπόψη αυξάνοντας την κατανάλωση ισχύος ανά μηχάνημα πριν και μετά από το Virtualization. Η ακριβής συσχέτιση ανάμεσα στην κατανάλωση ισχύος και την χρήση της CPU είναι δύσκολο να επιτευχθεί, καθώς η κατανάλωση ισχύος ανά επεξεργαστή διαφέρει από μοντέλο σε μοντέλο και από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Παρόλα αυτά, χρησιμοποιώντας το online εργαλείο διαστασιοποίησης της Dell, είναι δυνατό να εκτιμήσουμε την αλλαγή στην κατανάλωση ισχύος βάσει του τύπου του φορτίου. Η Dell προσφέρει τις ακόλουθες κατηγορίες φορτίου: Κατάσταση Ηρεμίας, Μέσο Φορτίο, I/O Intensive (έντονο σε I/O), και Processor Intensive (έντονο σε επεξεργαστική ισχύ). Ένα processor intensive φορτίο μπορεί να καταναλώσει μέχρι και 150W περισσότερα από ένα φορτίο κατάστασης ηρεμίας, και 80W περισσότερα από ένα μέσο φορτίο, σύμφωνα με το εργαλείο. (Σημείωση: το εργαλείο δεν παρέχει πραγματικά ποσοστά χρήσης για κάθε μία από τις δοθείσες κατηγορίες.)

Παράδειγμα

Η Bartok, Inc. πληρώνει $0,0813 ανά kWh ηλεκτρισμού. Η κατανάλωση ισχύος του hardware της Bartok, Inc. δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

	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

Πίνακας 7 – Κατανάλωση ισχύος του hardware της Bartok πριν και μετά το Virtualization

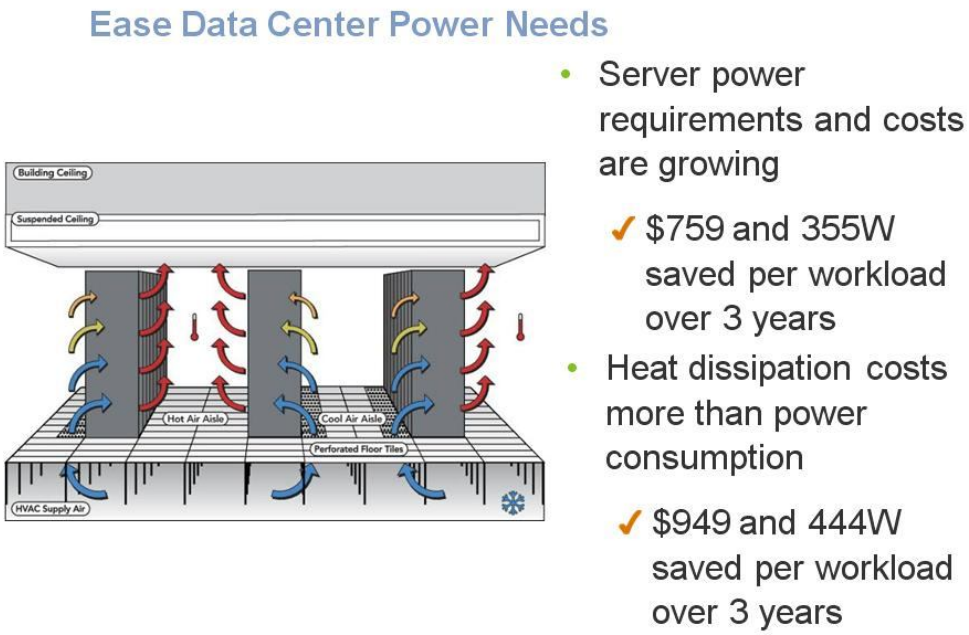
Το ετήσιο κόστος ισχύος των servers πριν από την χρήση Virtualization είναι:

$$\text{Κόστος}_{\text{Ισχύος(Πριν)}} = (0{,}67)\left(\frac{\$0{,}0813}{\text{kWh}}\right)\text{x}$$
$$[(300)(0{,}475\text{kW})+(500)(0{,}55\text{kW})+(200)(0{,}95\text{kW})]\left[\frac{24\text{h}}{1\text{day}}\right]\left[\frac{365\text{day}}{1\text{year}}\right] = \$289.878$$

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

$$\text{Κόστος}_{\text{Ισχύος(Μετά)}} = (0{,}67)(\$0{,}0813/\text{kWh}) \times [(38)(0{,}675\text{kW})+(38)(1{,}15\text{kW})+(4)(1{,}90\text{kW})][\frac{24\text{h}}{1\text{day}}][\frac{365\text{day}}{1\text{year}}] = \$36.718$$

Το Σχ. 51 δεν σχετίζεται σε ότι αφορά τα νούμερα με το παράδειγμα που περιγράφεται εδώ:



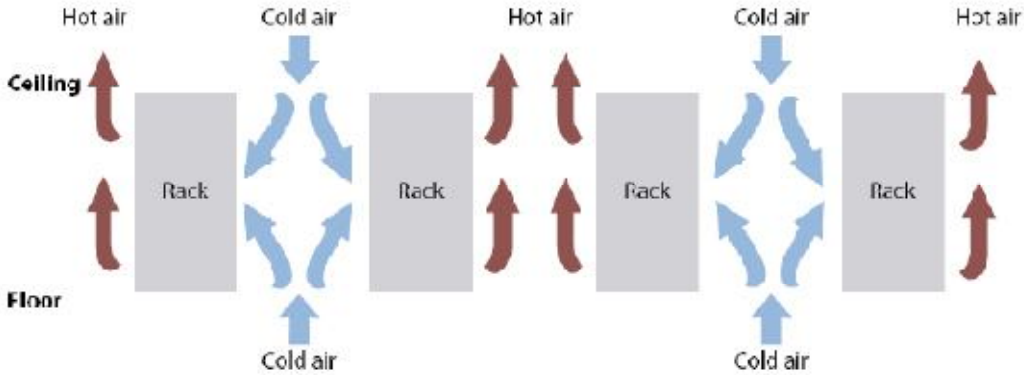
Σχήμα 51 – Μείωση αναγκών για ψύξη στο Μ/Κ με τη χρήση Virtualization [1]

5.3.3. Ψύξη

Όλος ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός ενός κέντρου δεδομένων 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, ακόμα και οι άνθρωποι. [17] Για απλούστευση, αυτή η παράγραφος επικεντρώνεται αποκλειστικά στην θερμότητα που παράγεται από τους servers.

Ο σχεδιασμός του κέντρου δεδομένων παίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της θερμικής αποδοτικότητας και του κόστους ψύξης. Πολλά κέντρα δεδομένων χρησιμοποιούν ακόμα ένα front-to-back layout, που τοποθετεί τους servers στην ίδια κατεύθυνση. Αυτό σημαίνει ότι η εκπεμπόμενη θερμότητα από το πίσω μέρος ενός server τροφοδοτείται απευθείας στην εισαγωγή αέρα του εμπρός μέρους ενός άλλου server. Μία καλύτερη προσέγγιση είναι η

διάταξη hot-aisle/cold-aisle (θερμός διάδρομος/ψυχρός διάδρομος), που φαίνεται παρακάτω, το οποίο μετριάζει τις μη αποδεκτές θερμοκρασιακές ενδείξεις που σχετίζονται με την διάταξη front-to-back. [15]



Σχήμα 52 – Διάταξη hot aisle/cold aisle [12]

Ακόμα και με μια βελτιστοποιημένη διάταξη στο data center, εξακολουθεί να απαιτείται 25% πλεονάζουσα ροή αέρα. [18] Σε περίπτωση βλάβης μιας μονάδας κλιματισμού του Computer Room (CRAC - Computer Room Air Conditioning), ο πλεονασμός σε ροή αέρα (airflow redundancy) θα συνεχίσει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις για ψύξη. Επιπλέον, πολλά data centers έχουν θερμά σημεία, όπου η πυκνότητα θερμότητας είναι μεγαλύτερη από ότι σε άλλα σημεία. Η εστιασμένος πλεονασμός ικανοποιεί τοπικές ανάγκες ψύξης του data center. [19]

Πέρα από τις απαιτήσεις για airflow redundancy, τα data centers χρειάζονται επιπλέον ροή αέρα για τις ανεπάρκειες που σχετίζονται με την υγρασία. Η υγρασία χρειάζεται για να μειώσει την πιθανότητα ζημιάς από στατικό ηλεκτρισμό. [19] Τα περισσότερα συστήματα κλιματισμού, ωστόσο, οδηγούν σε έλλειψη υγρασίας που προκαλείται από την λειτουργία ψύξης τους αέρα του συστήματος κλιματισμού ενεργοποιώντας την υγροποίηση του ατμών. Για να διατηρηθεί ένα αποδεκτό επίπεδο υγρασίας, χρειάζεται επιπρόσθετη υγρασία, που δημιουργεί πρόσθετο φορτίο στις μονάδες CRAC. [17] Το πρόσθετο over-sizing μπορεί να είναι μέχρι και 30% του τυπικού φορτίου. [17]

Σαν πρώτη προσέγγιση, η AC ισχύς που καταναλώνεται στο data center μετατρέπεται πλήρως σε θερμότητα. Έτσι, η ονομαστική κατανάλωση ισχύος σε Watts του server hardware είναι ίσο με την εκπομπή θερμότητας. [17] Επιπλέον, σύμφωνα με πειράματα που έχουν διεξαχθεί στα HP Laboratories, 0,8W ισχύος καταναλώνονται από τον εξοπλισμός ψύξης για κάθε 1W εκλυόμενης θερμότητας στο data center (ορίζεται στο κείμενο ως Load Factor, L). Αυτό το νούμερο επιβεβαιώνεται από την Forrester Research, Inc., που εκτιμά ότι 0,5W με 1,0W ισχύος απαιτείται για εξανεμισθεί 1W θερμότητας.

[15] Δεδομένων των παραπάνω πληροφοριών, μπορεί να υπολογιστεί το συνολικό κόστος ψύξης.

Είσοδοι

Είσοδος	Περιγραφή	Προεπιλεγμένη Τιμή	Πηγή
S_{TTLPWR}	Άθροισμα όλων των ονομαστικών τιμών κατανάλωσης ισχύος ολόκληρης της υποδομής υπολογιστών στο κέντρο δεδομένων 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). Δυνατή επίσης η χρήση εργαλείου όπως το Data Center Capacity Planner της Dell.
$E_{\$}$	Τιμή ανά ώρα του 1 kW ηλεκτρισμού.	$0,0813 (Μέση εμπορική τιμή για τις Ηνωμένες Πολιτείες το 2005)	Διοίκηση Πληροφοριών Ενέργειας [16]
λ	Σταθερά σταθερής κατάστασης	0,67	American Power Conversion [14]. Κατά μέσο όρο, οι ονομαστικές καταναλώσεις ισχύος είναι 33% υψηλότερες από του φορτίου σταθερής κατάστασης
L	Παράγοντας Φορτίου Ψύξης –ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται από τον εξοπλισμό κλιματισμού για 1W εκλυόμενης θερμότητας	0,8	Καθορισμένο εμπειρικά στα εργαστήρια της HP. [20]
ρ	Σταθερά Πλεονάζουσας Ροής Αέρα – πλεονάζουσα ροή αέρα απαιτείται για την ψύξη του κέντρου δεδομένων	25%	SearchDataCenter.com [18]
δ	Σταθερά Ανεπάρκειας (Ύγρανση) – πλεονάζουσα ροή αέρα για το λογισμό της επιβαρύνουσας ύγρανσης	25%	SearchDataCenter.com [18]

Πίνακας 8 – Μεταβλητές υπολογισμού μείωσης στο κόστος ψύξης με χρήση Virtualization

Υπολογισμός TCO

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{ψύξης}} = \frac{\lambda L E_{\$}(1+\rho)}{\delta}\left[(S_{TTLPWR})_{\text{Πριν}} - (S_{TTLPWR})_{\text{Μετά}}\right]$$

Υποθέσεις

- Αυτός ο υπολογισμός δεν περιλαμβάνει τα κόστη απόσβεσης και τα κόστη συντήρησης των συστημάτων τροφοδοσίας ισχύος και των συστημάτων

ψύξης. Για τον αναλυτικό υπολογισμό αυτής της τιμής, μπορείτε να ανατρέξετε στο “Cost Model for Planning, Development, and Operation of a Data Center”. [20] Η τιμή αυτή εξαιρέθηκε εδώ για να επιτευχθεί απλότητα στο μοντέλο.

Παράδειγμα

Η ισχύς που καταναλώνεται από τους servers της Bartok, Inc. επαναλαμβάνεται παρακάτω για λόγους εύκολης αναφοράς.

	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

Πίνακας 9 – Κατανάλωση ισχύος του hardware της Bartok πριν και μετά το Virtualization

Η Bartok, Inc. υπολογίζει την ονομαστική ισχύ των servers αθροίζοντας όλες τις ονομαστικές ισχύς και καθορίζει ότι 407 kW ισχύος σταθερής κατάστασης καταναλώνονται πριν από το Virtualization και 51,6 kW καταναλώνονται μετά την υλοποίηση του Virtualization. Αυτά τα νούμερα αντιπροσωπεύουν επίσης την ποσότητα θερμότητας που εκλύεται στο data center της Bartok, Inc. Το κόστος για την ψύξη αυτής της εκλυόμενης θερμότητας στο τρέχον περιβάλλον είναι συνεπώς:

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{Ψύξης(Πριν)}} = [(0{,}8)(\$0{,}0813/\text{kWh})(1{,}25)(1{,}25)][407\text{kW}] \times [\frac{24\text{h}}{1\text{day}}][\frac{365\text{day}}{1\text{year}}] = \$362.348$$

Με τη χρήση Virtualization, αυτό κόστος μειώνεται στο ακόλουθο:

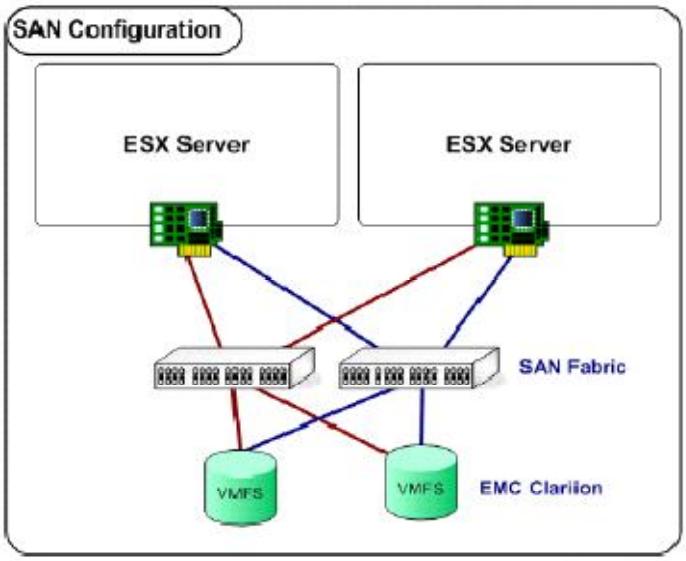
$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{Ψύξης(Μετά)}} = [(0{,}8)(\$0{,}0813/\text{kWh})(1{,}25)(1{,}25)][51{,}6\text{kW}] \times [\frac{24\text{h}}{1\text{day}}][\frac{365\text{day}}{1\text{year}}] = \$45.897$$

5.3.4. Περιβάλλον Αποθηκευτικών Συστημάτων (SAN)

Η αρχιτεκτονική του SAN τείνει να αλλάξει με τη χρήση του Virtualization. Το Virtualization είναι ένα σημαντικό κίνητρο για μετάβαση σε υποδομή κοινής χωρητικότητας, και οι εταιρίες που υλοποιούν το Virtualization είναι πολύ πιθανό να επενδύσουν περισσότερο σε κοινή χωρητικότητα. Παρόλα αυτά, οι εταιρίες είναι συχνά πεπεισμένες για τα πλεονεκτήματα του shared

storage ακόμα και πριν να υλοποιήσουν του Virtualization, αλλά το κόστος που συσχετίζεται με την υλοποίηση του shared storage εμφανίζονται απαγορευτικά. Το server consolidation με Virtualization μειώνει δραματικά αυτό το κόστος μειώνοντας τον αριθμό των SAN switches και των HBAs (οπτικές κάρτες). Η μείωση που προκύπτει σε switches και HBAs από το Virtualization αποφέρει την αλλαγή στο συνολικό κόστος κτήσης.

Παρακάτω φαίνεται ένα διάγραμμα μιας τυπικής SAN αρχιτεκτονικής. Στο διάγραμμα το «SAN Fabric» φιλοξενεί τα switches, που αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό μερίδιο της μείωσης στο TCO.



Σχήμα 53 – Διάταξη SAN [12]

Είσοδοι

Είσοδος	Περιγραφή	Προεπιλεγμένη Τιμή	Πηγή
N_{SANSW}	Αριθμός νέων SAN switches ανά χρόνο	Υπολογίζεται από τον συνολικό αριθμό των servers (υποτίθεται ότι τα switches είναι σε πλήρη προστασία/redundant)	Δεδομένα από τον επιχείρηση
N_{HBA}	Αριθμός νέων HBAs ανά χρόνο	2 HBAs ανά server που ανανεώνεται	Δεδομένα από τον επιχείρηση
$P_{\$(HBA)}$	Τιμή ανά HBA	$1.000	Έρευνα για διάφορες οπτικές κάρτες (HBA) από την CDW [21]
$P_{\$(SWITCH)}$	Τιμή ανά SAN switch	$5.000	Έρευνα για διάφορα switches από την

			CDW
$P_{\$(STORAGE)}$	Τιμή ανά terabyte χωρητικότητας	$6.000	Έρευνα για χωρητικότητα από την CDW
σ_{TOTAL}	Χωρητικότητα SAN	Πριν: customer data Μετά: Υπόθεση για 20GB ανά virtual machine (2 vmdk αρχεία στα 10GB ανά αρχείο)	20 GB ανά VM είναι μια συντηρητική εκτίμηση.
S_{LIFE}	Ωφέλιμος χρόνος ζωής του server (αναφέρεται και ως ρυθμός ανανέωσης)	3 Χρόνια	Μέση τιμή βιομηχανίας. Εκτίμηση της VMware
n	Ποσοστό των servers που είναι συνδεδεμένοι στο SAN	25% πριν, 100% μετά (όλα τα VMs θα είναι στο SAN)	Δεδομένα από την βιομηχανία. Η πηγή δεν είναι διαθέσιμη

Πίνακας 10 – Μεταβλητές υπολογισμού μείωσης στο κόστος του SAN με χρήση Virtualization

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, ο αριθμός των SAN switches υπολογίζεται ως ακολούθως. Ο υπολογισμός πολλαπλασιάζεται με το 2 για λογισμό των redundant switches.

$$N_{SANSW} = 2n(S_{TOTAL}/24)$$

Σημείωση: αυτός ο τύπος συμπεριφέρεται σαν βηματική συνάρτηση, και το S_{TOTAL} / 24 θα πρέπει πάντα να στρογγυλοποιείται στον κοντινότερο ακέραιο αριθμό. Για παράδειγμα, αν υπάρχουν μόνο 6 servers στο περιβάλλον, S_{TOTAL} /

24 = 0,25 . Για να πάρουμε ακέραιο πλήθος switches, στρογγυλοποιούμε στο 1. Έτσι, ο συνολικός απαιτούμενος αριθμός από switches είναι 2*1 = 2.

Υποθέσεις

- 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 servers
- Υπάρχουν 2 οπτικές κάρτες ανά server
- Για λόγους μοντελοποίησης, μπορεί να συμπεριληφθεί ένας παράγοντας που υποδεικνύει το ποσοστό των servers που είναι συνδεδεμένοι στο SAN. Οι υπολογισμοί εδώ υποθέτουν ότι όλοι οι servers που γίνονται virtualize είναι συνδεδεμένοι.

Παράδειγμα

Σε αυτό το παράδειγμα της Bartok, Inc. η Bartok μεταβαίνει από 1000 σε 80 φυσικούς servers. Ο επιχείρησης διαπραγματεύεται τις ακόλουθες τιμές για στοιχεία του SAN:

$P_{\$(HBA)} = \$1.000$

$P_{\$(SANSW)} = \$5.000$

$P_{\$(STORAGE)} = \$6.000$

Πρώτα, υπολογίζουμε τον αριθμό των μονάδων δικτύωσης και χωρητικότητας που απαιτούνται. Καθώς θα γίνουν «virtualize» 1000 φορτία εργασίας (workloads), η SAN χωρητικότητα 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 2 HBAs ανά server, 25% των servers συνδεδεμένους στο SAN από πριν, και 100% των servers συνδεδεμένους στο SAN μετά, ο συνολικός αριθμός των HBAs που απαιτείται είναι:

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

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

Υποθέτοντας διπλά (redundant) switches, τα συνολικά switches που απαιτούνται είναι:

$N_{SANSW\ (Πριν)} = 2[(1000)(25\%)/24] = 2(10,42) = 2(11) = 22$

$N_{SANSW\ (Μετά)} = 2[(80)(100\%)/24] = 2(3,33) = 2(4) = 8$

Η ετήσια εξοικονόμηση στο δίκτυο και το storage υπολογίζεται τώρα ως εξής:

HBAs:

$$Κόστος_{HBA(Πριν)} = \frac{(500)(\$1000)}{3} = \$166.667$$

$$Κόστος_{HBA(Μετά)} = \frac{(160)(\$1000)}{3} = \$53.333$$

SAN Switches:

$$Κόστος_{SANSW(Πριν)} = \frac{(22)(\$5000)}{3} = \$36.667$$

$$Κόστος_{SANSW(Μετά)} = \frac{(8)(\$5000)}{3} = \$13.333$$

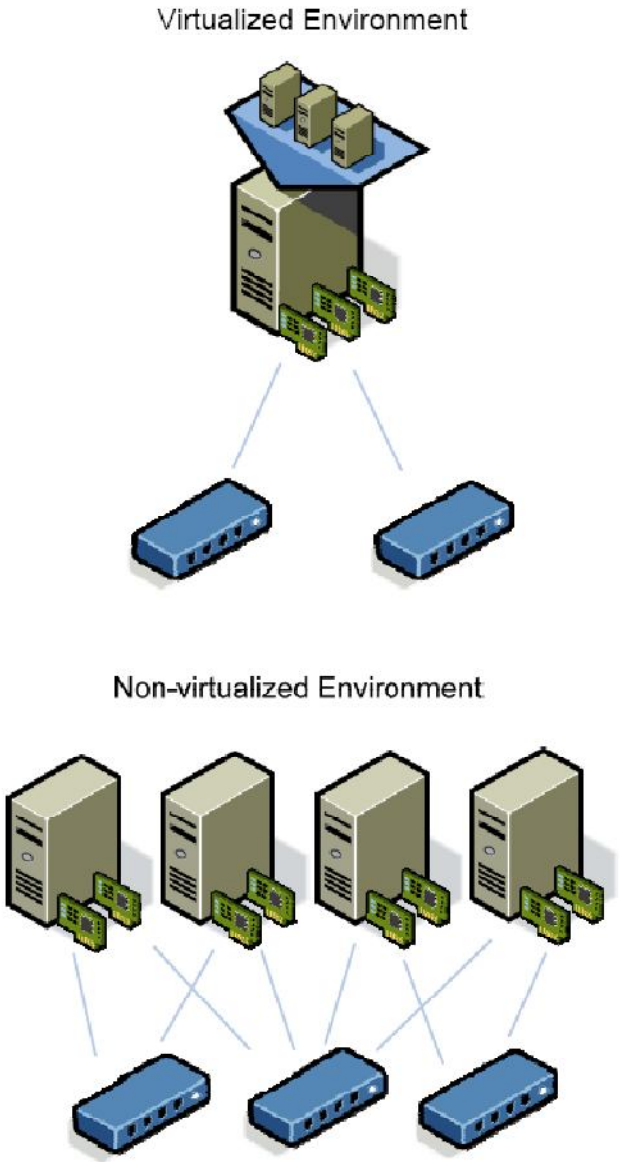
Storage:

$$Κόστος_{STORAGE(Πριν)} = \frac{(5)(\$6000)}{3} = \$10.000$$

$$Κόστος_{STORAGE(Μετά)} = \frac{(25)(\$6000)}{3} = \$50.000$$

5.3.5. Δίκτυο

Ο αριθμός των φυσικών δικτυακών στοιχείων μειώνεται δραματικά με το Virtualization. Έχοντας λιγότερους φυσικούς servers συνδεδεμένους στο δίκτυο, απαιτούνται λιγότερα switches, κάρτες δικτύου (NICs – Network Interface Cards) και καλώδια για την σύνδεση των servers. Τα διαγράμματα του Σχ. 54 παρουσιάζουν αυτή την ιδέα.



Σχήμα 54 – Δικτυακή σύνδεση Η/Υ με και χωρίς Virtualization [12]

Συνήθως, ο αριθμός των καρτών δικτύου (NICs) ανά server αυξάνεται σε ένα σενάριο Virtualization (3 ανά server), παρόλο που ο συνολικός αριθμός των NICs κατά μήκος όλων των servers ουσιαστικά μειώνεται. Για τον υπολογισμό του TCO, οι μειωμένες απαιτήσεις σε NICs λαμβάνονται υπόψη στην τιμή του server, αφού συνήθως συνοδεύουν την αγορά του server. Γι' αυτό η συγκεκριμένη ενότητα επικεντρώνεται μόνο στην μείωση των δικτυακών switches. Η εξοικονόμηση σε καλωδίωση είναι μικρή και για τον λόγο αυτό δεν καταγράφεται εδώ.

Είσοδοι

Είσοδος	Περιγραφή	Προεπιλεγμένη Τιμή	Πηγή
N_{NETSW}	Αριθμός νέων δικτυακών μεταγωγών ανά έτος	Υπολογίζεται από τον συνολικό αριθμό των servers	Πληροφορία από τον επιχείρηση
S_{NIC}	Αριθμός καρτών δικτύου (NIC) ανά server	Πριν: 2 ανά server Μετά: 3 ανά server	Έρευνα σε πελάτες
P_n	Πόρτες ανά κάρτα δικτύου	1	Πληροφορία από τον επιχείρηση – εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο τον καρτών δικτύου που χρησιμοποιούνται
$P_{\$(NETSW)}$	Τιμή ανά SAN switch	$4.000	Έρευνα σε πελάτες και διάφορα switches στην CDW

Πίνακας 11 – Μεταβλητές υπολογισμού μείωσης στο κόστος δικτύωσης με χρήση Virtualization

Υπολογισμός TCO

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

Το N_{NETSW} υπολογίζεται ως εξής:

$$N_{NETSW} = 2(S_{NIC})(p_n)(S_{TOTAL})/24$$

όπου ο παρανομαστής αντιπροσωπεύει τον αριθμό των πορτών ανά δικτυακό switch.

Σημείωση: ο τύπος αυτό συμπεριφέρεται σαν βηματική συνάρτηση, και το S_{TOTAL} / 24 πρέπει πάντα να στρογγυλοποιείται στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό.

Υποθέσεις

- Η εξοικονόμηση που προκύπτει από μειωμένη καλωδίωση και λιγότερη κατανάλωση ισχύος από τα δικτυακά switches παραλείπεται για λόγους απλότητας
- Το κόστος των καρτών δικτύου υπολογίζεται στην τιμή των servers, και για αυτό δεν παρουσιάζεται εδώ.
- Οι δικτυακοί μεταγωγείς έχουν τον ίδιο ρυθμό ανανέωσης με τους servers (3 χρόνια)

Παράδειγμα

Οι ανάγκες της Bartok, Inc. σε network switches αναμένεται να μειωθεί σημαντικά μετά την μετάβαση από 1000 σε 80 φυσικούς servers. Στον παρόν data center, η Bartok έχει κατά μέσο όρο 2 NICs ανά server και κάθε NIC έχει μία πόρτα. Στη μελλοντική κατάσταση, η Bartok περιμένει ότι θα αυξηθούν οι κάρτες δικτύου σε 3 ανά server, με κάθε κάρτα να έχει πάλι μία πόρτα. Επιπροσθέτως, κάθε δικτυακό switch έχει 24 πόρτες που χρησιμοποιούνται, και κοστίζει $4,000.

Πρώτα, υπολογίζεται ο συνολικός αριθμός των switches που απαιτούνται:

$$N_{NETSW(\Pi\rho\iota\nu)} = 1000(2)(1)/24 = 83{,}33 = 84$$

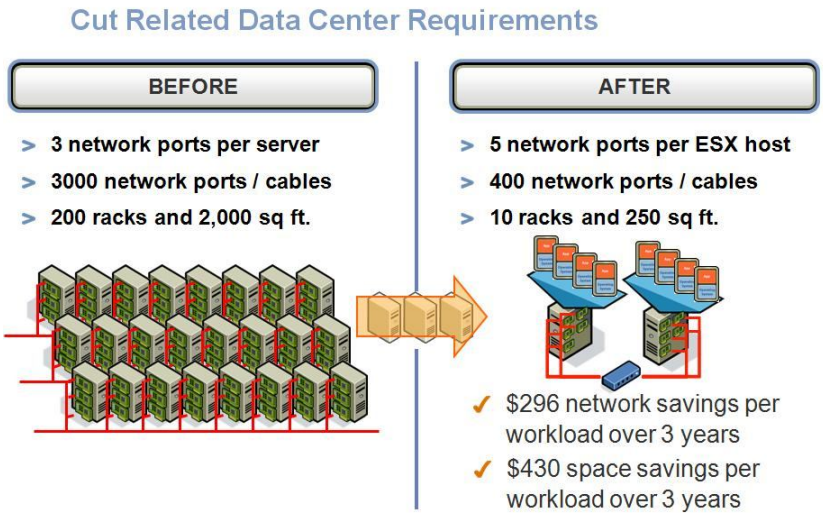
$$N_{NETSW(\Mu\varepsilon\tau\acute{\alpha})} = 80(3)(1)/24 = 10$$

Το ετήσιο κόστος των switches υπολογίζεται τώρα ως εξής:

$$\text{Κόστος}_{NETSW(\Pi\rho\iota\nu)} = \frac{84(\$4000)}{3} = \$112.000$$

$$\text{Κόστος}_{NETSW(\Mu\varepsilon\tau\acute{\alpha})} = \frac{10(\$4000)}{3} = \$13.333$$

Το Σχ. 55 δεν σχετίζεται σε ότι αφορά τα νούμερα με το παράδειγμα που περιγράφεται εδώ, παρατίθεται όμως ως γραφική απεικόνιση της εξοικονόμησης που μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση τεχνολογίας Virtualization:



Σχήμα 55 – Μείωση απαιτήσεων σε περιφερειακό εξοπλισμό Η/Υ με τη χρήση Virtualization [1]

5.3.6. Ακίνητη Περιουσία Μηχανογραφικού Κέντρου (Data Center Real Estate)

Η εξοικονόμηση στην ακίνητη περιουσία στο κέντρο δεδομένων επιτυγχάνεται εξετάζοντας την πιθανή μείωση στον απαιτούμενο χώρο μετά την υλοποίηση του Virtualization. Λόγω της ειδικής υποδομής (συστήματα ψύξη, ισχύος, κτλ.) που απαιτείται στα κέντρα δεδομένων, συνήθως είναι σημαντικά πιο ακριβό να χτιστούν από ότι οι τυπικές εμπορικές ιδιοκτησίες. Ένα data center με εκτιμώμενη κατανάλωση στα 40W ανά τετραγωνικό πόδι κοστίζει περίπου 400$ ανά τετραγωνικό πόδι. [22] Σε πρόβλεψη για το 2009 με 500W ανά τετραγωνικό πόδι, το ίδιο κέντρο δεδομένων θα κόστιζε $5,000 ανά τετραγωνικό πόδι για να χτιστεί. [22]

Το Virtualization μπορεί να μειώσει το επιφάνεια του data center της εταιρίας, και η εταιρία να αποφύγει την μελλοντική κατασκευή άλλων κέντρων δεδομένων. Ο υπολογισμός του TCO λαμβάνει υπόψη τα ετήσια μεταφερόμενα κόστη του data center, αλλά δεν εξετάζει την αποφυγή κατασκευής άλλων κέντρων δεδομένων.

Είσοδοι

Είσοδος	Περιγραφή	Προεπιλεγμένη Τιμή	Πηγή
A$	Κόστος ανά τετραγωνικό πόδι για την δημιουργία του κέντρου δεδομένων	$600 ανά τετραγωνικό πόδι	Βασισμένο σε διαστασιολόγηση 60W ανά τετραγωνικό πόδι (συντηρητικό) [23] και $400/τετραγωνικό πόδι για 40W/square foot data center [22] (Σημείωση: το 2005, η μέση τιμή ήταν 80W/τετραγωνικό πόδι)
R_{SF}	Τετραγωνικό πόδι ανά rack	7 τετραγωνικά μέτρα (κατά προσέγγιση)	Dell PowerEdge Rack 4210 (23,94” x 9,83”)
R_{SPACE}	Ποσοστό χώρου που χρησιμοποιείται από τα racks	30%	Προσέγγιση του επιχείρηση
R_{TOTAL}	Συνολικό πλήθος racks	Παρέχεται από τον επιχείρηση ή υπολογίζεται. Βλ. παρακάτω	Υπολογισμός
r	Δείκτης Ετήσιο Ποσοστού	6,00%	Εξαρτάται από τον επιχείρηση. Χρησιμοποιήθηκε 6% ως εκτίμηση

Πίνακας 12 – Μεταβλητές υπολογισμού μείωσης σε ανάγκες ακίνητης περιουσίας με χρήση Virtualization

Υπολογισμός TCO

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{Ακίνητης Περιουσίας}} = [(\text{ΜηνιαίοΚόστος})(12)]_{\text{Πριν}} - [(\text{ΜηνιαίοΚόστος})(12)]_{\text{Μετά}}$$

Υποθέσεις

- Ο επιπλέον χώρος που απαιτείται για τα SAN είναι μικρός και δεν περιλαμβάνεται εδώ. Για παράδειγμα ένα EMC CLARiiON CX500 μπορεί να διαθέσει μέχρι και 4TB σε 4U. Στο παράδειγμα εδώ, ο επιπλέον χώρος από το SAN θα καταλάμβανε μόνο 1 24U rack.

Παράδειγμα

Η Bartok, Inc. τοποθετεί 24U ανά rack (υπενθυμίζεται ότι για απλότητα τα U συσχετίζονται χονδρικά με τις CPU). Κάθε rack απαιτεί 7 τετραγωνικά μέτρα χώρου, και τα rack καταλαμβάνουν 30% του συνολικού χώρου ανά όροφο στο data center. Το κόστος του data center είναι περίπου 600$ ανά τετραγωνικό πόδι, με βάση ότι χρειάζονται 60W ισχύος ανά τετραγωνικό πόδι.

Αρχικά, καθορίζεται ο αριθμός των racks που απαιτείται πριν και μετά από το Virtualization.

$$R_{TOTAL(\text{Πριν})} = \frac{(300)(1)+(500)(2)+(200)(4)}{24} = 88 \text{ Racks}$$

$$R_{TOTAL(\text{Μετά})} = \frac{(38)(2)+(38)(4)+(4)(8)}{24} = 10 \text{ Racks}$$

Ο χώρος που απαιτείται για την υποδομή Η/Υ υπολογίζεται τώρα ως ακολούθως:

$$\text{ΑπαιτούμενοςΧώρος}_{(\text{Γενικά})} = \frac{(R_{TOTAL})(R_{SF})}{R_{SPACE}}$$

$$\text{ΑπαιτούμενοςΧώρος}_{(\text{Πριν})} = \frac{(88)(7)}{0,3} = 2.053\text{ft}^2$$

$$\text{ΑπαιτούμενοςΧώρος}_{(\text{Μετά})} = \frac{(11)(7)}{0,3} = 257\text{ft}^2$$

Το συνολικό κόστος του data center πριν και μετά από το Virtualization μπορεί τώρα να υπολογιστεί:

$$\text{Κόστος}_{\text{Ακίνητης Περιουσίας(Πριν)}} = (2.053)(\$600) = \$1.232.000$$

$$\text{Κόστος}_{\text{Ακίνητης Περιουσίας(Μετά)}} = (257)(\$600) = \$154.000$$

Για τον καθορισμό του μηνιαίου (και ετησίου) μεταφερόμενου κόστους, το συνολικό κόστος του data center μπορεί να αποσβεσθεί κατά τη διάρκεια ζωής του data center (υπόθεση για 10 χρόνια). Το ετήσιο ποσοστό της Bartok στο κόστος τους data center είναι r = 6.00%, που κάνει το περιοδικό ποσοστό (μηνιαίο) 6,00/12 ή 0,500%. Ο ετήσιος παράγοντας (η παρούσα αξία του $1 που καταβάλλεται για t=120 περιόδους) υπολογίζεται ως εξής:

$$AF = \frac{1}{0,005}\left(1-\frac{1}{(1+0,005^{(10)(12)})}\right) = 90,07$$

Δεδομένου αυτού του παράγοντα ετήσιας προσόδου, οι μηνιαίες καταβολές είναι:

$$\text{Καταβολές}_{\text{Μηνιαίες(Πριν)}} = \frac{\$1.232.000}{90,7} = \$13.678$$

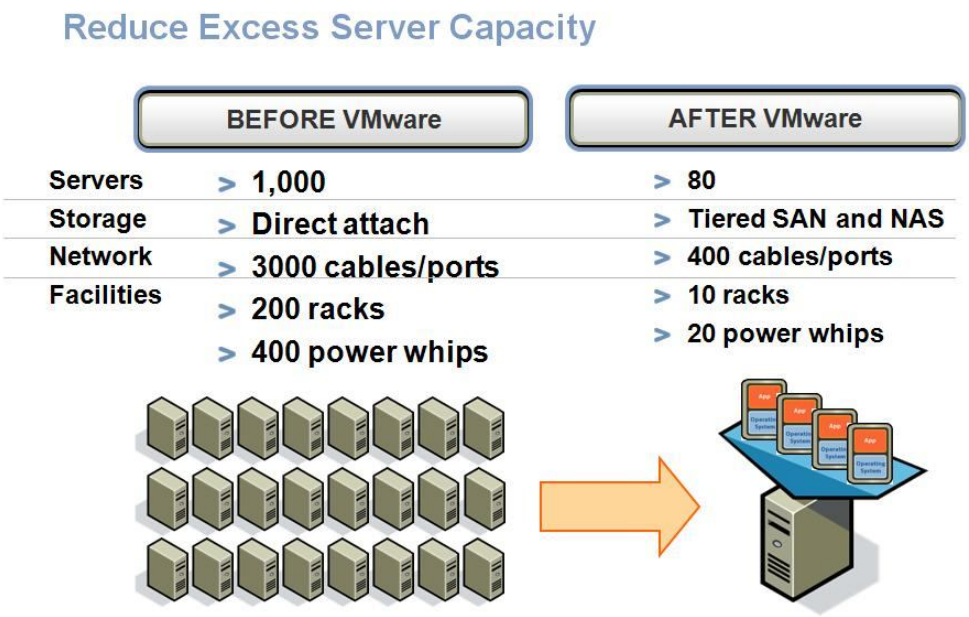
$$\text{Καταβολές}_{\text{Μηνιαίες(Μετά)}} = \frac{\$154.000}{90,7} = \$1.710$$

Δεδομένων αυτών των μηνιαίων καταβολών, τα ετήσια κόστη για το data center πριν και μετά από το Virtualization είναι:

$$\text{Κόστος}_{\text{Ετήσιο(Πριν)}} = (\$13.678)(12) = \$164.133$$

$$\text{Κόστος}_{\text{Ετήσιο(Μετά)}} = (\$1.710)(12) = \$20.517$$

Το Σχ. 56 δεν σχετίζεται σε ότι αφορά τα νούμερα με το παράδειγμα που περιγράφεται εδώ, παρατίθεται όμως ως γραφική απεικόνιση της εξοικονόμησης που μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση τεχνολογίας Virtualization:



Σχήμα 56 – Μείωση απαιτήσεων σε Μηχανογραφικό εξοπλισμό με τη χρήση Virtualization [1]

5.3.7. Διασφάλιση Ομαλής Επιχειρησιακής Λειτουργίας (Business Continuity)

Το Virtualization προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση βελτιώνοντας το Business Continuity. Η εξοικονόμηση αυτή μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε διάφορες περιοχές:

- Το Disaster Recovery CapEx και OpEx – Η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται στο κεντρικό data center βασισμένη στο server consolidation με τη χρήση Virtualization μπορεί να επιτευχθεί και στο DR site.
- Η Συντήρηση του Disaster Recovery και του Provisioning – Η συντήρηση και το provisioning που λαμβάνει χώρα στο DR site σαν αποτέλεσμα της ανανέωσης των servers, μπορεί να γίνει γρηγορότερα και ευκολότερα
- Γενικό Downtime – Το Virtualization μπορεί να μειώσει δραματικά το προγραμματισμένο downtime που σχετίζεται με αναβάθμιση λογισμικού, συντήρηση εφαρμογών, επαναπαραμετροποίηση στο hardware, κτλ. Επιπλέον, μειώνει το απρογραμμάτιστο downtime όπως

απρογραμμάτιστες διακοπές λειτουργίας από αστοχίες υλικού, αστοχίες εφαρμογών (λογισμικού) κτλ.

- Ανάκαμψη από μαζική αστοχία: Ανεπιτυχείς ή πολύωρες προσπάθειες ανάκαμψης είναι κοινός τόπος, και το Virtualization μπορεί να επιταχύνει την ανάκαμψη και να επιτρέψει την μακροχρόνια επιβίωση.

Επιπροσθέτως στα παραπάνω, περαιτέρω εξοικονόμηση μπορεί να επιτευχθεί μέσω απλοποιημένου disaster recovery planning και testing. Η εξοικονόμηση από αυτές τις περιοχές αναφέρεται εδώ αλλά δεν ποσοτικοποιείται παρακάτω.

5.3.7.1. Κεφαλικές και Λειτουργικές Δαπάνες για Ανάκαμψη από Καταστροφή (Disaster Recovery CapEx & OpEx)

Η χρήση Virtualization στο Disaster Recovery site μπορεί να επιφέρει παρόμοιες μειώσεις στα έξοδα σε hardware και σε λειτουργίες που επιτυγχάνονται στο πρωτεύον data center. Αυτές οι μειώσεις υπολογίζονται με τον ίδιο τρόπο που περιγράφεται στην ενότητα 5.3 του κειμένου, και για τον λόγο αυτό παραλείπονται εδώ.

5.3.7.2. Συντήρηση και Διάθεση Εξυπηρετητών (Provisioning) στο Disaster Recovery

Οι Servers στο Disaster Recovery site χρειάζονται συντήρηση και provisioning. Το μέγεθος της συντήρησης δεν προσδιορίζεται εδώ, αλλά θα πρέπει να αναφερθεί σαν έμμεσο κόστος στην TCO ανάλυση.

5.3.7.3. Χρόνος Γενικών Διακοπών Λειτουργίας (General Downtime)

Το Virtualization μπορεί να βοηθήσει στη μείωση τόσο του προγραμματισμένου όσο και του απρόσμενου downtime. Η προγραμματισμένη συντήρηση του hardware μπορεί να οδηγήσει σε προσωρινή διακοπή της λειτουργίας της επιχείρησης, καθώς οι servers πρέπει να κλείσουν. Η τεχνολογία VMotion της VMware μειώνει δραματικά αυτό το downtime, ωστόσο, επιτρέποντας στους IT administrators να μετακινούν τα εν λειτουργία virtual machines μεταξύ των servers. Τα οφέλη κόστους της μείωσης του προγραμματισμένου downtime δεν ποσοτικοποιούνται εδώ, αλλά θα πρέπει να αναφερθούν στις συζητήσεις του TCO discussions σαν έμμεσο (soft) κόστος.

Το unplanned downtime επίσης μειώνεται με την χρήση του Virtualization. Το VMotion επιτρέπει στους administrators να μετακινούν προληπτικά τα virtual machines από υπερφορτωμένους hosts ή από servers που παρουσίασαν αστοχία υλικού. Αυτό ελαχιστοποιεί τη διακοπή στις

κανονικές λειτουργίες τις επιχείρησης, και εν τέλει μπορεί να οδηγήσει σε διατήρηση εισοδήματος.

Συνήθως το κόστος του downtime στην επιχείρηση, όπως και το μέσο downtime, γίνεται κατανοητό σε ετήσια βάση. Με τη χρήση αυτών των αριθμών, είναι δυνατόν να εκτιμηθεί η εξοικονόμηση που προκύπτει από τη μείωση στο downtime μετά την χρήση Virtualization. Ξανά, παρακάτω ποσοτικοποιείται μόνο το unplanned downtime.

Είσοδοι

Είσοδος	Περιγραφή	Προεπιλεγμένη Τιμή	Πηγή
$D_{\$}$	Κόστος downtime ανά ώρα	$20.000 (Χρησιμοποιείται χάριν εδώ του μοντέλου – συνήθως εξαρτάται από τον επιχείρηση)	Πληροφορία από τον επιχείρηση
τ_U	Απρόσμενο downtime ανά έτος	15 ώρες	Πληροφορία από τον επιχείρηση
k_U	Παράγοντας μείωσης του απρόσμενου downtime	25%	Πρόβλεψη της VMware (συντηρητική)

Πίνακας 13 – Μεταβλητές υπολογισμού μείωσης του downtime με χρήση Virtualization

Υπολογισμός TCO

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{Downtime}} = D_{\$}\, \tau_U\, (1 - k_U)$$

Υποθέσεις

- Ο παράγοντας μείωσης του απρόσμενου downtime αποτελεί επί του παρόντος μια συντηρητική εκτίμηση βασισμένη σε συζητήσεις ανάμεσα στους μηχανικούς και τους πωλητές της VMware. Εμπειρικά δεδομένα θα πρέπει να προστεθούν μόλις είναι διαθέσιμα.

Παράδειγμα

Η Bartok, Inc. γνωρίζει ότι το μέσο της downtime και το κόστος του downtime έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Κατηγορία	Τιμή
Κόστος του downtime ($D_{\$}$)	$20.000 ανά ώρα
Απρόσμενο downtime ανά έτος (τ_U)	15 ώρες

Πίνακας 14 – Χαρακτηριστικά του downtime της Bartok

Επίσης, προβλέπουν ότι πολύ συντηρητικά το Virtualization θα τους επιτρέψει να μειώσουν το απρόσμενο downtime κατά 25%. Το κόστος του απρόσμενου downtime υπολογίζεται ως εξής:*

$\text{Κόστος}_{\text{ΑπρόσμενουDowntime(Πριν)}} = (\$20.000)(15) = \$300.000$

$\text{Κόστος}_{\text{ΑπρόσμενουDowntime(Μετά)}} = (\$20.000)(3,75) = \$75.000$

* Αυτοί οι υπολογισμοί είναι τύποι χωρίς συντελεστές, που οδήγησαν στο τύπο «Εξοικονόμησης» της ενότητας Υπολογισμός TCO πιο πάνω. Σημειώνεται ότι και οι δύο μέθοδοι υπολογισμού κόστους φθάνουν στο ίδιο αποτέλεσμα:

$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{Downtime}} = (\$20.000)(15)(1\text{-}0,25) = \$225.000$

5.3.7.4. Ανάκαμψη από Καταστροφή ή Μαζική Αστοχία

Στην περίπτωση μαζικής αστοχίας (καταστροφής), το Virtualization μειώνει σημαντικά τους χρόνους ανάκαμψης. Οι παραδοσιακές λύσεις disaster recovery απαιτούν ότι ο εξοπλισμός ανάκαμψης (recovery hardware) είναι αντίγραφο του παραγωγικού εξοπλισμού (production hardware). Η παραμετροποίηση των servers και οι πολύπλοκες διαδικασίες πολλών βημάτων σε αυτές τις bare-metal διαδικασίες ανάκαμψης είναι χρονοβόρες και δύσκολες. Η ανεξαρτησία από το hardware και η ενός βήματος επαναφορά αρχείου που προσφέρεται από το Virtualization επιτρέπει βελτιωμένους χρόνους ανάκαμψης και ταχεία επιστροφή σε κανονική λειτουργία εργασιών.

Τα πραγματικά οφέλη που αποκομίζονται από το Virtualization εξαρτώνται από την υπάρχουσα υποδομή disaster recovery. Για παράδειγμα, το Virtualization προσφέρει σημαντικά οφέλη στους πελάτες που χρησιμοποιούν array-based replication, και ακόμα μεγαλύτερα οφέλη στους πελάτες που εκτελούν backups από ταινία. (Παρόλο που υπάρχουν και άλλες λύσεις disaster recovery, μόνο αυτές οι δύο αναφέρονται εδώ για λόγους παρουσίασης).

Είσοδοι

Είσοδος	Τιμή	Προεπιλεγμένη Τιμή	Πηγή
$D_{\$}$	Κόστος downtime ανά ώρα	$20.000 (Χρησιμοποιείται χάριν εδώ του μοντέλου – συνήθως εξαρτάται από τον επιχείρηση)	Emerson [24]
τ_R	Χρόνος για πλήρη ανάκαμψη μετά από καταστροφή	40 ώρες (Χρησιμοποιείται χάριν εδώ του μοντέλου – συνήθως εξαρτάται από τον επιχείρηση)	Πληροφορία από τον επιχείρηση
k_R	Παράγοντας μείωσης του χρόνου ανάκαμψης	25%	Πρόβλεψη της VMware

Πίνακας 15 – Μεταβλητές υπολογισμού μείωσης του κόστους ανάκαμψης από καταστροφή με χρήση Virtualization

Υπολογισμός TCO

$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{Ανάκαμψης}} = D_{\$}\tau_R(1-k_R)$

Υποθέσεις

- Η επιχείρηση θα πρέπει να γνωρίζει τον μέσο χρόνο ανάκαμψης από καταστροφή βάσει των disaster recovery τεστ. Αν ένας επιχείρησης δεν εκτελεί disaster recovery τεστ, η εξοικονόμηση μπορεί ακόμα να προβλεφθεί χρησιμοποιώντας αυτή την μεθοδολογία.
- Το κόστος του downtime συμπεριλαμβάνει όλα τα κόστη ανάκαμψης σε περίπτωση καταστροφής (διαφυγόντα κέρδη, εργατικά κόστη, κτλ.)
- Ο παράγοντας μείωσης του χρόνου ανάκαμψης είναι για την ώρα μια συντηρητική εκτίμηση βασισμένη σε συζητήσεις ανάμεσα στους μηχανικούς και τους πωλητές της VMware.

Παράδειγμα

Εκτελώντας ελέγχους disaster recovery, η Bartok, Inc. ανακαλύπτει ότι θα χρειαστούν τουλάχιστον 40 ώρες για να ανακάμψει πλήρως στην περίπτωση μαζικής αστοχίας. Επιπλέον, τα τεστ έχουν δείξει ότι θα χάσουν 20,000$ ανά ώρα downtime κατά την διάρκεια μιας αστοχίας. Η ευκολία που προσφέρει το Virtualization στη διάθεση του φορτίου εργασίας (workload deployment) αναμένεται να μειώσει συντηρητικά τους χρόνους ανάκαμψής τους στο 25% των παρόντων χρόνων.

$\text{Κόστος}_{\text{Ανάκαμψης(Πριν)}} = (\$20.000)(40) = \$800.000$

$\text{Κόστος}_{\text{Ανάκαμψης(Μετά)}} = (\$20.000)(10) = \$200.000$

5.3.8. Διάθεση Υποδομής (Infrastructure Provisioning)

Η διάθεση υποδομής περιλαμβάνει δύο κατηγορίες κόστους. Η πρώτη είναι το κόστος εγκατάστασης της σουίτας Virtualization από τους διαχειριστές της επιχείρησης. Η δεύτερη είναι το κόστος από την μείωση κόστους που προκύπτει από την μειωμένο χρόνο που απαιτείται για provisioning αφού έχει εφαρμοσθεί το Virtualization.

5.3.8.1. Εγκαταστάσεις Πλατφόρμας Virtualization

Περιγραφή

Η εγκατάσταση και η παραμετροποίηση της σουίτας Virtualization στο κέντρο δεδομένων απαιτεί χρόνο από τους διαχειριστές της επιχείρησης.

Αναμένεται ότι το προσωπικό της επιχείρησης θα συμμετέχει στην υλοποίηση. Ο πολλαπλασιασμός του μέσου χρόνου εγκατάστασης με τον αριθμό των εγκαταστάσεων δίνει την αύξηση στις ώρες εργασίας.

Είσοδοι

Μεταβλητή	Περιγραφή	Προεπιλεγμένη Τιμή	Πηγή
I_{ESX}	Πλήθος εγκαταστάσεων ESX	Πλήθος servers μετά το Virtualization	Πληροφορία από επιχείρηση
t_{ESX}	Ώρες ανά ESX εγκατάσταση	2	Έρευνα επιχειρήσεων

Πίνακας 16 – Μεταβλητές υπολογισμού του απαιτούμενου χρόνου εγκατάστασης πλατφόρμας Virtualization

Υπολογισμός TCO

$$\text{Ώρες}_{\text{ΕγκατάστασηESX}} = \left(\frac{I_{ESX}\ t_{ESX}}{S_{LIFE}}\right)_{\text{Πριν}} - \left(\frac{I_{ESX}\ t_{ESX}}{S_{LIFE}}\right)_{\text{Μετά}}$$

Υποθέσεις

- Ο παραπάνω υπολογισμός υποθέτει ότι η επιχείρηση είναι εξοικειωμένη με την εγκατάσταση του λογισμικού.
- Οι περισσότερες επιχειρήσεις υπολογίζουν την εξοικονόμηση σε ενέργεια που απαιτείται από πλευράς εργατικού δυναμικού, σε ώρες παρά σε οικονομικές μονάδες.

Παράδειγμα

Η Bartok, Inc. είναι έτοιμη να εγκαταστήσει Virtualization πλατφόρμα σε 80 servers που έχει πρόσφατα προμηθευτεί για το έργο Virtualization. Οι διαχειριστές συστημάτων έχουν περάσει από εκπαίδευση και είναι σε θέση να κάνουν τις εγκαταστάσεις. Οι ώρες που δαπανούνται σε εγκαταστάσεις υπολογίζονται ως εξής:

$$\text{Ώρες}_{\text{ΕγκατάστασηESX(Πριν)}} = (80)(2) = 160\text{ώρες}$$

Υποθέτοντας ότι η Bartok, Inc. πληρώνει $60/ώρα για τους διαχειριστές συστημάτων, προκύπτει η ακόλουθη επένδυση:

$$\text{Κόστος}_{\text{ΕγκατάστασηESX}} = (160)(\$60) = \$9.600$$

5.3.8.2. Διάθεση νέων ιδεατών εξυπηρετητών (workload provisioning)

Η διαδικασία διάθεσης υποδομής γίνεται πολύ πιο εύκολη μέσω της χρήσης του Virtualization, αφού επιτρέπει στους διαχειριστές να δημιουργούν νέα workloads από το γραφείο τους χωρίς να χρειάζεται να αποκτήσουν και να στήσουν νέο hardware. Η εξοικονόμηση σε provisioning μετριέται πιο αξιόπιστα σε χρόνο. Η εξοικονόμηση σε μεγάλο αριθμό από εργατοώρες θα οδηγήσει σε επαναδιάθεση των διαχειριστών σε value added δραστηριότητες. Ωστόσο, είναι δυνατό να αντιστοιχηθεί η αξία μιας οικονομικής μονάδας σε ό,τι εξοικονομείται από το provisioning πολλαπλασιάζοντας τις ώρες που εξοικονομούνται με τον ωριαίο μισθό ενός διαχειριστή.

Είσοδοι

Μεταβλητή	Περιγραφή	Προεπιλεγμένη Τιμή	Πηγή
W_{PROV}	Συνολικά workloads που διατίθενται ανά έτος	Μη διαθέσιμο	Προκύπτει από του συνολικούς servers που ανανεώνονται ετησίως
t_{PROV}	Συνολικές ώρες για να την διάθεση ενός φορτίου εργασίας (workload)	20 ώρες (χωρίς VMware) 1 ώρα (με VMware)	Συνήθως 20 ώρες χωρίς VMware, και μία ώρα με VMware. Αυτός ο αριθμός είναι εκτίμηση που βασίζεται σε μελέτες περιπτώσεων υλοποίησης. Ο παράγοντας μείωσης του χρόνου για provisioning μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί.
k_{PT}	Παράγοντας μείωσης χρόνου Provisioning	13,48 ώρες	Σύμφωνα με δείγμα 21 επιχειρήσεων. [25]

Πίνακας 17 – Μεταβλητές υπολογισμού μείωσης χρόνου διάθεσης νέων υπηρεσιών

Υπολογισμός TCO

Μέθοδος 1

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{Provisioning}} = (W_{PROV}\ t_{PROV})_{\text{Πριν}} - (W_{PROV}\ t_{PROV})_{\text{Μετά}}$$

Μέθοδος 2

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{Provisioning}} = (W_{PROV}\ t_{PROV})_{\text{Πριν}} - \frac{(W_{PROV}\ t_{PROV})_{\text{Μετά}}}{k_{PT}}$$

Υποθέσεις

- Η επιχείρηση ίσως να μην δει τελικά την αλλαγή σαν αποτέλεσμα της εξοικονόμησης σε provisioning. Αυτό συμβαίνει διότι οι πόροι τείνει να ανατεθούν σε άλλες εργασίες, όπως το disaster recovery, αν δεν δαπανούν χρόνο στο provisioning των servers. Αυτό εξακολουθεί να αντιπροσωπεύει εξοικονόμηση, ωστόσο, καθώς περισσότερο value added δραστηριότητες αντιμετωπίζονται σαν αποτέλεσμα του Virtualization.

Παράδειγμα 1

Η Bartok, Inc. έχει αυτή τη στιγμή 1000 φυσικού servers (workloads) και ανανεώνει το hardware κάθε τρία χρόνια (333 workloads ανά χρόνο). Ο μέσος χρόνος διάθεσης σε παραγωγή ενός νέου server της Bartok είναι 20 ώρες. Μετά την υλοποίηση του Virtualization, η Bartok εκτιμά ότι ο χρόνος αυτός θα μειωθεί σε 1 ώρα ανά workload. Η πληροφορία αυτή φαίνεται στον Πίνακα 18:

	Πριν το Virtualization	**Μετά το Virtualization**
W_{PROV}	333	333
t_{PROV}	20	1

Πίνακας 18 – Απαιτούμενος χρόνος διάθεσης νέων εξυπηρετητών της Bartok πριν και μετά το Virtualization

Οι συνολικές ώρες για την διάθεση νέων workloads πριν και μετά το Virtualization υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{'Ωρες}_{\text{PROVISIONING(Πριν)}} = (333)(20) = 6660 \text{ ώρες}$$

$$\text{'Ωρες}_{\text{PROVISIONING(Μετά)}} = (333)(1) = 333 \text{ ώρες}$$

Παράδειγμα 2

Αντί της πρόβλεψης για το νέο χρόνο διάθεσης εξυπηρετητών της 1 ώρας που παρουσιάζεται στο Παράδειγμα 1, η Bartok χρησιμοποιεί ως παράγοντας μείωσης του χρόνου provisioning το 13,48. Οι απαιτούμενες ώρες για το provisioning πριν και μετά το Virtualization είναι τώρα:

$$\text{'Ωρες}_{\text{PROVISIONING(Πριν)}} = (333)(20) = 6660 \text{ ώρες}$$

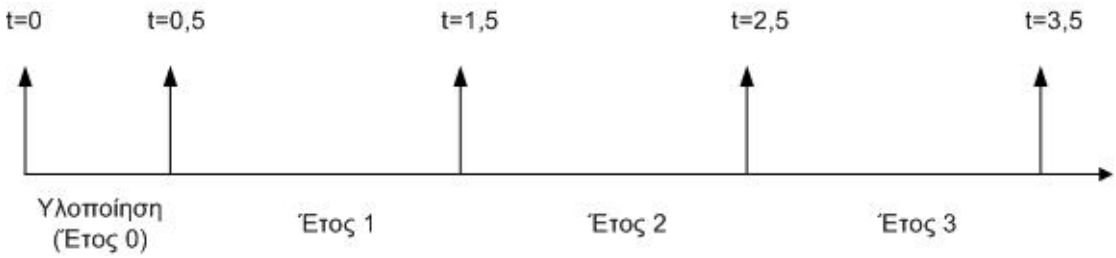
$$\text{'Ωρες}_{\text{PROVISIONING(Μετά)}} = \frac{(333)(20)}{13{,}48} = 494 \text{ ώρες}$$

5.4. Σύνοψη

Αυτή η παράγραφος δίνει την περίληψη της υλοποίησης Virtualization στην Bartok.

5.4.1. Καθαρά Παρούσα Αξία

Οι υπολογισμοί στις παραπάνω ενότητες επιφέρουν μελλοντική εξοικονόμηση σε ετήσια βάση. Για τον καθορισμό της τελικής μείωσης του TCO, όλα τα ποσά σε δολάρια μετατρέπονται σε παρούσες αξίες. Το μοντέλο και η μεθοδολογία υποθέτει ότι η εξοικονόμηση γίνεται αντιληπτή μετά την ολοκλήρωση του Virtualization. Ο χρόνος υλοποίησης είναι είσοδος στο μοντέλο, και αλλαγή σε αυτήν μεταβάλει την καθαρά παρούσα αξία της εξοικονόμησης. Η προεπιλεγμένη τιμή για τον χρόνο υλοποίησης είναι 6 μήνες, που σημαίνει ότι η πρώτη περίοδος μειωμένου κόστους είναι 1,5 χρόνια, η δεύτερη είναι 2,5, και η τρίτη είναι 3,5. Το διάγραμμα του Σχ. 57 αναπαριστά το σενάριο αυτό.



Σχήμα 57 – Καθαρά Παρούσα Αξία εξοικονόμησης χρημάτων από τη χρήση Virtualization [12]

Οι υπολογισμοί Καθαρά Παρούσας Αξίας (NPV) δεν παρουσιάζονται εδώ.

5.4.2. Μείωση του TCO της Bartok σε ορίζοντα 3-ετίας

Οι παραπάνω υπολογισμοί έχουν συγκεντρωθεί εδώ ώστε να παρατεθεί η συνολική μείωση στο Συνολικό Κόστος Κτήσης της Bartok σε χρονική περίοδο τριών ετών.

	Ετήσια Εξοικονόμηση				
	0	1	2	3	Σύνολο
Επένδυση σε Λογισμικό					
Άδειες Λογισμικού	$ (747.500)	$ (186.875)	$ (186.875)	$ (186.875)	$ (1.308.125)
Υπηρεσίες Μελέτης/Εγκατάστασης	$ (414.078)	$ -	$ -	$ -	$ (414.078)
Υπηρεσίες Εκπαίδευσης	$ (129.300)	$ -	$ -	$ -	$ (129.300)
	$ (1.290.878)	$ (186.875)	$ (186.875)	$ (186.875)	$ (1.851.503)
Εξοικονόμηση Χρημάτων (Ρευστότητα)					
Server Hardware	$ (1.434.000)	$ 2.416.667	$ 2.416.667	$ 2.416.667	$ 5.816.000
Storage	$ -	$ 96.667	$ 96.667	$ 96.667	$ 290.000
Δίκτυο	$ -	$ 98.667	$ 98.667	$ 98.667	$ 296.000
Ισχύς και Ψύξη	$ -	$ 569.611	$ 569.611	$ 569.611	$ 1.708.833
Ακίνητη Περιουσία Μ/Κ	$ -	$ 143.616	$ 143.616	$ 143.616	$ 430.848
Disaster Recovery	$ -	$ 600.000	$ -	$ -	$ 600.000
Downtime	$ -	$ 225.000	$ 225.000	$ 225.000	$ 675.000
Provisioning	$ -	$ 360.726	$ 370.326	$ 370.326	$ 1.101.379
	$ (1.434.000)	$ 4.510.953	$ 3.920.553	$ 3.920.553	$ 10.918.060
Συνολική Ετήσια Ρευστότητα	$ (2.724.878)	$ 4.324.078	$ 3.733.678	$ 3.733.678	$ 9.066.557
Περίοδος Επιτοκίου	0	1,00	2,00	3,00	
Καθαρά Παρούσα Αξία	$ (2.724.878)	$ 3.793.051	$ 2.872.944	$ 2.520.127	$ 6.461.244

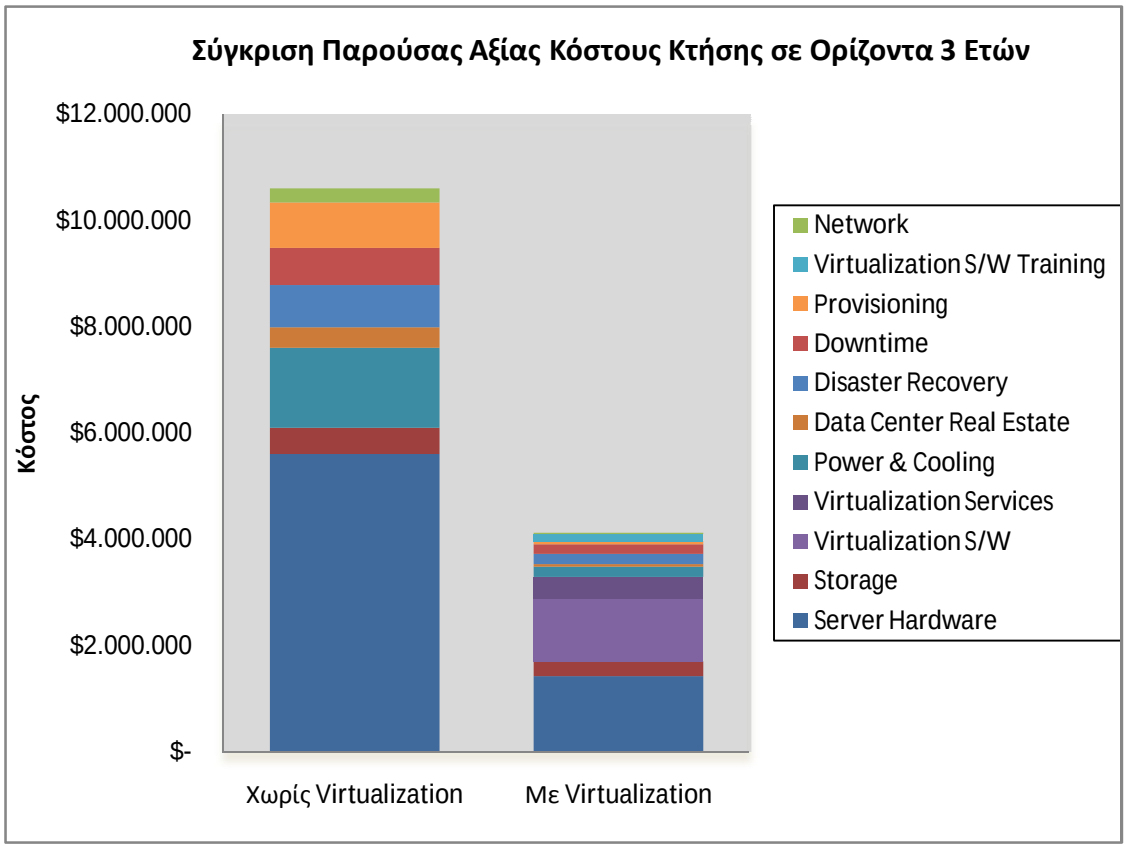
Πίνακας 19 – Συνολική μείωση στο Συνολικό Κόστος Κτήσης της Bartok (περίοδος 3-ετίας)

Στους παραπάνω υπολογισμούς έχει γίνει χρήση επιτοκίου 14%. Χρησιμοποιώντας αυτή την τιμή, επετεύχθησαν οι ακόλουθες οικονομικές μετρικές:

Οικονομική Απόδοση	
Καθαρά Παρούσα Αξία (NPV)	$6.461.244
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	140%
Απόσβεση Επένδυσης (ROI)	375%
Περίοδος Αποπληρωμής (Payback Period)	8,32 Μήνες

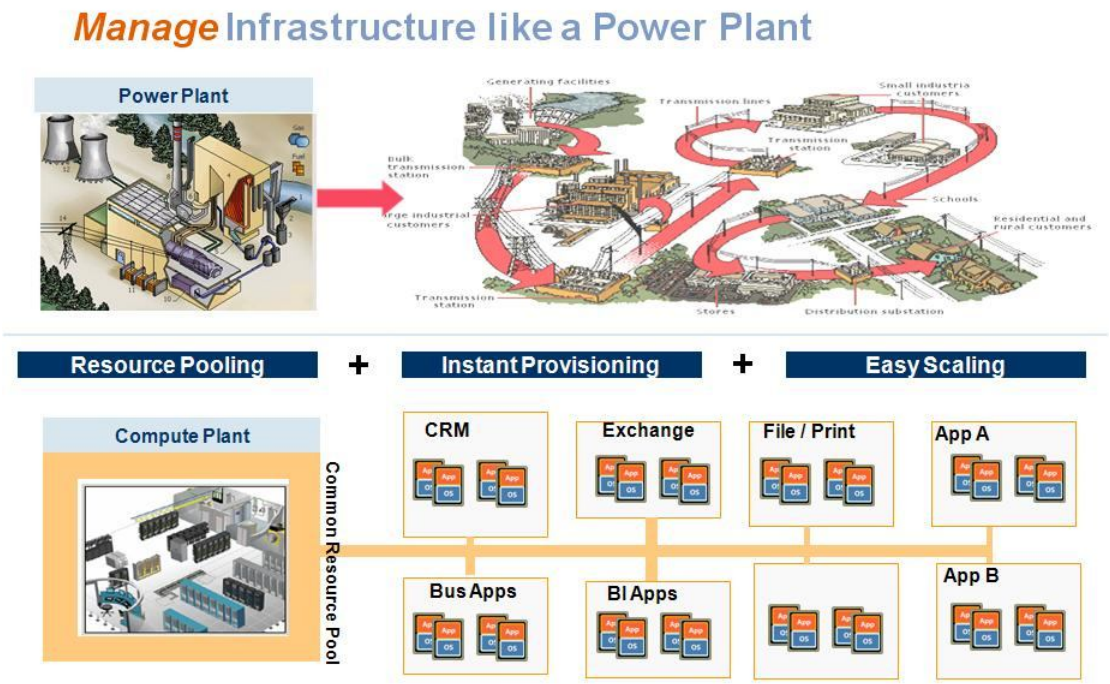
Πίνακας 20 – Αποτέλεσμα οικονομικών μετρικών από τη χρήση Virtualization

Το διάγραμμα στο Σχ. 58 παρουσιάζει μια γραφική αναπαράσταση της παρούσας τιμής της μείωσης του TCO.



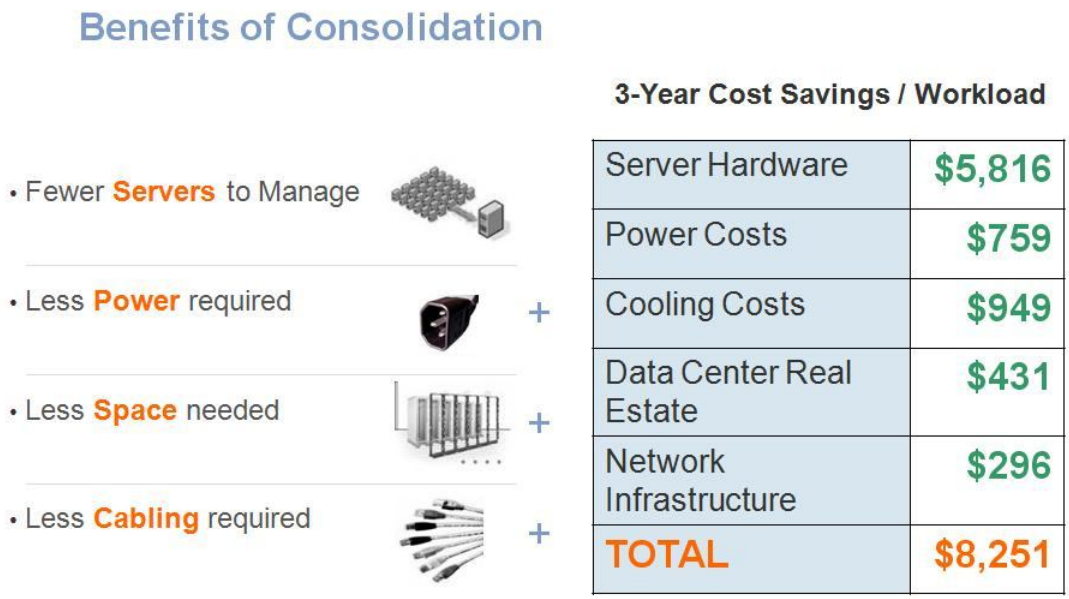
Σχήμα 58 – Διάγραμμα σύγκρισης της Καθαράς Παρούσας Αξίας του TCO με και χωρίς χρήση Virtualization [12]

Σημείωση: Στην μεθοδολογία υπολογισμού μείωσης του TCO δεν παρουσιάζεται ο υπολογισμός του κόστους της επένδυσης σε άδειες λογισμικού Virtualization, σε κόστος υπηρεσιών εγκατάστασης και εκπαίδευσης.



Σχήμα 59 – Διαχείριση υποδομής Μ/Κ σαν εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας [1]

Το Σχ. 60 δεν σχετίζεται σε ότι αφορά τα νούμερα με το παράδειγμα που περιγράφεται εδώ:



Σχήμα 60 – Σύνοψη πλεονεκτημάτων από τη συγχώνευση εξυπηρετητών [1]

6. Περιπτώσεις εφαρμογής της τεχνολογίας Server Virtualization (Case Studies)

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται δύο περιπτώσεις εφαρμογής της τεχνολογίας Virtualization. Η μία περίπτωση αφορά τραπεζικό και η δεύτερη τηλεπικοινωνιακό οργανισμό.

6.1. Περίπτωση Α – Τραπεζικός Τομέας

Μία μεγάλη Τράπεζα, με παρουσία σε πολλές διαφορετικές χώρες, αποφάσισε να υλοποιήσει ένα σχέδιο αποκατάστασης ομαλής λειτουργίας των μηχανογραφικών της κέντρων σε ενδεχόμενη εμφάνιση καταστροφής. Η απόφαση για το υλοποίηση του συγκεκριμένου έργου ήλθε προκειμένου η Τράπεζα διασφαλίσει την καλή λειτουργία της ακόμα και υπό δυσχερείς συνθήκες αλλά και να ικανοποιήσει τους σχετικούς κανονισμούς και απαιτήσεις της Τράπεζας της Ελλάδος για διασφάλιση της προστασίας των τραπεζικών δεδομένων.

6.1.1. Αρχικό Περιβάλλον

Το Disaster Recovery έργο αφορούσε τις τράπεζες του ομίλου σε 4 διαφορετικές χώρες μιας γεωγραφικής περιοχής. Τα κεντρικά υπολογιστικά συστήματα για τις τράπεζες και των τεσσάρων χωρών βρίσκονταν συγκεντρωμένα σε ένα Μηχανογραφικό Κέντρο σε μία από τις τέσσερις χώρες και η επικοινωνία με τα καταστήματα των υπολοίπων χωρών γινόταν με τηλεπικοινωνιακές γραμμές STM-1. Το DR έργο αφορούσε την προστασία ενός μεγάλου αριθμού συστημάτων μεταξύ των οποίων και 100 φυσικά συστήματα x86.

6.1.2. Στόχος

Στόχος του Disaster Recovery έργου ήταν κυρίως η δημιουργία αντιγράφων των πρωτευόντων συστημάτων και των δεδομένων τους, που βρίσκονταν συγκεντρωμένα σε Κέντρο Δεδομένων Βαλκανικής χώρας, σε Κέντρο Δεδομένων της Τράπεζας στην Αθήνα. Μία από τις πιο μεγάλες προκλήσεις στην υλοποίηση του εν λόγω έργου ήταν η χρησιμοποίηση κατάλληλων συστημάτων στο εναλλακτικό κέντρο δεδομένων προκειμένου να μην απαιτείται επανεγκατάσταση των λειτουργικών συστημάτων και των εφαρμογών τους στα πλαίσια της δημιουργίας αντιγράφων των πρωτευόντων συστημάτων. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, χρειαζόταν τα εναλλακτικά συστήματα που θα προμηθευόταν ο οργανισμός να ήταν πανομοιότυπα με τα παραγωγικά συστήματα, πράγμα όμως αδύνατον αφού τα παραγωγικά συστήματα αποτελούσαν προμήθεια παλαιότερων ετών με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν διαθέσιμα στην αγορά συστήματα όμοιου τύπου με αυτά. Η επανεγκατάσταση των λειτουργικών συστημάτων και των εφαρμογών που

εξυπηρετούσαν σε νέα συστήματα στο εναλλακτικό Μηχανογραφικό Κέντρο θα απαιτούσε πολύ μεγάλο χρόνο υλοποίησης τόσο για την αρχική εκτέλεση όσο και για την επίλυση των προβλημάτων που θα ανέκυπταν από έναν τέτοιο εγχείρημα. Επίσης, μια τέτοια προσέγγιση θα σήμαινε τεράστια απαιτούμενη ενέργεια από πλευράς του προσωπικού πληροφορικής της Τράπεζας για την διατήρηση των εναλλακτικών συστημάτων και των εφαρμογών τους σε ίδιες εκδόσεις λογισμικού και σε ίδιες ρυθμίσεις με τα παραγωγικά συστήματα (change management procedure), μετά την ολοκλήρωση του έργου, και στα πλαίσια της διατήρησης του περιβάλλοντος σε καλή λειτουργία και έτοιμο να καταστεί ενεργό σε περίπτωση κατάρρευσης του πρωτεύοντος Κέντρου Δεδομένων.

Η στρατηγική λύση που επιλέχθηκε από την Τράπεζα για την αντιμετώπιση του εμποδίου αυτού ήταν η χρήση τεχνολογίας Virtualization, λόγω της ιδιότητας που παρέχει για ανεξαρτησία από το hardware. Η ιδιότητα αυτή έδωσε τη δυνατότητα για προμήθεια νέου τύπου servers ως DR servers χωρίς έτσι να απαιτείται επανεγκατάσταση λειτουργικών συστημάτων και εφαρμογών, συρρικνώνοντας έτσι το χρόνο υλοποίησης του έργου και το βαθμό πολυπλοκότητάς του κατά πολύ.

6.1.3. Διαδικασία υλοποίησης έργου DR

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την δημιουργία των εναλλακτικών συστημάτων στο Μηχανογραφικό Κέντρο της Αθήνας με χρήση τεχνολογίας Virtualization ήταν η ακόλουθη:

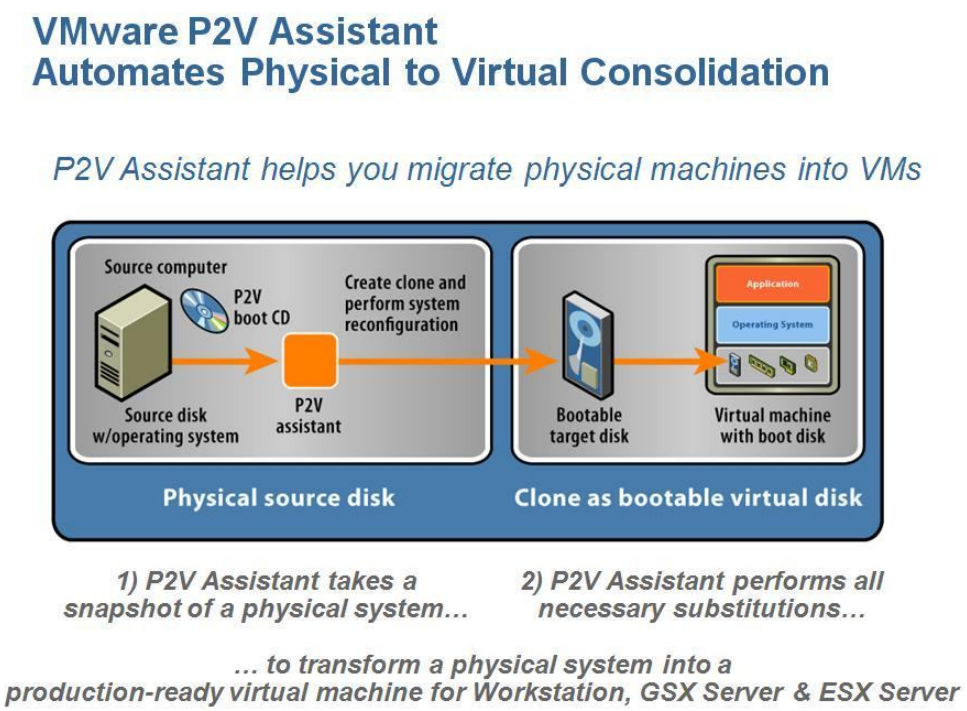
1. Μετατροπή των παραγωγικών συστημάτων σε ιδεατά μηχανήματα.

2. Αντιγραφή των ιδεατών συστημάτων και των δεδομένων τους από το αποθηκευτικό σύστημα δεδομένων του παραγωγικού Μ/Κ στο αποθηκευτικό σύστημα δεδομένων του DR Μ/Κ μέσω γραμμών STM-1 που συνέδεαν τα Μ/Κ των δύο χωρών.

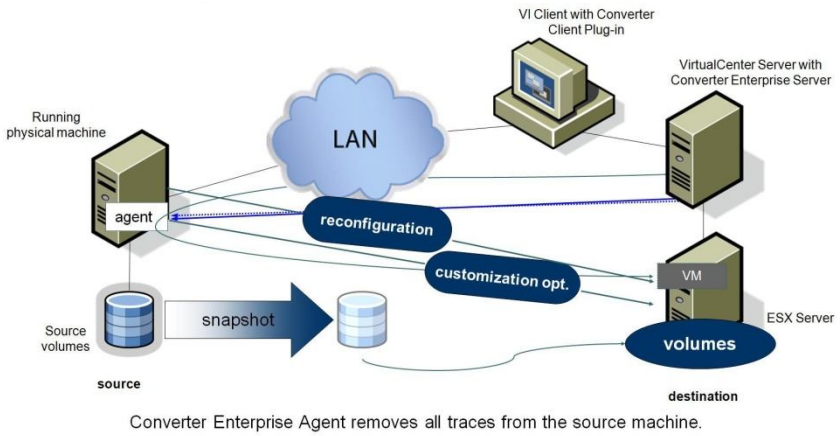
3. Έλεγχος καλής λειτουργίας των αντιγράφων των παραγωγικών ιδεατών συστημάτων πάνω στα νέα φυσικά συστήματα με πλατφόρμα Virtualization στο DR Data Center.

Τα 100 ιδεατά συστήματα που μεταφέρθηκαν από το παραγωγικό Μ/Κ φιλοξενήθηκαν σε 46 φυσικά συστήματα στο εναλλακτικό Μ/Κ.

Για την μετατροπή των παραγωγικών φυσικών συστημάτων σε ιδεατά χρησιμοποιήθηκε λογισμικό πακέτο της εταιρείας VMware που επιτρέπει την μετατροπή φυσικών συστημάτων σε virtual machines χωρίς επανεγκατάσταση λειτουργικού συστήματος ή εφαρμογών ή άλλη τροποποίηση, όπως φαίνεται στα Σχ. 61 & 62.



Σχήμα 61 – Εργαλείο μετατροπής φυσικών συστημάτων σε ιδεατά συστήματα (Μελέτη Περίπτωσης Α) [1]

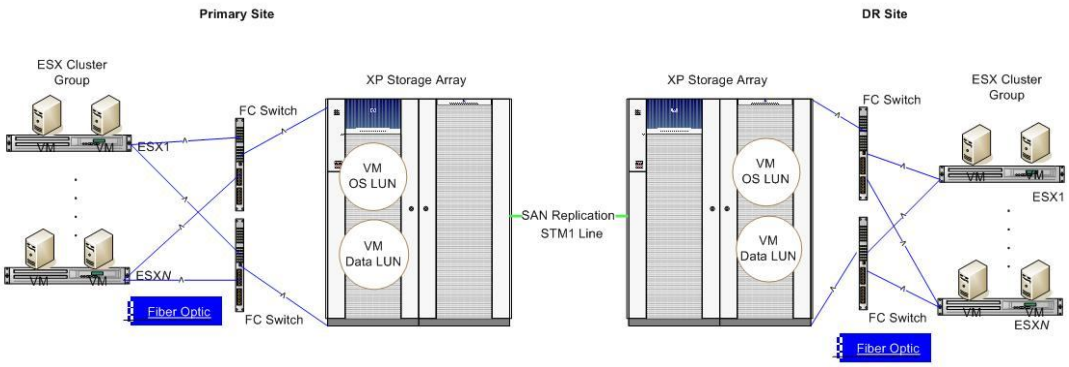


Σχήμα 62 – Διαδικασία μετατροπής φυσικού συστήματος σε ιδεατό (Μελέτη Περίπτωσης Α) [3]

6.1.4. Αποτέλεσμα Υλοποίησης Έργου DR

Το αποτέλεσμα της υλοποίησης του έργου Disaster Recovery ήταν η δημιουργία ενός εναλλακτικού Μηχανογραφικού Κέντρου σε άλλη χώρα από αυτήν που βρισκόταν το πρωτεύον Μ/Κ, το οποίο φιλοξενούσε αντίγραφα των παραγωγικών τραπεζικών συστημάτων, και το οποίο ήταν σε θέση να παρέχει τις απαιτούμενες υπηρεσίες της Τράπεζας αντί του πρωτεύοντος Μ/Κ οποτεδήποτε έκρινε η διοίκηση του οργανισμού ότι αυτό ήταν απαραίτητο.

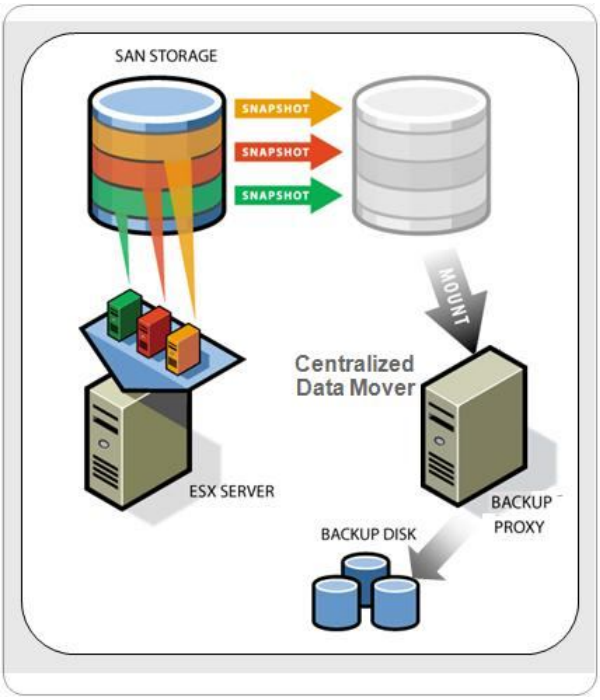
Στο Σχ. 63 φαίνεται μια αναπαράσταση του τμήματος της υλοποίησης που αφορούσε την αντιγραφή (SAN Replication) των ιδεατών συστημάτων (Ρυθμίσεις ιδεατού συστήματος, λειτουργικό σύστημα & δεδομένα εφαρμογής) από το αποθηκευτικό σύστημα (Storage Array) του πρωτεύοντος Μ/Κ (Primary Site) στο αντίστοιχο αποθηκευτικό σύστημα του εναλλακτικού Μ/Κ (DR Site). Για την αρχική μεταφορά και τον μετέπειτα συγχρονισμό των δεδομένων από το ένα site στο άλλο χρησιμοποιήθηκαν 3 τηλεπικοινωνιακές γραμμές τύπου STM-1 (155 Mbps). Όλα τα αρχεία που συμμετείχαν στη λειτουργία των ιδεατών συστημάτων (ρυθμίσεις ιδεατού hardware, λειτουργικό σύστημα, εφαρμογή και δεδομένα) ήταν αποθηκευμένα στο Storage Array. Σε κάθε ένα από τα δύο sites τα φυσικά συστήματα που φιλοξενούσαν τα ιδεατά συμμετείχαν σε μία συστοιχία για προστασία από αστοχίες υλικού. Σε περίπτωση εμφάνισης βλάβης σε κάποιο/α από τα φυσικά συστήματα, τα υπόλοιπα φυσικά συστήματα αναλάμβανα αυτόματα την λειτουργία των ιδεατών συστήματα που φιλοξενούσαν προηγουμένως τα συστήματα που κατάρρευσαν.



Σχήμα 63 – Απεικόνιση Πρωτεύοντος και Εναλλακτικού Μ/Κ Τραπεζικού Οργανισμού (Μελέτη Περίπτωσης Α)

Για την δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας των ιδεατών συστημάτων τοπικά στο πρωτεύον Μ/Κ, χρησιμοποιήθηκε λογισμικό που επέτρεπε την αντιγραφή ολόκληρων των αρχείων που συνιστούσαν τα ιδεατά μηχανήματα, αλλά και επιλεκτικά των περιεχομένων τους, προκειμένου να υπάρχει άμεση

επαναφορά ακέραιων των virtual machines σε περίπτωση εμφάνισης τέτοιας ανάγκης (Σχ. 64).



Σχήμα 64 – Δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας ιδεατών συστημάτων (Μελέτη Περίπτωσης Α)

Μετά την υλοποίηση του έργου ο Τραπεζικός Οργανισμός χρησιμοποίησε κατάλληλο λογισμικό για την καταγραφή και του κόστους κάθε ιδεατού μηχανήματος. Το κόστος αυτό υπολογιζόταν με βάση του πόρους (ΚΜΕ, Μνήμη, Δίκτυο, Αποθηκευτική Χωρητικότητα, κτλ.) που κατανάλωνε το κάθε ιδεατό μηχάνημα από το κοινό περιβάλλον υλικού εξοπλισμού της πληροφοριακής υποδομής που φιλοξενούσε τα ιδεατά μηχανήματα (Σχ. 65).

KERNEL

Chargeback report

For Marketing
Created 01/22/2008 11:08

The report contains cost of consuming resource for today: 01/22/2008 - 01/22/2008

PeopleSoft:
esx301-core2duo.axensis.ru:
VM list: WinXPesx.87, OSuSe10.2.152, Netware65oes.200 [.42], Vista-x64, B2.157, RH_es4_DB2.36, SLES90-Ora.146, W3k-ee-x64-(Uran).224, vm-w3kr2-sp1x64-temp, RedHat_es4.34, A2.228, Red-Hat-EL3.88, SuSe93pro.149, Suse82.84, B1.156, PixServer-esx.39, Suse91.35, ntdc.33, W2k_cam2.54, vm-RHEL5-x64.98, A1.227, axDomino70.119, vm-w3kr2-sp1x64.86, Netware_6.5.198 [.42], Linux.48, Netware65oes2.159, C1.155, A3.229, axDomino65sec.109, vm-W2008x64D.100, Wi2k-Cobsesx.99.

Email Cluster:
esx301-core2duo.axensis.ru:
VM list: ntdc.33, axDomino65sec.109, W3k-ee-x64-(Uran).224, B1.156, A1.227, vm-w3kr2-sp1x64.86, A2.228, Vista-x64, axDomino70.119, Wi2k-Cobsesx.99, C1.155, B2.157, A3.229, W2k_cam2.54, PixServer-esx.39, vm-W2008x64D.100, WinXPesx.87.

Total number of VMs: 48

Easily understand what resources your users consume.

Service	Resource	Price, $/unit	Total units consumed	Cost, $
PeopleSoft	CPU	.068	0.57 Ghz	0.04
	Memory	0.087	814.46 Mb	70.86
	Storage	.025	74.66 Gb	1.87
	Network	10.25	0.0 Kb/s	0
	Cooling Costs	2.5	01/22/2008 - 01/22/2008	1.16
	Your Cost Here	0	01/22/2008 - 01/22/2008	0
	License Fees	5	01/22/2008 - 01/22/2008	2.32
Email Cluster	CPU	.890	0.11 CPU	0.1
	Memory	.0073	271.31 Mb	1.98
	Storage	1	37.14 Gb	37.14
	Network	1.50	0.0 Kb/s	0
	Cooling Costs	3	01/22/2008 - 01/22/2008	1.39
	Software Licensing	10	01/22/2008 - 01/22/2008	4.64

Quickly show your users what resources they consume and how much it costs.

Create custom chargeback fields. For example, cooling costs, admin time and license fees.

* "Total units consumed" column shows the value of the sum average per day.

Total cost: $ 121.5

Σχήμα 65 – Φόρμα υπολογισμού κόστους ανά ιδεατό μηχάνημα (Μελέτη Περίπτωσης Α) [26]

6.1.5. Πλεονεκτήματα/Οφέλη

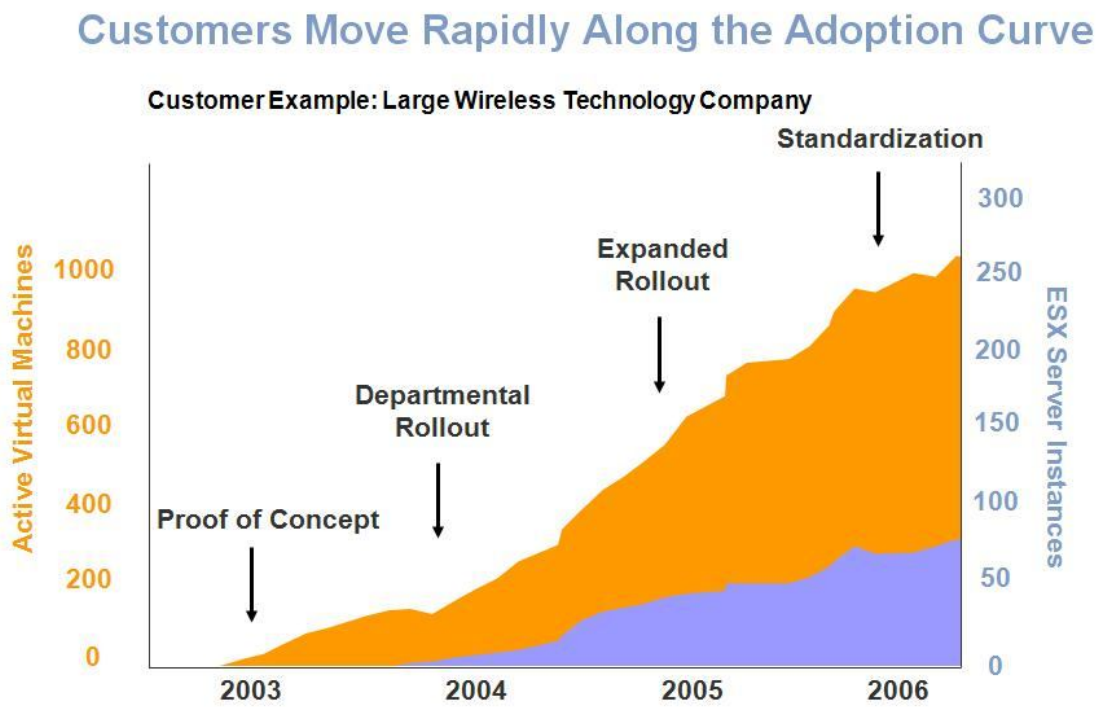
Τα κυριότερα οφέλη που αποκόμισε ο οργανισμός από τη χρήση του Virtualization στα πλαίσια της υλοποίησης του Disaster Recovery έργου συνοψίζονται ακολούθως:

- Μικρότερος χρόνος υλοποίησης του DR project.
- Μικρότερος βαθμός δυσκολίας και πολυπλοκότητας του DRP.
- Χαμηλότερο κόστος υλοποίησης του έργου DR.
- Χαμηλότερο κόστος συντήρησης του παραγωγικού και του εναλλακτικού Μηχανογραφικού Κέντρου.

- Απλούστερη διαδικασία συντήρησης του περιβάλλοντος (Primary και DR Site Change Management Procedure).
- Υψηλή διαθεσιμότητα για όλα τα παραγωγικά και εναλλακτικά ιδεατά συστήματα και τις υπηρεσίες τους.
- Ευκολότερη και λιγότερο χρονοβόρα διαδικασία περιοδικού ελέγχου καλής λειτουργίας του Πλάνου Ανάκαμψης.
- Μικρότερος απαιτούμενος χρόνος δημιουργίας αντιγράφων ασφαλείας των συστημάτων και των δεδομένων των υπηρεσιών τους. Μικρότερος χρόνος ανάκτησης των αντιγράφων ασφαλείας.

6.2. Περίπτωση Β – Τομέας Επικοινωνιών

Σε αυτή την υποενότητα παρουσιάζεται η περίπτωση ενός Τηλεπικοινωνιακού Οργανισμού που υιοθέτησε την τεχνολογία Virtualization.



Σχήμα 66 – Αφομοίωση τεχνολογίας Virtualization στο πέρασμα του χρόνου (Μελέτη Περίπτωσης Β) [1]

Η εμπειρία της Qualcomm παρουσιάζει τις τυπικές φάσεις υιοθέτησης της τεχνολογίας από τις εταιρείες (Σχ. 66). [1]

- Η Qualcomm ξεκίνησε ένα POC (Proof Of Concept) το πρώτο μισό του 2003. Το 2006, η Qualcomm είχε υλοποιήσει πολιτική βασισμένη στο VMware, δηλαδή είχε ορίσει ως standard τα x86 workloads. Το 2006, 60% του x86 περιβάλλοντος της Qualcomm ήταν virtualized (1900 από τους 1150 servers είχαν γίνει virtual). Ο αριθμός των φυσικών servers αυξήθηκε από 950 σε

1900 την περίοδο 2004 με 2006, και λόγω της πολύ πιο απλής διαδικασίας δημιουργίας νέων servers με το Virtualization, έχουν καταφέρει να διατηρήσουν τον ίδιο αριθμό server admits σήμερα. Δημιουργούν 68 νέα VMs ανά μήνα. Αυτό θα ήταν αδύνατον στον φυσικό κόσμο χωρίς δραματική αύξηση στο προσωπικό. Αυτό σημαίνει ότι ο αριθμός των φυσικών servers που ένας διαχειριστής συστημάτων (sys admin) μπορεί να διαχειριστεί έχει υπερδιπλασιαστεί. Αυτό μεταφράζεται σε σημαντική εξοικονόμηση σε λειτουργικά έξοδα για την εταιρία.

- Το Provisioning έχει φτάσει από 6-8 weeks σε κάτι ανάμεσα σε μία ώρα και 2 ημέρες ανάλογα το φορτίο εργασίας του group. Έχουν δημιουργήσει web based front ends και οι business users απλά ζητάνε έναν server μέσω του web. Το αίτημα δρομολογείται στον server του διαχειριστή ο οποίος καθορίζει που θα τοποθετηθεί το VM κτλ.

- Συνολικά, έχουν εξοικονομήσει 4,5 εκατομμύρια $ σε 3 χρόνια με χρήση VMware. Αυτός ο υπολογισμός δεν περιλαμβάνει το πρόσθετο κόστος για storage στον virtual κόσμο (όλα τα VMs είναι στο SAN τώρα), αλλά δεν περιλαμβάνει και την εξοικονόμηση ενέργειας, ψύξης κτλ.

7. Άλλες μορφές Virtualization

Το Server Virtualization αποτελεί μέρος μιας γενικότερης τάσης Virtualization στο IT των επιχειρήσεων η οποία συμπεριλαμβάνει το storage Virtualization, το network Virtualization, και το workload management. Αυτή η τάση είναι ένα στοιχείο στην ανάπτυξη του autonomic computing, στο οποίο ο περιβάλλον των servers θα είναι σε θέση να διαχειριστεί τον εαυτό του με βάση τις δραστηριότητες που αντιλαμβάνεται. Το Server Virtualization μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξαλείψει την εξάπλωση των servers (Server Sprawl), για να γίνεται πιο αποδοτική χρήση των πόρων των διακομιστών, για την βελτίωση της διαθεσιμότητας των εξυπηρετητών, για να βοηθήσει στο disaster recovery, στους ελέγχους και την ανάπτυξη, και για την κεντρικοποίηση της διαχείρισης των servers.

7.1. Storage Virtualization

Το Virtualization είναι η συνένωση του φυσικού αποθηκευτικού χώρου από πολλαπλές δικτυακές συσκευές χωρητικότητας σε κάτι που εμφανίζεται σαν μία συσκευή χωρητικότητας την οποία διαχειριζόμαστε από μία κεντρική κονσόλα. Το Storage Virtualization χρησιμοποιείται από κοινού σε ένα storage area network (SAN - δίκτυο αποθήκευσης δεδομένων). Η διαχείριση των συσκευών χωρητικότητας μπορεί να είναι κουραστική και χρονοβόρα διαδικασία. Το Storage Virtualization βοηθάει τον storage administrator να εκτελεί τις ενέργειες του backup, του archiving, και του recovery πιο εύκολα, και σε λιγότερο χρόνο, μεταμορφώνοντας την πραγματική πολυπλοκότητα του SAN.

Οι χρήστες μπορούν να υλοποιήσουν το Virtualization με εφαρμογές λογισμικού ή χρησιμοποιώντας hardware και software υβριδικές συσκευές (appliances). Η τεχνολογία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικά επίπεδα ενός storage area network.

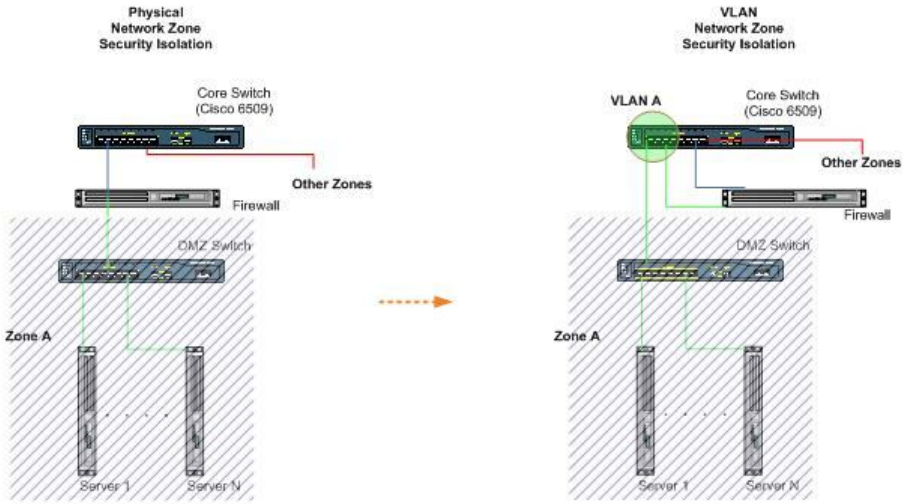
7.2. Network Virtualization

Network Virtualization είναι η μέθοδος συνδυασμού των διαθέσιμων πόρων σε ένα δίκτυο χωρίζοντας το διαθέσιμο bandwidth σε κανάλια (channels), κάθε ένα από τα οποία είναι ανεξάρτητο από τα άλλα, και κάθε ένα από τα οποία μπορεί να ανατεθεί (ή να επαναανατεθεί) σε έναν συγκεκριμένο server ή συσκευή σε πραγματικό χρόνο. Κάθε κανάλι ασφαλίζεται ανεξάρτητα. Κάθε συνδρομητής έχει κοινή πρόσβαση σε όλους τους πόρους στο δίκτυο από έναν υπολογιστή.

Η διαχείριση του δικτύου μπορεί να είναι μια κουραστική και χρονοβόρα εργασία για έναν διαχειριστή. Το Network Virtualization προορίζεται για να βελτιώσει την παραγωγικότητα, την αποδοτικότητα, και την ικανοποίηση από την εργασία του διαχειριστή επιτρέποντάς του να εκτελεί πολλές από αυτές τις εργασίες αυτόματα, κι έτσι να παραλλάσσει την πραγματική πολυπλοκότητα του δικτύου. Αρχεία, εικόνες, προγράμματα και φάκελοι δύναται να είναι κεντρικά διαχειρίσιμα, από ένα μόνο φυσικό site. Μέσα αποθήκευσης όπως σκληροί δίσκοι και οδηγοί ταινίας (tape drives) μπορούν εύκολα να προστεθούν ή να επαναανατεθούν. Αποθηκευτικός χώρος μπορεί να μοιραστεί ή να επανατεθεί ανάμεσα στους servers.

Το Network Virtualization προορίζεται για να βελτιστοποιήσει την ταχύτητα του δικτύου, την αξιοπιστία, την ευελιξία, την επεκτασιμότητα, και την ασφάλεια.

Το Σχ. 67 δείχνει την μετάβαση από την φυσική απομόνωση των διαφορετικών δικτύων στην λογική απομόνωση αυτών με χρήση του network Virtualization και συγκεκριμένα με χρήση των VLANs.



Σχήμα 67 – Αντιπαραβολή παραδοσιακής τοπολογίας δικτύου και τοπολογίας δικτύου με χρήση VLANs

7.3. Application Virtualization

Μία νέα μορφή Virtualization είναι το Application Virtualization. Το application Virtualization είναι η πρακτική της εκτέλεσης λογισμικού από έναν απομακρυσμένο εξυπηρετητή, και όχι από τον υπολογιστή του χρήστη. Δυναμικές βιβλιοθήκες προωθούν όλες τις κλήσεις της virtualized εφαρμογής στο file system του server. Όταν ένα λογισμικό εκτελείται από τον server με αυτό τον τρόπο, δεν γίνονται αλλαγές στο λειτουργικό σύστημα, το file system ή το registry του τοπικού υπολογιστή. Οι υπολογιστικοί πόροι δεσμεύονται με βάση τις ανάγκες.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα του Application Virtualization φαίνονται ακολούθως:

- Εξοικονόμηση σε hardware.
- Εξοικονόμηση σε άδειες για λογισμικό και λειτουργικά συστήματα.
- Δυνατότητα διαχείρισης υψηλού και μεταβαλλόμενου όγκου εργασίας.
- Δυνατότητα εκτέλεσης πολλαπλών εκδόσεων μίας εφαρμογής ταυτόχρονα στον ίδιο υπολογιστή.
- Ευκολία στην διαχείριση, την αναβάθμιση και την μετακίνηση των εφαρμογών.
- Βέλτιστη χρήση του διαθέσιμου hardware
- Βελτιωμένη αξιοπιστία των συστημάτων.

8. Τεχνοτροπίες Εναλλακτικές στο Virtualization

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει συνοπτικά εναλλακτικές τεχνολογίες του Virtualization.

Alternative	Shared Resource	Resource Users	Enabling Layer
Software as a Service	Application accessed as Web Services	Web clients paying per use	Multi-tenant architectures
Utility Computing (On Demand, Cloud)	Distributed data center software and hardware	Multiple clients renting resources	Distributed resource and workload managers
Computational Grids	Computers across locations or organizations	Multiple groups sharing computing resources	Grid middleware
Transaction Grids (Fabrics)	Hardware and software within an organization	Enterprise applications	Fabric middleware
Data Grids	Data sources across locations or organizations	Multiple groups creating a shared data capability	Data source resource broker
Storage Grids or Utilities	Storage hardware	Multiple applications and databases	Storage broker
Application Virtualization	Execution environment	Processes	Run-time support
Virtual Server	OS and CPU	Applications running in multiple partitions	Virtual server support
Virtual Machine Monitor	CPU	Multiple OS running on CPU	Hypervisor possibly with CPU support
Virtual Appliance	CPU	Bundled application, OS, database	Application virtualization Packaging and run-time

Πίνακας 21 – Σύνοψη εναλλακτικών τεχνολογιών του Virtualization [27]

Παράρτημα Α: Γλωσσάρι

B **BCP:** *Business Continuity Plan*. Το σχέδιο που ορίζει τη διαδικασία αποκατάστασης της ομαλής λειτουργίας του Μ/Κ και των συστημάτων του ύστερα από εμφάνιση καταστροφής.

BIA: *Business Impact Analysis*. Ανάλυση του αντίκτυπου που μπορεί να έχει στη λειτουργία ενός οργανισμού μία καταστροφή.

BPCP: *Business Process Contingency Plan*. Το σχέδιο που ορίζει τη διαδικασία αποκατάστασης της ομαλής λειτουργίας του Μ/Κ και των συστημάτων του ύστερα από εμφάνιση καταστροφής.

C **CapEx:** *Capital Expenditure*. Δαπάνες κεφαλαίου.

Crash consistency: Βαθμός συνέπειας ενός file system σε ό,τι αφορά την ακεραιότητα των δεδομένων που φιλοξενεί μετά από κατάρρευση του υπολογιστικού συστήματατος.

D **DAS:** *Direct Attached Storage*. Χωρητικότητα αποθήκευσης δεδομένων συνδεδεμένη τοπικά σε έναν υπολογιστή.

Datacenter: Μηχανογραφικό Κέντρο

Datastore: Χώρος αποθήκευσης δεδομένων.

DCE: *Distributed Computing Environment*. Περιβάλλον κατανεμημένης χρήσης υπολογιστών.

DR: *Disaster Recovery*. Η διαδικασία αποκατάστασης της ομαλής λειτουργίας ύστερα από εμφάνιση καταστροφής.

DRP: *Disaster Recovery Plan*. Το σχέδιο που ορίζει τη διαδικασία αποκατάστασης της ομαλής λειτουργίας του Μ/Κ και των συστημάτων του ύστερα από εμφάνιση καταστροφής.

E **EMC CLARiiON CX500:** Οπτικό σύστημα αποθήκευσης δεδομένων της εταιρείας EMC (Μεγάλος κατασκευαστής συστημάτων αποθήκευσης δεδομένων).

F **Failback:** Η επαναφορά των υπηρεσιών/λειτουργιών στο πρωτεύον σύστημα ή Μηχανογραφικό Κέντρο μετά την αποκατάσταση της βλάβης σε αυτό.

Failover: Η μετάπτωση των υπηρεσιών/λειτουργιών σε εναλλακτικό σύστημα ή Μηχανογραφικό Κέντρο μετά από εμφάνιση αστοχίας στο αρχικό σύστημα ή καταστροφής στο πρωτεύον Μ/Κ.

Fortune 100: Οι 100 πιο επικερδείς επιχειρήσεις του κόσμου.

H **Hard-coded System V IPC keys:** Μονολιθικά κλειδιά/πλήκτρα διαδιεργασιακής επικοινωνίας του λειτουργικού συστήματος System V (έκδοση του UNIX).

HBA: *Host Bus Adapter*. Κάρτα προσαρμογέας.

Hypervisor: Πρόγραμμα που επιτρέπει σε πολλαπλά λειτουργικά συστήματα, τα οποία μπορεί να είναι διαφορετικά ή ίδια, να μοιράζονται τον ίδιο επεξεργαστή.

I **ICT:** *Information & Communication Technology*. Τεχνολογία Πληροφορικής και Επικοινωνιών.

IBM: *International Business Machines Corporation.* Αμερικανική εταιρεία που κατέχει δεσπόζουσα θέση στη βιομηχανία των υπολογιστών.

Intel: Επιχείρηση των ΗΠΑ με ηγετική θέση στην κατασκευή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που διακρίνεται για το σημαντικό φάσμα των μικροεπεξεργαστών της.

IRR: *Internal Value of Return*. Εσωτερικός βαθμός απόδοσης. Μετρική που χρησιμοποιείται από τις επιχειρήσεις για να αποφασίσουν αν θα πρέπει να κάνουν μια επένδυση ή όχι.

iSCSI: SCSI πρωτόκολλο μεταφοράς δεδομένων που επιτρέπει την πρόσβαση σε συσκευές αποθήκευσης δεδομένων πάνω από TCP/IP δίκτυα.

L **Linux:** Λειτουργικό σύστημα που χαρακτηρίζεται για τη δυνατότητές του στην πολυδιεργασία.

Live Migration: *Αναφέρεται σε Ιδεατά Μηχανήματα.* Μεταφορά ενός Ιδεατού Μηχανήματος ενόσω είναι σε λειτουργία από ένα φυσικό μηχάνημα σε ένα άλλο, χωρίς καμία διακοπή στην λειτουργία της υπηρεσίας.

LUN: *Logical Unit.* Λογικός δίσκος.

M **Mainframe:** Μεγάλο κεντρικό σύστημα υπολογιστή.

Microsoft Virtual Server: Εμπορική εφαρμογή της εταιρείας Microsoft, που παρέχει Virtualization.

Mission-critical services: Υπηρεσίες κρίσιμες για τη βιωσιμότητα ενός οργανισμού.

Multitask: Παράλληλη εκτέλεση πολλαπλών διεργασιών.

M/K: Μηχανογραφικό Κέντρο

N **NAS:** *Network Attached Storage*. Χωρητικότητα αποθήκευσης δεδομένων, προσβάσιμη μέσω δικτύου.

NIC: *Network Interface Card*. Κάρτα πρόσβασης σε δίκτυο δεδομένων.

NPV: *Net Present Value*. Καθαρά Παρούσα Αξία. Μέθοδος που χρησιμοποιείται για την οικονομική αξιολόγηση μακροχρόνιων έργων.

O **OpEx:** *Operation Expenditure*. Λειτουργικές δαπάνες.

P **Partitioning:** Διαμερισμός ενός υπολογιστικού συστήματος σε μικρότερα ιδεατά αυτοτελή υποσυστήματα.

POC: *Proof of Concept*. Διαδικασία κατά την οποία αποδεικνύεται η καλή λειτουργία ενός προϊόντος.

PowerPC: Ένα τσιπ μικροεπεξεργαστή RISC που σχεδιάστηκε το 1991 από κοινοπραξία των IBM, Apple και Motorola. Ο επεξεργαστής έχει αρχιτεκτονική 64 bit. Το τσιπ περιλαμβάνεται στα συστήματα Power Mac της Apple, καθώς και στα συστήματα της IBM που χρησιμοποιούν το λειτουργικό σύστημα AIX.

P2V: *Physical to Virtual*. Διαδικασία μετατροπή ενός φυσικού συστήματος σε ιδεατό σύστημα χωρίς επανεγκατάσταση του λειτουργικού συστήματος και των εφαρμογών από την αρχή.

R **Red Hat:** Κατασκευαστής λειτουργικού συστήματος Linux.

ROI: *Return On Investment*. Κέρδος χρημάτων από επένδυση.

RPO: *Recovery Point Objective*. Η ηλικία των αρχείων που πρέπει να ανακτηθούν από χωρητικότητα αποθήκευσης αντιγράφων ασφαλείας (backup storage) ώστε να συνεχιστεί η ομαλή λειτουργία εάν ένας υπολογιστής,

σύστημα, ή δίκτυο καταρρεύσει σαν αποτέλεσμα αστοχίας σε υλικό εξοπλισμό, πρόγραμμα, ή επικοινωνίες.

RTO: *Recovery Time Objective*. Ο μέγιστος ανεκτός χρόνος που ένας υπολογιστής, σύστημα, δίκτυο, ή εφαρμογή μπορεί να βρίσκεται εκτός λειτουργίας μετά από μια αστοχία ή από μια καταστροφή.

S **SAN:** *Storage Area Network*. Οπτικό δίκτυο συστημάτων αποθήκευσης δεδομένων.

SAN Fabric: Οπτικό υποδίκτυο συστημάτων αποθήκευσης δεδομένων. Αποτελεί τμήμα ενός SAN.

Server Consolidation: Συγχώνευση και συστέγαση πολλαπλών ιδεατών εξυπηρετητών σε έναν φυσικό εξυπηρετητή.

Service downtime: Διακοπή στη λειτουργία μιας υπηρεσίας.

Server Sprawl: Εκτεταμένη διασπορά εξυπηρετητών.

Solaris: Λειτουργικό σύστημα της SUN Microsystems που χαρακτηρίζεται για τις δυνατότητές του στην πολυδιεργασία.

Solaris Zones: Τεχνολογία Virtualization της SUN Microsystems. Εφαρμόζεται από συστήματα με λειτουργικό σύστημα Solaris.

Sun Microsystems: Αμερικανική εταιρεία κατασκευαστής σταθμών εργασίας υψηλών επιδόσεων.

S/390: Mainframe σύστημα της IBM.

T **TCO:** *Total Cost of Ownership*. Συνολικό Κόστος Κτήσης.

U **UML:** *User Mode Linux*. Η πρώτη τεχνολογία virtualization για Linux.

UNIX: Λειτουργικό σύστημα που αναπτύχθηκε στα Bell Laboratories το 1971 που διακρίνεται από συνεπή προσέγγιση στην πολυδιεργασία.

V **VDI:** *Virtual Desktop Infrastructure*. Υποδομή Ιδεατών Σταθμών Εργασίας.

Virtual Appliance: Ιδεατή Συσκευή. Προκατασκευασμένο Ιδεατό Μηχάνημα που λειτουργεί ως εξυπηρετητής και παρέχει συγκεκριμένη υπηρεσία.

Virtual Infrastructure: Ιδεατή υποδομή υπολογιστών.

Virtual Machine – VM: Ιδεατό Μηχάνημα. Συλλογή πόρων που εξομοιώνει τη συμπεριφορά ενός πραγματικού μηχανήματος.

Virtuozzo: Προϊόν που παρέχει Virtualization σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος που αναπτύχθηκε από την εταιρεία Parallels, Inc.

VLAN: *Virtual Local Area Network*. Ιδεατό Τοπικό Δίκτυο Υπολογιστών.

VM/ESA: *Virtual Machine/Enterprise System Architecture*. Λειτουργικό σύστημα της IBM για συστήματα mainframe, που παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας ιδεατών συστημάτων.

VMFS - VMware File System: Σύστημα αρχείων της VMware.

VMI: *Virtual Machine Interface*. Διεπαφή paravirtualization που αποτελεί μηχανισμό επικοινωνίας ανάμεσα στο φιλοξενούμενο λειτουργικό σύστημα και τον hypervisor.

VMM: *Virtual Machine Monitor*. Πρόγραμμα που επιτρέπει σε πολλαπλά λειτουργικά συστήματα, τα οποία μπορεί να είναι διαφορετικά ή ίδια, να μοιράζονται τον ίδιο επεξεργαστή.

VMware: Κατασκευαστής λογισμικού Virtualization.

VMware DPM - Dynamic Power Management: Προϊόν της εταιρείας VMware που συνεισφέρει στην εξοικονόμηση ενέργειας σε περιβάλλοντα Virtualization.

VMware DRS - Dynamic Resource Scheduler: Προϊόν της εταιρείας VMware που συνεισφέρει στη δυναμική κατανομή του φορτίου που δημιουργούν τα ιδεατά μηχανήματα, κατά μήκος συστοιχίας από φυσικά μηχανήματα που εξυπηρετούν τα ιδεατά με χρήση λογισμικού Virtualization.

VMware ESX Server: Προϊόν της εταιρείας VMware που παρέχει Virtualization.

VMware Storage VMotion - Virtual Motion: Προϊόν της εταιρείας VMware που επιτρέπει την μεταφορά των αρχείων που συνιστούν ένα ιδεατό μηχάνημα από τμήμα ενός αποθηκευτικού συστήματος σε ένα άλλο χωρίς διακοπή της λειτουργίας του ιδεατού μηχανήματος και με τρόπο διάφανο προς τον χρήστη της υπηρεσίας του ιδεατού εξυπηρετητή. Συνεισφέρει στην ανακατανομή του φορτίου μέσα σε ένα αποθηκευτικό σύστημα δεδομένων χωρίς διακοπή των υπηρεσιών των εξυπηρετητών που φιλοξενούνται στο αποθηκευτικό σύστημα.

VMware Virtual Center: Εμπορική εφαρμογή της εταιρείας VMware, που παρέχει κεντρική διαχείριση της ιδεατής υποδομής σε ένα μηχανογραφικό κέντρο.

VMware VMotion - Virtual Motion: Προϊόν της εταιρείας VMware που επιτρέπει την δυναμική μεταφορά των ιδεατών συστημάτων από ένα φυσικό σύστημα σε ένα άλλο χωρίς διακοπή της λειτουργίας του ιδεατού μηχανήματος και με τρόπο διάφανο προς τον χρήστη της υπηρεσίας του ιδεατού εξυπηρετητή.

VMware HA - High Availability: Προϊόν της εταιρείας VMware που παρέχει υψηλή διαθεσιμότητα στα ιδεατά μηχανήματα που φιλοξενούνται από μια συστοιχία φυσικών συστημάτων, επανεκκινώντας τα ιδεατά μηχανήματα ενός φυσικού συστήματος που εμφάνισε αστοχία, σε ένα άλλο φυσικό σύστημα της συστοιχίας.

W **WAN:** *Wide Area Network.*Υπολογιστικό Δίκτυο Ευρείας Ζώνης.

X **Xen:** Virtual Machine Monitor για αρχιτεκτονική επεξεργαστών IA-32, x86, x86-64, IA-64 και PowerPC 970. Επιτρέπει σε διάφορα φιλοξενούμενα λειτουργικά συστήματα να εκτελούνται παράλληλα στον ίδιο Η/Υ.

XenSource: Virtual Machine Monitor για αρχιτεκτονική επεξεργαστών IA-32, x86, x86-64, IA-64 και PowerPC 970. Επιτρέπει σε διάφορα φιλοξενούμενα λειτουργικά συστήματα να εκτελούνται παράλληλα στον ίδιο Η/Υ.

x86: Το σύνολο οδηγιών (instruction set) της πιο εμπορικά επιτυχημένης αρχιτεκτονικής ΚΜΕ στην ιστορία των προσωπικών υπολογιστών. Χρησιμοποιείται σε επεξεργαστές των εταιρειών Intel, AMD, VIA, και άλλων. Το όνομα προέρχεται από τους αριθμούς μοντέλου των πρώτων γενεών επεξεργαστών, συμβατών με τον 16-bit επεξεργαστή 8086 της Intel, οι περισσότεροι από τους οποίους κατέληγαν σε 86. [28]

Παράρτημα Β: Βιβλιογραφία και Πηγές

[1] http://www.vmware.com – VMware Infrastructure Presentations

[2] http://www.vmware.com

[3] http://www.vmware.com – VMware Training Material: «VI-3 I&C 3.5»

[4] VMware, Inc. «Introduction to VMware Infrastructure»

[5] http://searchdatacenter.techtarget.com/sDefinition/0,,sid80_gci1070280,00.html

[6] http://searchsecurity.techtarget.com/sDefinition/0,,sid14_gci752089,00.html

[7] http://searchstorage.techtarget.com/sDefinition/0,,sid5_gci801381,00.html

[8] http://www.symantec.com – VERITAS NetBackup Presentations

[9] «Worldwide Server Power and Cooling Expense 2006-2010 Forecast» Σεπτέμβριος 2006, IDC #203598

[10] IDC, «Enterprise Class Virtualization 2.0 Application Mobility, Recovery, and Management», Doc # DR 2007_5MEW, Φεβρουάριος 2007

[11] http://www.vmware.com – VMware VDI Presentation

[12] VMware, Inc. «VMware Infrastructure 3 TCO Methodology”, 3 Νοεμβρίου 2006

[13] VMware, Inc. «VMware TCO/ROI Methodology»

[14] Sawyer, Richard, «Calculating Total Power Requirements for Data Centers», American Power Conversion, 2004

[15] Fichera, Richard, «Power And Cooling Heat Up The Data Center», Forrester Research, Inc. 8 Μαρτίου 2006

[16] Energy Information Administration, «Average Retail Price of Electricity to Ultimate Customers by End-Use Sector, by State.» http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/epm/table5_6_b.html

[17] Rasmussen, Neil, «Calculating Total Cooling Requirements for Data Centers», American Power Conversion, 2003

[18] McFarlane, Robert, «Let's Add an Air Conditioner», SearchDataCenter news article, Δημοσίευση 30 Νοεμβρίου 2005.
http://searchdatacenter.techtarget.com/columnItem/0,294698,sid80_gci1148906,00.html

[19] Dunlap, Kevin, and Rasmussen, Neil, «The Advantages of Row and Rack-Oriented Cooling Architectures for Data Centers», American Power Conversion, TCO

[20] Patel, Chandrakant D., Shah, Amip J., «Cost Model for Planning, Development, and Operation of a Data Center», Internet Systems and Storage Laboratory, HP Laboratories, Palo Alto, 9 Ιουνίου 2005

[21] http://www.cdw.com

[22] Anthes, Gary, «Data Centers Get a Makeover», Computerworld news article, Δημοσίευση 1 Νοεμβρίου 2005.
http://www.computerworld.com/databasetopics/data/datacenter/story/0,10801,97021,00.html?SKC=home97021

[23] Hughes, Ron, «The data center of the future – Part 1 – Current trends», The Data Center Journal news article, Δημοσίευση 17 Μαΐου 2005.
http://www.datacenterjournal.com/News/Article.asp?article_id=315

[24] http://www.continuitycentral.com/news02575.htm

[25] VMware, Inc. «CustomerCaseStudies - OpExSavings.xls»

[26] http://www.vkernel.com/resources/SampleReports/chargeback/

[27] «Distributed Virtualization for Net-Centric Operations Draft», Bob Marcus
http://colab.cim3.net/file/work/SICoP/Virtualization/2007-12-06/BMarcus12062007.pdf

[28] http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page