



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

" Εικονικά Περιβάλλοντα Βασισμένα σε Διαμοιρασμένους
Υπολογιστικούς Πόρους.
Virtualization Technology in IT Infrastructures & Datacenters "

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΗ : Αθανάσιος Πολύζος

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Γεώργιος Ασημακόπουλος, Λέκτορας

ΠΑΤΡΑ 2021

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή

Πάτρα, Ημερομηνία

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Ταμπακάς Βασίλειος
2. Κούτρας Αθανάσιος
3. Ασημακόπουλος Γεώργιος

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τη συγκεκριμένη εργασία.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή **Αθανάσιος Πολύζος** που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Λέκτορα, καθηγητή Γεώργιο Ασημακόπουλο για την πολύτιμη υποστήριξη και καθοδήγηση που προσέφερε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο μηχανικό του Data Center, του οργανισμού που διετέλεσα την πρακτική μου άσκηση, Σπυρίδων Τσενεμπή που με κατεύθυνε στην αιχμή των τεχνολογικών συστημάτων που αφορούν μεγάλες πληροφοριακές υποδομές.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 (ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ)	8
1.1 Επισκόπηση.....	8
1.2 Υποδομές Data Center.....	9
1.2.1 Κατηγορίες Data Center.....	11
1.2.2 Χαρακτηριστικά σχεδιασμού των Data Centers.....	12
1.2.3 Τοπολογία Συστημάτων σε Data Center.....	16
1.2.4 Δομημένη Δικτύωση σε Data Center.....	18
1.2.5 Οι ενεργειακές απαιτήσεις των Data Center.....	22
1.2.6 Διαχείριση Υποδομής Data Center.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 (ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ)	28
2.1 Αρχιτεκτονική Υπολογιστών.....	28
2.2 Χαρακτηριστικά των Πολυεπεξεργαστών.....	28
2.3 Κατηγορίες και Αρχιτεκτονικές Παραλληλισμού.....	32
2.4 Ο ρόλος του Λειτουργικού Συστήματος στους Πολυεπεξεργαστές.....	33
2.4.1 Η σταθερότητα του συστήματος.....	33
2.4.2 Αξιοποίηση των πυρήνων επεξεργασίας.....	36
2.4.2.1 Συμβάντα δημιουργίας διαδικασιών.....	36
2.4.2.2 Συμβάντα τερματισμού διαδικασιών.....	37
2.4.2.3 Νηματοποίηση διαδικασιών.....	38
2.4.3 Παραλληλισμός και χρονομερίδια.....	39
2.4.4 Αλγόριθμοι χρονοδρομολόγησης.....	40
2.5 Σύνοψη.....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 (ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΙΚΤΥΩΝ)	44
3.1 Τι είναι ένα δίκτυο.....	44
3.1.2 Μετάδοση των δεδομένων.....	44
3.1.3 Είδη και πρότυπα δικτύων.....	45
3.1.4 Πρωτόκολλα δικτύων.....	45
3.1.5 Συσκευές μεταφοράς και ανάπτυξης του δικτύου.....	47
3.1.6 Εικονικά τοπικά δίκτυα VLAN.....	50
3.1.6.2 Διευθυνσιοδότηση σε VLAN.....	51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο (ΕΙΚΟΝΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ)	54
4.1 Εισαγωγή στο Virtualization (Εικονικοποίηση)	54
4.2 Μοντέλα Εικονικοποίησης (Virtualization Models)	55
4.2.1 Hypervisor	57
4.3 Εικονικές Μηχανές (Virtual Machines)	59
4.4 Αρχιτεκτονική ενός Data Center (Virtual Machines).....	59
4.5 Διαχείριση εικονικοποιημένης υποδομής	61
4.6 Δυναμική διαχείριση εικονικών μηχανών (VM Management).....	62
4.6.1 Κύκλος διαχείρισης εικονικών μηχανών (VM Lifecycle Management)	65
4.7 Εικονικά δίκτυα σε περιβάλλον Hypervisor.....	67
4.8 Αποθηκευτικά μέσα σε Hypervisor	68
4.9 Μέθοδοι εξασφάλισης απρόσκοπτης λειτουργίας δεδομένων και υπηρεσιών σε δυναμικό Data Center.	73
4.9.1 Λειτουργία High Availability (HA).....	74
4.9.2 Λειτουργία και υποδομή Disaster Recovery (DR)	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο (ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ)	79
5.1 Συμπεράσματα	79
5.2 Βιβλιογραφία	81

Περίληψη

Παρατηρώντας τις αλλαγές που έχουν επέλθει τις τελευταίες δεκαετίες διακρίνουμε ότι οι παγκόσμιες κοινωνίες γίνονται ολοένα και περισσότερο εξαρτώμενες από τον τομέα των ψηφιακών τεχνολογιών βαδίζοντας γοργά και σταθερά πλέον στα μονοπάτια της ψηφιακής εποχής. Στο σύγχρονο κόσμο η πληροφορία και τα αποτελέσματα της τρέχουν με ασύλληπτους ρυθμούς. Πλέον οι κυβερνήσεις έχουν περάσει στην ηλεκτρονική διακυβέρνηση και οι επιχειρήσεις στην ψηφιακή λειτουργία και διοίκηση. Όλα τα δεδομένα που συγκεντρώνουν και επεξεργάζονται, αποτελώντας πλέον το πυρήνα για την ανάπτυξη και την σταδιοδρομία τους συντελώντας στην διεύρυνση της ψηφιακής κοινωνίας, έχουν ως αντίκτυπο την δημιουργία μεγαλύτερων υποδομών, μεγαλύτερη απαίτηση σε ενεργειακούς πόρους, επεξεργαστική ισχύ, γρηγορότερα δίκτυα, την ασφάλεια στην μεταφορά των δεδομένων και αξιοπιστία στην αδιάκοπη παροχή των υπηρεσιών.

Στη παρούσα εργασία θα μελετηθούν οι απαιτήσεις που προκύπτουν στην ανάπτυξη ενός τέτοιου μοντέλου συστήματος και θα διερευνηθούν η κτηριακή υποδομή, τα συστήματα δικτύου, επεξεργαστικών πόρων και αποθήκευσης σε συνδυασμό με τεχνολογίες εικονικοποίησης.

Επιπλέον, θα αναφερθούμε στα συστήματα διαχείρισης και επίβλεψης που παρέχονται σε μια εικονικοποιημένη υποδομή καθώς και στα εργαλεία αντιμετώπισης και διαχείρισης απρόσμενων συμβάντων ή γεγονότων, που μπορούν να προκαλέσουν αστάθεια στη λειτουργική ροή και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να αποφέρουν ακόμη και απώλεια πόρων ή δεδομένων.

Abstract

In the last decade computational technology is almost critical for living, society and businesses. The access of information and the value of process has become a necessity to everyday life while more and more applications are created to serve the new lifestyle.

Thereafter, demands have upraised for more energy, computational power, higher connection speeds, integrity in data exchange and stability in working flaws. These demands have driven the growth of data center infrastructures for comprising a shared performance and centralized management.

In this thesis will investigate the structure related to data centers and emphasize to network and processing plans by adding the virtualization and paravirtualization technology.

We will study processing overhead methods that utilize the idle cpu performance in multiprocessor systems by contribute to resource need in virtualization technology. The role of operating systems in these methods and layering types in virtualization technology.

Will then discuss how virtualization can be used to improve the performance and efficiency of data centers by dynamic resource allocation with central administering.

Finally, will discuss how centralized provision and administration, with monitoring and recovery tools, can rely in preventing facility problems that may occur data loss and service unavailability.

Κεφάλαιο 1 (Πληροφοριακό Σύστημα)

1.1 Επισκόπηση

Η δημιουργία και λειτουργία του πληροφοριακού συστήματος ενός οργανισμού διακρίνεται από πολλαπλές ενότητες, εκ ορισμένων να τείνουν να μεταβάλλονται, κατά την λειτουργία και εξέλιξη του οργανισμού.

Η θεμελιώδης αρχιτεκτονική του συστήματος αποτελείται κατά κανόνα από δυο σχεδιαστικές προσεγγίσεις.

A) Τη λειτουργική ανάλυση «λογική» του αντικειμένου των εργασιών και την ανάθεση αυτών στους υπαλλήλους, βάση του οργανογράμματος του οργανισμού, ενσωματώνοντας τις ρουτίνες και συνήθειες των υπαλλήλων σχετικά με τον τρόπο διεκπεραίωσης των εργασιών που τους έχουν ανατεθεί.

B) Τη τεχνική ανάλυση «μετρική» των απαιτήσεων για την διεκπεραίωση των εργασιών και τις διεργασίες όπου αποτελούνται. Όλα τα στάδια των εργασιών, συλλογή πληροφοριών, υπολογισμός και εξαγωγή αποτελεσμάτων, προκύπτουν από ενδιάμεσες διεργασίες όπου καθοδηγούνται και ελέγχονται από την πλατφόρμα που αναπτύχθηκε για τους σκοπούς του οργανισμού. Οι μετρικές αναλύσεις αφορούν την ισχύ, τη χωρητικότητα αποθήκευσης και ταχύτητα που πρέπει να υποστηρίξει ένα πληροφοριακό σύστημα καθώς και τον ρυθμό διαμεταγωγής των δεδομένων. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων είναι πολύ χρήσιμα στο προσδιορισμό των ελάχιστων απαιτήσεων που πρέπει να πληροί η υποδομή καθώς και την πρόβλεψη στην ανταπόκριση μελλοντικών απαιτήσεων για την ομαλή λειτουργία των εφαρμογών και των διασυνδεδεμένων χρηστών που θα υλοποιούν την διεκπεραίωση των εργασιών.

Επομένως για να υλοποιηθεί ένα πληροφοριακό σύστημα πρέπει να προσδιοριστούν και να αναλυθούν οι συνιστάμενες του, με το διαχωρισμό τους σε επίπεδα, και να δημιουργηθούν μοντέλα σχετικά με τα στάδια της παραγωγής του οργανισμού.

Η μοντελοποίηση των σταδίων παραγωγής ωφελεί στο διαμοιρασμό των εφαρμογών ανά επεξεργαστική μονάδα σε σχέση με τους πόρους όπου απαιτούν συμβάλλοντας στην ομαλότητα και ισορροπία του συνολικού συστήματος σχετικά με τον φόρτο των εργασιών που λαμβάνουν εκτέλεση. Βασικό πλεονέκτημα στην οργάνωση και σχεδίαση, μέσω της μοντελοποίησης ενός υπολογιστικού συστήματος, είναι η ευκολία στην υλοποίηση του

μετασχηματισμού και αναβάθμισης της υποδομής σε σχέση με τις απαιτήσεις των εφαρμογών που πρόκειται να εγκατασταθούν και την αποφυγή διενέξεων απαίτησης πόρων από εφαρμογές που φιλοξενούνται σε κοινό υπολογιστικό σύστημα.

Ο διαμοιρασμός των πόρων μεταξύ των εφαρμογών που είναι εγκατεστημένες σε ένα κοινό υπολογιστικό σύστημα διεκπεραιώνεται και διαχειρίζεται μέσω του λειτουργικού συστήματος της μονάδας επεξεργασίας. Υπάρχουν περιπτώσεις μια υπολογιστική δομή να αποτελείται από πολλαπλές μονάδες με διαφορετικά λειτουργικά συστήματα τα οποία θα εκτελούν εφαρμογές με αποκλειστική χρήση σε κάποια έργα. Η χρήση πολλαπλών μονάδων σε μια δομή απαιτεί όμως την ύπαρξη κατάλληλης χωροταξικής, δικτυακής και ηλεκτρολογικής υποδομής ανάλογης των απαιτήσεων του είδους και του αριθμού του εξοπλισμού που θα εγκατασταθεί σε αυτή. Η απαίτηση αυτή όμως μπορεί να περιορίσει την αναβάθμιση της υποδομής αν δεν έχει ληφθεί η κατάλληλη πρόβλεψη κατά το σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής για την μελλοντική ανάπτυξη του πληροφοριακού συστήματος, σε συνδυασμό με την μοντελοποίηση των σταδίων παραγωγής, με αποτέλεσμα την απώλεια πόρων για την ανάπτυξη επιπλέον εφαρμογών. Σε επόμενα κεφάλαια θα αναλυθούν οι τεχνολογίες που εφαρμόζονται ως λύση στο χωροταξικό περιορισμό που προκύπτει από την χρήση πολλαπλών μονάδων επεξεργασίας καλύπτοντας τις ανάγκες σε πόρους.

1.2 Υποδομές Data Center

Κατά τη λειτουργική μετάβαση ενός οργανισμού ή επιχείρησης στα ψηφιακά πληροφοριακά συστήματα ενδείκνυται ή απαιτείται η ύπαρξη αποκλειστικού χώρου για την στέγαση και λειτουργία των πληροφοριακών συστημάτων. Οι απαιτήσεις εξαρτώνται από την αρχιτεκτονική των πληροφοριακών συστημάτων που επιλέχθηκε για την συγκεκριμένη επιχείρηση καθώς και το μέγεθος του έμψυχου δυναμικού και πληροφοριακού υλικού αυτής. Η διαφοροποίηση στις επιχειρήσεις κυμαίνεται ανάλογα του όγκου των δεδομένων που διαχειρίζονται και τους πόρους που απαιτούνται για την επεξεργασία και ολοκλήρωση των αποτελεσμάτων. Βασισμένοι στις διαφορετικές απαιτήσεις ισχύος των πληροφοριακών συστημάτων οι κατασκευαστές έχουν διαβαθμίσει τα μοντέλα που παράγουν σε κατηγορίες Home, Business και Enterprise ανάλογα με τις περιπτώσεις χρήσης. Τα κύρια χαρακτηριστικά που διαχωρίζουν τις κατηγορίες είναι ο αριθμός CPUs που μπορούν να υποστηρίξουν, το μέγεθος της μνήμης που μπορούν να διαχειριστούν, ο τύπος των διεπαφών για την διασύνδεση με δίκτυα επικοινωνίας, τα πρωτόκολλα διασύνδεσης με τις αποθηκευτικές

μονάδες και τα εφεδρικά συστήματα τροφοδοσίας που παρέχουν.

Οι επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν Business και Enterprise κατηγορίας συστήματα εγκαθιστούν τον εξοπλισμό τους σε ειδικά μελετημένο και διαμορφωμένο χωροταξικά περιβάλλον το οποίο πληροί συγκεκριμένες προδιαγραφές βασισμένες σε πιστοποιημένα κατασκευαστικά πρότυπα. Οι κανόνες αυτοί θέτονται ως προϋπόθεση, από τους κατασκευαστές και μηχανικούς της εγκατάστασης λόγω των ειδικών συνθηκών που απαιτούνται για την σωστή και εύρυθμη λειτουργία του εξοπλισμού. Η χωροταξική μελέτη βασίζεται κατά κύριο λόγο στους εξής παράγοντες :

- i. Την απαίτηση των επιχειρησιακών αναγκών σε επεξεργαστικές μονάδες που απαιτούνται για την υλοποίηση ή την εκτέλεση των διεργασιών που θα εφαρμοσθούν. Ο στόχος της απαιτήσεως των μονάδων προκύπτει έπειτα από μελέτη και μετρήσεις της απόδοσης των εφαρμογών αυτών.
- ii. Το ενεργειακό κόστος κατανάλωσης που πρέπει να καλυφθεί για τις απαιτήσεις του συνόλου της υποδομής τόσο σε περιπτώσεις αδιάλειπτης παροχής ενέργειας όσο και σε περιπτώσεις εφεδρικής ενέργειας όταν απαιτηθεί.
- iii. Τις μεθόδους σταθερών κλιματικών συνθηκών της συνολικής υποδομής μέσω των συστημάτων ψύξης που θα εφαρμοστούν.
- iv. Το περιβαλλοντικό αντίκτυπο της υποδομής στο περιβάλλον και η μελέτη για την χρήση ενεργειακών πηγών «πράσινης ενέργειας».
- v. Την πρόβλεψη για μελλοντική ανακατανομή ή επέκταση των συστημάτων ανάλογα με τις απαιτήσεις της επιχείρησης σε πόρους για την ομαλή διεξαγωγή νέων διεργασιών.
- vi. Την δομημένη καλωδίωση της υποδομής για την ασφάλεια και παρακολούθηση των χώρων της εγκατάστασης από εξωτερικούς κινδύνους.
- vii. Την διασύνδεση των κεντρικών συστημάτων με τα υποσυστήματα και το διαδίκτυο για την διακίνηση των δεδομένων και το κεντρικό έλεγχο – παρακολούθηση των εξυπηρετητών.

1.2.1 Κατηγορίες Data Center

Μια υποδομή Data Center διακρίνεται σε 2 βασικές κατηγορίες ανάλογα με τους σκοπούς που είναι δομημένη να εξυπηρετεί.

Η μία κατηγορία αφορά τη λειτουργία μιας επιχείρησης (Corporate Data Center) για εταιρικούς σκοπούς με ιδιωτικούς κανόνες και διαχείριση της υποδομής χωρίς τη μεσολάβηση τρίτων. Η υποδομή έχει αποκλειστικά εγκατεστημένο εξοπλισμό συστημάτων επεξεργασίας, αποθήκευσης και δικτυακής δομής με δικαιοδοσία μόνο από εξουσιοδοτημένα άτομα και πελάτες ενώ η διαχείριση της παρέχεται από το αντίστοιχο τμήμα διαχείρισης όπου αποτελείται από εργαζόμενους της επιχείρησης.

Η δεύτερη κατηγορία υποδομής αναφέρεται στη προσβασιμότητα του Internet (Internet Data Center) όπου αφορά τηλεπικοινωνιακούς πάροχους και άλλες εταιρίες επικοινωνίας όπου παρέχουν μεμονωμένες υπηρεσίες σε πελάτες όπου απαιτούν πρόσβαση ή φιλοξενία σε συστήματα επεξεργασίας, αποθήκευσης, δικτυακής δομής και επικοινωνίας, αναλαμβάνοντας τη μερική διαχείριση του εξοπλισμού, χωρίς να υπάρχει η ανάγκη αγοράς εξοπλισμού από τους πελάτες – χρήστες.

Ο διαχωρισμός των κατηγοριών της υποδομής αναφέρεται κυρίως στο στόχο των τελικών αποδεκτών του έργου χρησιμοποιώντας κάποια κοινά χαρακτηριστικά που απαιτούνται για την λειτουργία και στις 2 κατηγορίες των data center. Τα βασικά χαρακτηριστικά που απαιτούνται περιλαμβάνουν :

- Διασύνδεση μέσω δικτύων ευρείας επικοινωνίας (WAN) και το Internet
- Φιλοξενία των εφαρμογών (Application Hosting)
- Διαμοιρασμός περιεχομένου (Content Distribution)
- Αποθήκευση και αρχειοθέτηση αρχείων (File storage & Backup)
- Διαχείριση βάσης δεδομένων
- Εφεδρική παροχή ενέργειας
- Ελεγχόμενες συνθήκες θερμότητας, ψύξης και αερισμού των εγκαταστάσεων
- Δομημένη καλωδίωση υψηλών προδιαγραφών
- Ασφάλεια και ελεγχόμενη πρόσβαση στους χώρους των εγκαταστάσεων

1.2.2 Χαρακτηριστικά σχεδιασμού των Data Centers

Ο σχεδιασμός των Data Centers μπορεί να διαφέρει στα χαρακτηριστικά του ανάλογα με τις απαιτήσεις και το μέγεθος τους. Λαμβάνοντας υπόψιν την αρχική μελέτη και την κατηγορία υλοποίησης του απαιτείται διαφορετικός σχεδιασμός της ηλεκτρολογικής, μηχανικής και επικοινωνιακής υποδομής.

Η λειτουργία ενός Data Center είναι συνεχής για 365 ημέρες το χρόνο με σχεδόν μηδενική ανοχή σε σφάλματα και απώλειες των συστημάτων που είναι εγκατεστημένα σε αυτό με αποτέλεσμα να ορίζονται αυστηρές προδιαγραφές στο σχεδιασμό βασικών και βοηθητικών συστημάτων λειτουργίας. Για την αστηροποίηση (uptime institute) των προδιαγραφών σχετικά με την αξιοπιστία σε σφάλματα και την ελαστικότητα στο χρόνο ανάληψης εργασιών μετά από απώλεια των συστημάτων αναφέρεται ο διαχωρισμός των Data Center σε επίπεδα Tier όπου διαβαθμίζονται τα ποσοστά συνεχούς λειτουργίας της υποδομής για την κρισιμότητα των έργων που θα εκτελούνται. Η διαβάθμιση ενός Data Center εξαρτάται από τον σχεδιασμό και τα πλάνα που ορίζονται για το redundancy σε σχέση με το κόστος κατασκευής του.

Η λειτουργία του Data Center καταλαμβάνει μεγάλη κατανάλωση ισχύος για την λειτουργία των κύριων και εφεδρικών συστημάτων και υποσυστημάτων που το απαρτίζουν. Ο διαμοιρασμός και η εξισορρόπηση της κατανάλωσης συνήθως απαιτεί την ύπαρξη περισσότερων της μίας γραμμής μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, από διαφορετικές πηγές για επάρκεια.

Για την αντιμετώπιση σφαλμάτων ενέργειας απαιτούνται μονάδες εφεδρείας όπως γεννήτριες παροχής ρεύματος και μονάδες αποθήκευσης με συσσωρευτές (UPS) ενώ για την μεγιστοποίηση της αξιοπιστίας σε σφάλματα οι κατασκευαστές των συστημάτων που είναι εγκατεστημένα σε Data Center επιλέγουν την τοποθέτηση επιπλέον δύο ή τριών τροφοδοτικών μονάδων {εικ. 6} στα συστήματα τους για την αντιμετώπιση τέτοιων θεμάτων.

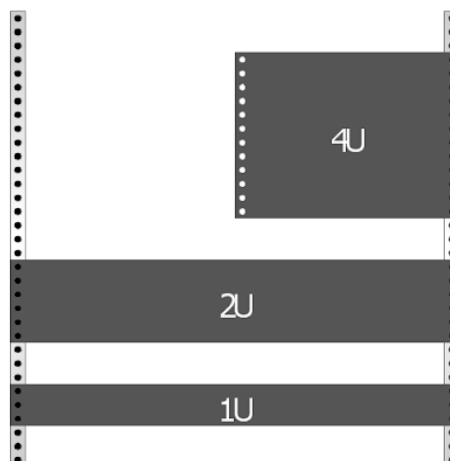


Εικ. 6
Πολλαπλά τροφοδοτικά σε server

Η τοποθέτηση των συστημάτων επεξεργασίας, αποθήκευσης και επικοινωνίας που αποτελούν την υποδομή του Data Center εφαρμόζεται σε κατάλληλα ελεγχόμενους μονωμένους χώρους {εικ. 7} μέσα σε μεταλλικές καμπίνες (racks). Τα μεταλλικά racks, με το μέγεθος τους να διακρίνεται σε μονάδες “U” Unit {εικ. 8}, φιλοξενούν όλα τα συστήματα που αφορούν την λειτουργία του Data Center και περιστοιχίζονται από την κατάλληλη δομημένη καλωδίωση καθώς και διόδους εξαερισμού και κλιματισμού για την ομαλή λειτουργία τους. Οι χώροι αυτοί περιέχουν αισθητήρες για τον έλεγχο της θερμοκρασίας, καπνού, υγρασίας, κατανάλωσης ενέργειας και διαχείρισης του φορτίου των μονάδων αποθήκευσης ενέργειας με συσσωρευτές.



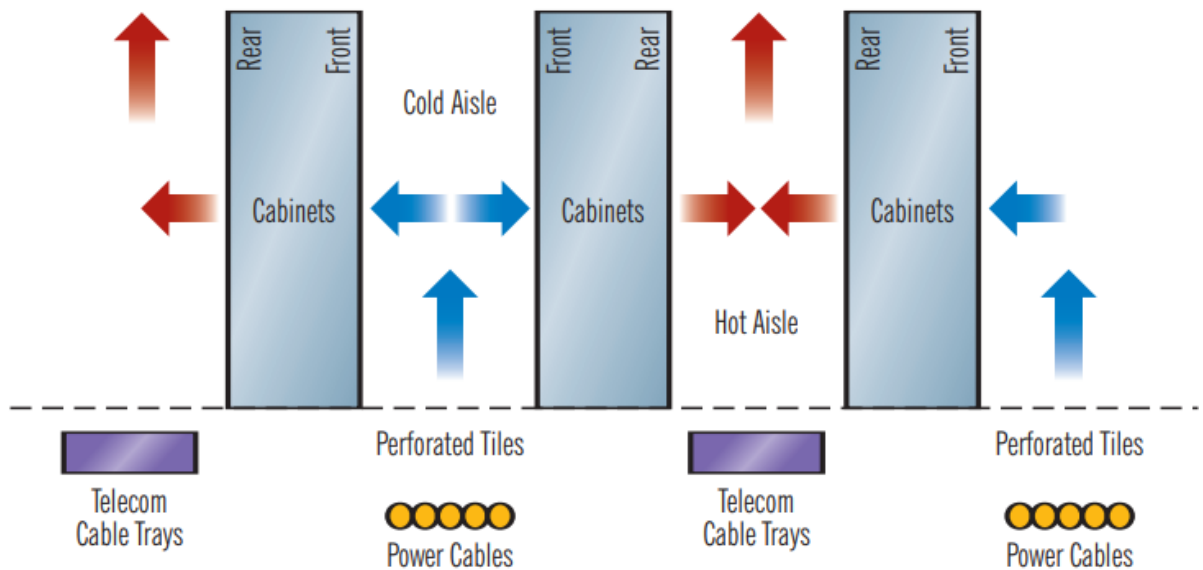
Εικ. 7
Μεταλλικές καμπίνες Rack διαφόρων μεγεθών



Εικ. 8
Μονάδα μέτρησης “U” Rack Units σε καμπίνες.

Η μεταβολή της θερμοκρασίας αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα στην επίβλεψη της υποδομής επειδή η θερμοκρασία μειώνει τη ποιότητα ζωής των συστημάτων και επιβραδύνει την επεξεργαστική τους ισχύ επιβαρύνοντας το σύνολο των εργασιών που εκτελούνται σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα υποσυστήματα. Για να αποφευχθεί αυτό, σύμφωνα με το ANSI/TIA/EIA-942 standard, από το πάτωμα των μονωμένων θαλάμων που βρίσκονται τα συστήματα διαχέεται κρύος αέρας ο οποίος διαπερνά τις μεταλλικές καμπίνες από την μπροστινή τους πλευρά επιτυγχάνοντας την ψύξη στα συστήματα και εξέρχεται από την πίσω

πλευρά θερμός ώστε να προβεί στην ανακύκλωση του σε ψυχρό αέρα (εικ. 9). Για την αποφυγή εμποδίων στην ανακύκλωση του αέρα, την ευκολότερη πρόσβαση των τεχνικών στις καμπίνες των συστημάτων και την ταχύτερη ανάπτυξη και προσθήκη εξοπλισμού στις καμπίνες η ηλεκτρολογική και επικοινωνιακή καλωδιακή υποδομή διαμοιράζεται στους θαλάμους από διόδους που δρομολογούνται με κανάλια καλωδίωσης επάνω από τις καμπίνες και κάτω από το πάτωμα της εγκατάστασης του Data Center.



Εικ. 9
Ροή ψύξης θαλάμων
του Data Center

Επομένως κατά τη διάρκεια κατασκευής μιας υποδομής Data Center για την καλύτερη επίτευξη οικονομίας και χρήσης των περιβαλλοντικών και ενεργειακών πόρων είναι απαραίτητο να υιοθετούνται οι παρακάτω προδιαγραφές :

Κύκλωμα υψηλής τάσης DC

- 20 – 40% καλύτερη απόδοση σε σχέση με μετατροπή A/C
- Χαμηλότερη κατανάλωση ορυκτών πόρων

Σχεδιασμός καλωδίωσης και τύπος υλικών

- Αποδοτικότερη μεταφορά εξαερισμού
- Καλύτερη επίδοση ψύξης

Σχεδιασμός εξοπλισμού

- Επιτυγχάνει καλύτερη διαχείριση θερμότητας και ψύξης.

Πλάνο Ανάπτυξης

- Μειώνει τυχόν απόβλητα στο χώρο της υποδομής
- Βελτιώνει την απόδοση της υποδομής

Επίβλεψη και διαχείριση

- Βελτιώνει την αποδοτικότητα της λειτουργίας της υποδομής
- Πλήρως αξιοποίηση του εξοπλισμού, ανθεκτικότητα των υπηρεσιών που προσφέρονται, ασφάλεια της υποδομής

Εναλλακτικές πηγές ενέργειας

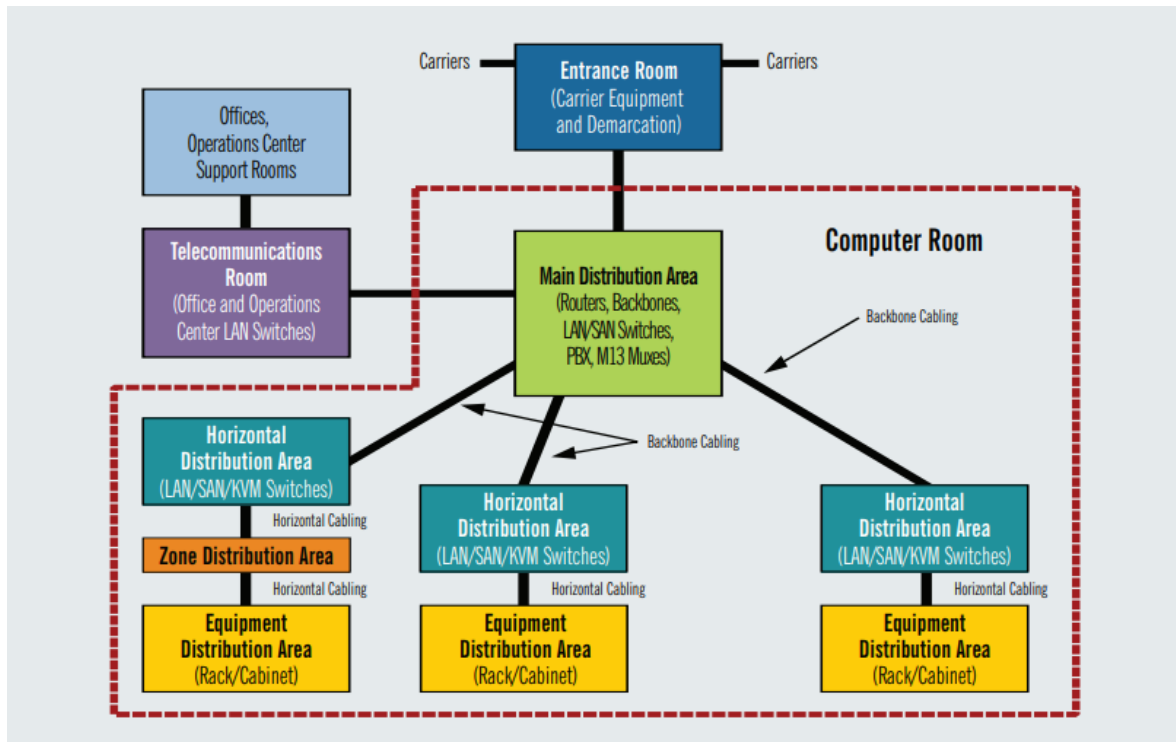
- Φωτοβολταϊκά
- Αιολική
- Κυψέλες καυσίμου (υδρογόνο)

1.2.3 Τοπολογία Συστημάτων σε Data Center

Στην υποδομή του Data Center η εγκατάσταση του πληροφοριακού εξοπλισμού και των βοηθητικών υποσυστημάτων προϋποθέτει την ύπαρξη σχεδιασμού τοπολογίας και τμηματοποίησης των μερών που το αποτελούν. Η τοπολογία συμβάλει στην ευκολότερη ανάπτυξη, μεταβολή και συντήρηση των συστημάτων καθώς και στο κεντρικοποιημένο έλεγχο αυτών. Η χωροταξική τοπολογία αφορά την τοποθέτηση, όλων των συστημάτων που αποτελούν ένα Data Center, σε αίθουσες κατάλληλα διαμορφωμένες με βάση τα κριτήρια που απαιτούνται για την λειτουργία της υποδομής. Ο σχεδιασμός της περιλαμβάνει την κατανομή της δομημένης καλωδίωσης και των συστημάτων αποσκοπώντας στην ευκολότερη πρόσβαση και διασύνδεση τους. Η κεντρική αρτηρία διασυνδέσεων μεταξύ των συστημάτων του πληροφοριακού εξοπλισμού είναι συγκεντρωμένη και κατανομημένη σε επίπεδα Layers σε

ξεχωριστό τμήμα του Data Center για την ευκολότερη πρόσβαση και οργάνωση των διασυνδέσεων. Η τοπολογία των διασυνδέσεων {εικ.10} σύμφωνα με το πρότυπο ANSI/TIA/EIA-942 διακρίνει το διαχωρισμό του Data Center σε 5 βασικούς τομείς.

- i. Χώρος Εισαγωγής : Στη τοποθεσία αυτή εφαρμόζονται οι διεπαφές και η καλωδιακή υποδομή που προέρχονται από τον περιβάλλοντα χώρο του Data Center και μεταφέρουν τα αφιχθέντα εισερχόμενα σήματα στην των εγκατάσταση της υποδομής του Data Center.
- ii. Περιοχή Διαμοιρασμού : Η περιοχή αυτή είναι το κομβικό σημείο διαμοιρασμού της δομημένης καλωδίωσης προς τα υπόλοιπα πληροφοριακά συστήματα. Εκεί εγκαθίστανται οι κύριοι δρομολογητές και μεταγωγείς για τα εσωτερικά δίκτυα LAN τα δίκτυα ευρείας περιοχής WAN, τα δίκτυα των αποθηκευτικών μονάδων SAN καθώς και των τηλεφωνικών διασυνδέσεων.
- iii. Περιοχή Οριζόντιας Διανομής : Η περιοχή αυτή διασυνδέει την κύρια περιοχή διαμοιρασμού με την περιοχή όπου είναι εγκατεστημένες οι υπολογιστικές μονάδες επεξεργασίας ως ένα ενδιάμεσο επίπεδο σύνδεσης μεταξύ των χώρων ή των ορόφων που μεσολαβούν. Σε μικρές υποδομές Data Center δεν χρειάζεται η ύπαρξη αυτού του χώρου καθώς η περιοχή εξοπλισμού είναι διασυνδεδεμένη κατευθείαν με την περιοχή διαμοιρασμού.
- iv. Περιοχή εξοπλισμού : Εκεί περιέχεται ο υπολογιστικός εξοπλισμός του Data Center που είναι τοποθετημένος σε καμπίνες και rack.
- v. Περιοχή Διανομής Ζωνών : Η περιοχή βρίσκεται ενδιάμεσα από τις περιοχές οριζόντιας διανομής και εξοπλισμού και βοηθάει στην ευκολότερη πρόσβαση για την διαμόρφωση των διασυνδέσεων μεταξύ των 2 περιοχών.



Εικ. 10
Τοπολογία διασυνδέσεων σε Data Center

1.2.4 Δομημένη Δικτύωση σε Data Center

Η επιλογή του κατάλληλου τύπου καλωδίων που χρησιμοποιείται για τη συνδεσμολογία των συστημάτων μπορεί να επηρεάσει πολλές παραμέτρους κατά το σχεδιασμό του Data Center. Στο σχεδιασμό πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν και να τηρούνται οι προϋποθέσεις που θέτουν οι κατασκευαστές του εξοπλισμού με τη πρόβλεψη για μελλοντική αναβάθμιση και απαιτήσεων του σε επόμενες γενιές και χωρητικότητες δικτύων. Συνεπώς η συνεχόμενη εξέλιξη της τεχνολογίας και οι απαιτήσεις που δημιουργούνται με τη μεταφορά του ολοένα αυξανόμενου όγκου δεδομένων δημιουργούν μια διαρκή ανάγκη για αναβάθμιση των Data Center.

Οι τεχνολογίες που υπάρχουν για τη διασύνδεση συσκευών σε τοπολογία δικτύου διαχωρίζονται σε ενσύρματες και ασύρματες. Τα Data Center χρησιμοποιούν ενσύρματη τεχνολογία η οποία αποτελείται από καλώδια χαλκού (copper cable) και οπτικών ινών (optic fiber) ανάλογα με τις εφαρμογές που απαιτούνται. Για κοστολογικούς λόγους μια υποδομή συνήθως χρησιμοποιεί ένα μείγμα καλωδίωσης copper – fiber εξισορροπώντας έτσι τις παρούσες ανάγκες ταχύτητας και χωρητικότητας μετάδοσης των δεδομένων με μελλοντικές ανάγκες και εφαρμογών υψηλότερων απαιτήσεων. Η επιλογή της καταλληλότερης

τεχνολογίας που θα χρησιμοποιηθεί αποτελείται από φυσικούς και τεχνικούς παράγοντες. Τα κριτήρια που αφορούν την φυσική υπόσταση της υποδομής περιλαμβάνουν:

- Τις εφαρμογές που θα εξυπηρετεί το δίκτυο
- Το σύνολο των χρηστών και τις απαιτούμενες ανάγκες των πληροφοριών που θα διακινούνται μέσα στο Data Center από το κάθε χρήστη ξεχωριστά σε σχέση με το εσωτερικό δίκτυο LAN
- Τη διάρκεια ζωής του δικτύου σε σχέση με την παρούσα τεχνολογία
- Τη συχνότητα που θα επιτελούνται αλλαγές ή προσθήκες στην υπάρχουσα δομημένη δικτυακή υποδομή.
- Τη δυνητική επέκταση του δικτύου μετά το τέλος της τεχνολογικής ζωής του
- Τη φυσική κατάσταση της υποδομής Data Center
- Περιορισμό στην πρόσβαση που οφείλεται είτε σε φυσική παρουσία είτε σε χρονικό περιορισμό

Αντίστοιχα, η επιλογή μεταξύ της αποκλειστικής χρήσης καλωδίων copper / fiber ή συνδυασμού τους εξαρτάται επιπλέον και από τεχνικά κριτήρια που περιλαμβάνουν :

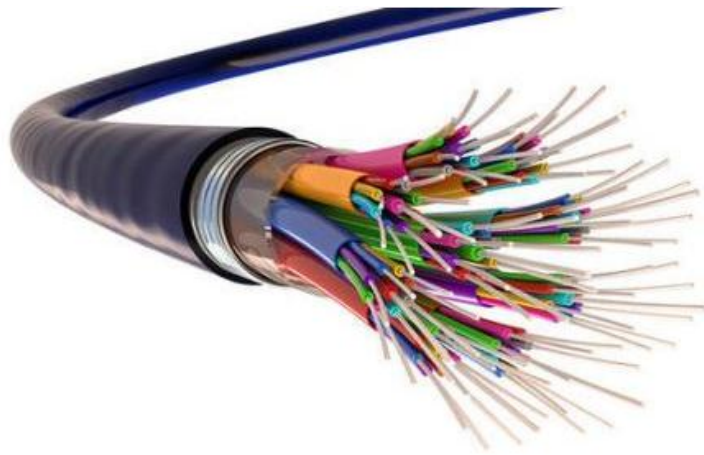
- Το εύρος (Bandwidth) και το ρυθμό μετάδοσης του δικτύου για κάθε τμήμα του Data Center
- Την αξιοπιστία στη θωράκιση του σε θόρυβο και παρεμβολές από ηλεκτρομαγνητικά κυκλώματα και πεδία
- Τη διατομή που καταλαμβάνουν σε σχέση με την εξοικονόμηση του χώρου που πρόκειται να εγκατασταθούν και την ανάγκη της διασύνδεσης
- Την ευελιξία και ταχύτητα που χρειάζεται σε περίπτωση αναδιαμόρφωσης τους στο χώρο της υποδομής
- Το interface διασύνδεσης που παρέχουν οι συσκευές σύμφωνα με τον κατασκευαστή
- Το πρότυπο (Standard) που θέλω να χρησιμοποιήσω για την διασύνδεση
- Το κόστος του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί σε σχέση με το τύπο της

διασύνδεσης και του προτύπου

Η διασύνδεση για τη μεταφορά δεδομένων της υποδομής του Data Center ανάλογα το τύπο του καλωδίου ενέχει προτερήματα και ελαττώματα ανάλογα με τις απαιτήσεις που θέτονται κατά το σχεδιασμό του. Παρακάτω αναλύονται συνοπτικά οι βασικές διαφορές μεταξύ των τύπων Copper / Fiber καλωδίων.

Τα προτερήματα επιλογής του τύπου Fiber Cable *{εικ.11}* έναντι του τύπου Copper Cable *{εικ.12}* για χρήση διασύνδεσης δεδομένων περιλαμβάνουν :

- Μεγαλύτερο εύρος ζώνης και μηδαμινές ιδιότητες πρόκλησης λαθών κατά την μεταφορά των δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των διασυνδεδεμένων συσκευών.
- Το κόστος υλοποίησης για τη χρήση τους είναι σχεδόν ισότιμο με το κόστος που απαιτείται για την υλοποίηση της διασύνδεσης με καλώδιο χαλκού ενισχυμένης απόδοσης τύπου Cat 6A/ISO Class EA και Cat 7/ISO Class F *{πίνακας 1}*.
- Ευκολότερη εγκατάσταση και διαχείριση στην υποδομή.
- Ευκολότερη διαδικασία ελέγχου και αντιμετώπισης προβλημάτων.
- Μεγαλύτερη θωράκιση από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.
- Μικρότερο μέγεθος και βάρος με αποτέλεσμα να καταλαμβάνει λιγότερο χώρο στην υποδομή, έως 60% σε σχέση με το copper, με αποτέλεσμα να υπάρχει διαθεσιμότητα για μελλοντική αναβάθμιση.
- Πολύ υψηλό ρυθμό μεταφοράς δεδομένων έως 10Gbit Ethernet και 100Gbit Fibre Channel με περιορισμό στο μήκος απόστασης.



Εικ. 11
καλώδιο οπτικών ινών (Fiber Cable)

Όπως είναι εμφανές η χρήση του τύπου καλωδίων Fiber έχει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι του τύπου καλωδίων Copper. Παράλληλα με την συνεχή εξέλιξη των οπτικών ινών συνεχίζουν να εξελίσσονται και τα χάλκινα καλώδια για τρεις σημαντικούς λόγους :

- a. Το χαμηλό κόστος απόκτησης τους σε σχέση με την απόκτηση οπτικών ινών.
- b. Την δυνατότητα να έχει υψηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων 10Gbit σε μικρού μήκους αποστάσεις σε τοπικά δίκτυα LAN για την διασύνδεση σταθμών εργασίας σε αρχιτεκτονική αστέρα.
- c. Την ευελιξία να χρησιμοποιείται ένα μέσο μετάδοσης για τη μεταφορά πολλαπλών υπηρεσιών μέσω του πρωτοκόλλου Ethernet.



Εικ. 12
Καλώδιο Copper
(twisted pair)

Παρόλα αυτά σε πολλές περιπτώσεις η χρήση των χάλκινων καλωδίων εξακολουθεί να χρησιμοποιείται σε κτιριακές υποδομές όπου δεν υπάρχει η ανάγκη για κεντρική αρχιτεκτονική δικτύου αλλά για διασύνδεση μεταξύ σταθμών εργασίας η οποία έχει εφαρμογή και σε Data Center.

Performance Rating	Frequency	Max Data Rate	Max Distance
Cat 6A - Class E _A	500 MHz	10 Gb/s	100 m
Cat 7 - Class F (not recognized by TIA)	600 MHz	10 Gb/s	100 m

Πίνακας 1
ιδιότητες καλωδίων Copper
Cat 6E_A / Cat 7F

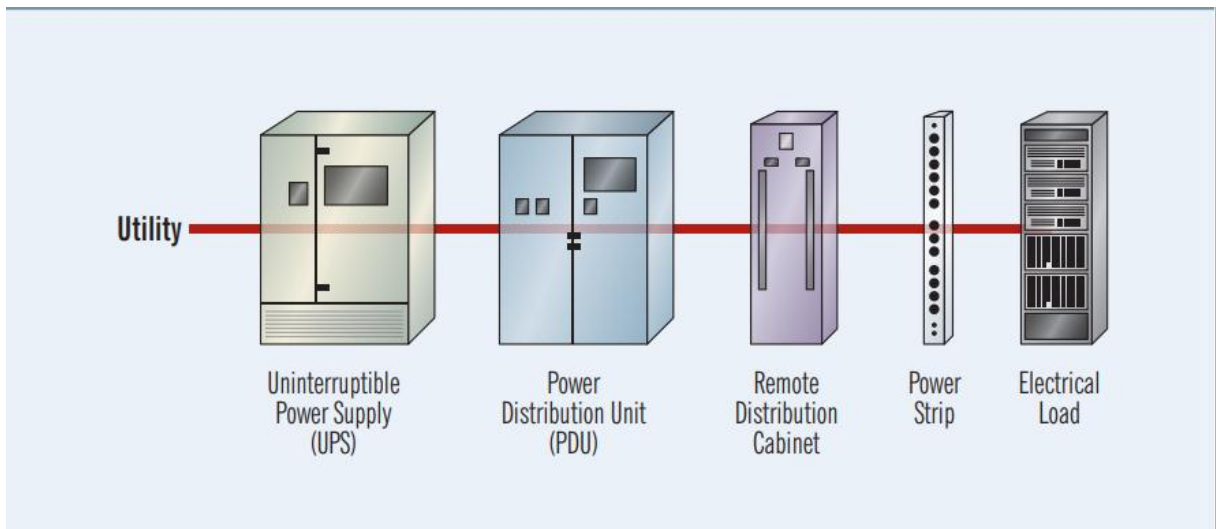
1.2.5 Οι ενεργειακές απαιτήσεις των Data Center

Ο σχεδιασμός της ενεργειακής αρχιτεκτονικής είναι από τις αρχικές μελέτες που πρέπει να γίνουν κατά την δημιουργία μιας υποδομής Data Center σε σχέση με τη διασύνδεση, την επιλογή των ενεργειακών δικτύων και τους κανόνες ασφαλείας για την προστασία του εξοπλισμού και του τεχνικού προσωπικού.

Οι σχεδιαστικοί κανόνες για την χωρητικότητα σε ισχύ του ενεργειακού δικτύου σε υποδομές Data Center στο παρελθόν αναφέρονταν σε “Watts per m²” το οποίο αφορούσε αποκλειστικά το συνολικό μέγεθος σε ισχύ που μπορούσε να καλυφθεί σε σχέση με το σύνολο της επιφάνειας που διέθετε και θα φιλοξενούσε τον εξοπλισμό. Με τον τρόπο αυτό δεν ορίζονταν το πλήθος των καμπινών (racks) και των συστημάτων που μπορούσαν να φιλοξενηθούν.

Με την τωρινή αυξανόμενη ζήτηση πλέον σε υποδομές Data Center, σε συνδυασμό με την συνεχόμενη εξέλιξη της τεχνολογίας, η χωρητικότητα σε ισχύ μετράτε σε “Watts per cabinet”. Η μετάβαση σε αυτό το τρόπο μέτρησης προσδιορίζει την μέση και μέγιστη ισχύ που απαιτείται για κάθε καμπίνα (Rack) που φιλοξενείται στο Data Center επιτυγχάνοντας έτσι τη πρόβλεψη για την επιπλέον ισχύ που απαιτείται από τις μονάδες κλιματισμού, φωτισμού, εξαερισμού, επίβλεψης.

Η μεταφορά της ενέργειας από το ενεργειακό δίκτυο στο εσωτερικό της υποδομής {εικ.13} επιτυγχάνεται με την χρήση ειδικού εξοπλισμού που αποσκοπεί στην ομαλή μεταφορά και διανομή της στα πληροφοριακά συστήματα. Συστήματα μετασχηματιστών, ομαλοποίησης τάσης, διανομείς, γεννήτριες εφεδρικής ενέργειας, πίνακες ελέγχου, μπαταρίες ups είναι μόνο μερικά από τα στοιχεία που χρειάζονται για την αποτελεσματική λειτουργία την υποδομής σε συνδυασμό με πιστοποιημένα υλικά κατασκευής.



Εικ. 13
Μεταφορά ενέργειας στην εσωτερική υποδομή του Data Center

Ο προσδιορισμός των ενεργειακών απαιτήσεων που ορίζουν την αξιοπιστία μιας υποδομής Data Center, ως προς την επάρκεια και ασφάλεια της ενεργειακής παροχής και λειτουργίας των πληροφοριακών συστημάτων που φιλοξενεί, ταξινομείται σε επίπεδα “Tier Levels” με βάση την καθοδήγηση του προτύπου Annex G.5 of ANSI/TIA/EIA-942.

Τα Tier Levels {εικ.14} είναι προκαθορισμένα από τον οργανισμό *uptime institute* και κατανέμονται σύμφωνα με τις ελάχιστες προδιαγραφές ορισμένων χαρακτηριστικών που καλείται να πληροί μια υποδομή Data Center σχετικά με :

- i. Τον αριθμό πηγών – γραμμών διασύνδεσης ενέργειας από τον πάροχο
- ii. Τον αριθμό των υποσυστημάτων εφεδρικής ενέργειας που κατέχει
- iii. Την αναλογία της ισχύς που αποδίδει ο χώρος / m^2 (αν χρησιμοποιείται το μοτίβο watts per m^2)

iv. Αρχική διαθέσιμη ισχύς / m²

v. Πλεονάζουσα ισχύς / m² (σε περίπτωση ζήτησης από τα συστήματα)

Η διαφοροποίηση μεταξύ των Tier Levels διακρίνεται σύμφωνα με τις ανάγκες επιλογής των πελατών σχετικά με τις δυνατότητες που παρέχουν οι εταιρίες Data Center για την μικρότερη απώλεια υπηρεσιών (DownTime) στη φιλοξενία και λειτουργία των πληροφοριακών συστημάτων τους.

Οι διαφορές μεταξύ των επιπέδων αναλύονται ως :

Tier – I (N*)

Λειτουργία της υποδομής με μοναδική γραμμή μεταφοράς ενέργειας από τον πάροχο και ένα σύστημα διανομής κλιματισμού στο χώρο. Η υποδομή είναι ευπαθής σε οποιαδήποτε προγραμματισμένη ή μη διακοπή της λειτουργίας της και εξαρτάται από τη χρήση μίας εγκατεστημένης μονάδας εφεδρικής λειτουργίας. Για την εκτέλεση της ετήσιας συντήρησης ή επιπλέον εργασιών της μονάδας απαιτείται η ολοκληρωτική διακοπή των υπηρεσιών. Η διαθεσιμότητα ετήσιας λειτουργίας της υποδομής ανέρχεται στο 99.67% με Downtime 28.8 ώρες και επιλέγεται κυρίως από επιχειρήσεις οι οποίες δεν έχουν άμεσα οικονομική επίπτωση εάν διακοπεί η λειτουργία της υποδομής και των πληροφοριακών συστημάτων.

Tier – II (N+1)

Λειτουργία της υποδομής με N+1 συστήματα μεταφοράς ενέργειας από το πάροχο και υποσυστήματα κλιματισμού και εφεδρικής παροχής ενέργειας. Ο εσωτερικός διαμοιρασμός της ενέργειας μέσα στην υποδομή αποτελείται από μία γραμμή μεταφοράς. Για την εκτέλεση της ετήσιας συντήρησης ή επιπλέον εργασιών της μονάδας απαιτείται η ολοκληρωτική διακοπή των υπηρεσιών της υποδομής. Ο χρόνος διαθεσιμότητας λειτουργίας της υποδομής είναι 99.75% με Downtime 22.0 ώρες και επιλέγεται κυρίως από εκπαιδευτικούς οργανισμούς ή ινστιτούτα ερευνητικά επειδή δεν υπάρχει ουσιαστικό αντίκτυπο στη λειτουργία των έργων τους εάν διακοπεί η λειτουργία της υποδομής και των πληροφοριακών συστημάτων.

Tier – III (N+1)

Λειτουργία της υποδομής με N+1 συστήματα μεταφοράς ενέργειας από το πάροχο υποσυστήματα κλιματισμού και εφεδρικής παροχής ενέργειας. Ο διαμοιρασμός της ενέργειας στην εσωτερική υποδομή αποτελείται από 2 γραμμές μεταφοράς, μία κύρια και μία

εναλλακτική, για την μικρότερη επίπτωση στη διακοπή υπηρεσιών κατά τη μη προγραμματισμένη λειτουργία της υποδομής. Ο χρόνος διαθεσιμότητας λειτουργίας της υποδομής είναι 99.80% με Downtime 1.6 ώρες ετησίως και επιλέγεται από επιχειρήσεις που παρέχουν υπηρεσίες σε πελάτες 24x7 π.χ service centers, helpdesks αλλά η διακοπή των υπηρεσιών τους είναι διαχειρίσιμη και δεν έχει επιπτώσεις όταν γίνεται προγραμματισμένα.

Tier – IV (Minimum N+1)

Η λειτουργία της υποδομής έχει τουλάχιστον N+1 συστήματα μεταφοράς ενέργειας από το πάροχο υποσυστήματα κλιματισμού και εφεδρικής παροχής ενέργειας. Ο διαμοιρασμός της ενέργειας στην εσωτερική υποδομή αποτελείται από 2 γραμμές μεταφοράς όπου είναι ταυτόχρονα ενεργές για την λειτουργία των πληροφοριακών συστημάτων. Ο χρόνος διαθεσιμότητας λειτουργίας της υποδομής είναι 99.99% με Downtime 0.8 ώρες ετησίως. Tier IV υποδομή χρησιμοποιούν επιχειρήσεις με παγκόσμια παρουσία και υπηρεσίες 24x7x365 με υψηλό ανταγωνιστικό status όπως τραπεζικούς οργανισμούς, χρηματιστήρια και απαιτείται η χρήση υπηρεσιών και δεδομένων πραγματικού χρόνου.

	Tier I: Basic	Tier II: Redundant Components	Tier III: Concurrently Maintainable	Tier IV: Fault Tolerant
Number of Delivery Paths	Only 1	Only 1	1 Active, 1 Passive	2 Active
Redundant Components	N	N + 1	N + 1	2 (N + 1)
Support Space to Raised Floor Ratio	20%	30%	80-90%	100%
Initial Watts/ft	20-30	40-50	40-60	50-80
Ultimate Watts/ft	20-30	40-50	100-150	150+

Εικ. 14
Πίνακας προδιαγραφών Tier Levels

1.2.6 Διαχείριση Υποδομής Data Center

Μια υποδομή Data Center οποιουδήποτε μεγέθους λειτουργεί αδιαλείπτως 365 ημέρες το χρόνο προσφέροντας τις υπηρεσίες της για την απρόσκοπτη λειτουργία των πληροφοριακών συστημάτων σε επιχειρήσεις και οργανισμούς. Για την αδιάλειπτη λειτουργία της υποδομής

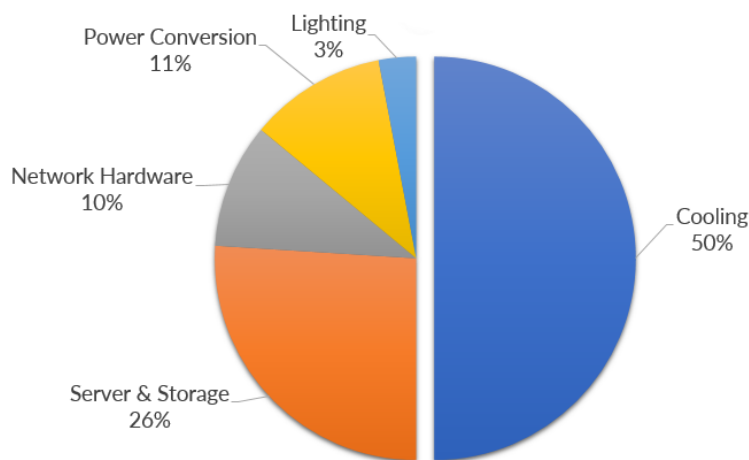
απαιτείται η συνεχής επιτήρηση και έλεγχος όλων των τμημάτων που αποτελούν το Data Center αποσκοπώντας στην επίλυση και αποφυγή περιστατικών δυσλειτουργίας ή ακόμη και ολικής καταστροφής. Η διαχείριση της υποδομής περιλαμβάνει πολλές διαφορετικές παραμέτρους και μπορεί να είναι μια δύσκολη διαδικασία, αλλά είναι σημαντικό να κατανοήσουμε ότι ο χρόνος, το χρήμα και η ενεργεία που δαπανήθηκαν για την δημιουργία της είναι όλα μέρος της επενδυτικής της αξίας, επομένως τέτοια συμβάντα έχουν ως αντίκτυπο αρνητικές συνέπειες στην συνολική επένδυση της υποδομής.

Η υλοποίηση μιας υποδομής Data Center συνθέτεται από διαφορετικά λειτουργικά τμήματα και μονάδες {εικ.15} τα οποία περιλαμβάνουν τα δικά τους εργαλεία επιτήρησης και ελέγχου των δραστηριοτήτων τους. Τα συστήματα διαχείρισης των λειτουργικών τμημάτων του Data Center διακρίνονται σε :

- i. Διαχείριση της κτηριακής υποδομής “Building Management System” (BMS). Το σύστημα BMS χρησιμοποιείται για τον έλεγχο και παρακολούθηση του μηχανικού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού της κτηριακής υποδομής σχετικά με τον εξαερισμό, το φωτισμό, τα συστήματα πυρκαγιάς και ασφάλειας μέσω αισθητήρων και καμερών.
- ii. Διαχείριση των υπηρεσιών IT “IT Service Management” (ITMS). Η δημιουργία, διαχείριση και οργάνωση των υπηρεσιών που προσφέρει μια υποδομή Data Center καθώς και η διαδικασία επίλυσης προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι πελάτες της επιτυγχάνεται με το σύστημα ITMS.
- iii. Διαχείριση συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας “Electrical Power Management System” (EPMS). Η τροφοδότηση και χωρητικότητα της ενέργειας που χρησιμοποιείται στο Data Center αποτελούν το σημαντικότερο οικονομικό έξοδο για την λειτουργία του. Η διαχείριση, μέτρηση και επίβλεψη της διανομής της μέσα στην υποδομή βοηθάει στην αντιμετώπιση προβλημάτων, π.χ βλάβη σε ευαίσθητο εξοπλισμό ή απροσδόκητη διακοπή λειτουργίας, που μπορούν να προκληθούν από την ανεπαρκή χωρητικότητα και χαμηλή ποιότητα της ενέργειας μέσω του συστήματος EPMS.
- iv. Διαχείριση θερμοδυναμικής ροής “Computational Fluid Dynamics” (CFD) Η γραφική μοντελοποίηση της ροής του αέρα ανάμεσα στις επιφάνειες που βρίσκονται στους θαλάμους που φιλοξενούν τα πληροφοριακά συστήματα αφορά τις εγκαταστάσεις εξαερισμού και κλιματικών συνθηκών της υποδομής του Data Center.

Η διαχείριση, μέτρηση και επίβλεψη των ροών βοηθάει στην κλιματική εξισορρόπηση των θαλάμων αναγνωρίζοντας τα θερμά σημεία (hot spots), όπου ο ψυχρός αέρας είναι ανεπαρκής, ώστε να επιτευχθεί ή καλύτερη διαχείριση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος καθώς και η πρόβλεψη για μελλοντική εγκατάσταση νέων συστημάτων.

Η ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία και συντήρηση της υποδομής και των πληροφοριακών συστημάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο αποδοτικά, μειώνοντας τα κόστη δαπανών, με την κατάλληλη διαχείριση και έλεγχο των υποσυστημάτων που την απαρτίζουν. Η σε πραγματικό χρόνο επίβλεψη της κτηριακής υποδομής (BMS), των συστημάτων παραγωγής και διαμοιρασμού ενέργειας (EPMS), των συστημάτων IT (ITMS) καθώς και των κλιματικών συνθηκών (CFD) επιτυγχάνεται με τη χρήση πλέον του εργαλείου Διαχείρισης Υποδομής Data Center “Data Center Infrastructure Management” (DCIM) το οποίο περιλαμβάνει τη συλλογική διαχείριση όλων των υποσυστημάτων από μία πλατφόρμα.



Εικ.15
Κατανάλωση ενέργειας σε Data Center

Κεφάλαιο 2 (Αρχιτεκτονική Συστημάτων)

2.1 Αρχιτεκτονική Υπολογιστών

Η αρχιτεκτονική υπολογιστών ως ορισμός περιγράφει ένα σύστημα αναλύοντας τα χαρακτηριστικά και την τεχνολογία του υλικού και λογισμικού που αποτελείται και την μεταξύ τους αλληλεπίδραση στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου υπολογιστικού συστήματος. Αποτελείται από τρεις βασικές κατηγορίες :

- a) Σχεδίαση Συστήματος – Περιλαμβάνει την οργάνωση της λειτουργικότητας με όλα τα υλικά μέρη όπως τον επεξεργαστή, τη μνήμη, τους ελεγκτές της μνήμης και των περιφερειακών.
- b) Αρχιτεκτονική Εντολών – Περιέχει τις μικροεντολές και μικροπρογράμματα του επεξεργαστή, των καταχωρητών, και τις εντολές διαχείρισης της μνήμης.
- c) Μικρο-αρχιτεκτονική – Ορίζει τη λογική σχεδίαση ανάμεσα στους διαύλους εσωτερικής επικοινωνίας των δεδομένων μέσα από τις μονάδες, ALU, Buffers, Registers, που αποτελείται ο επεξεργαστής.

Τα χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής που αποτελούν ένα υπολογιστικό σύστημα καθώς και τα περιφερειακά που το απαρτίζουν σε συνδυασμό με το λειτουργικό σύστημα ορίζουν τις δυνατότητες σε υπολογιστική ισχύ του συστήματος και τις υπηρεσίες που μπορεί να εκτελέσει σε πεπερασμένο χρόνο.

2.2 Χαρακτηριστικά των Πολυεπεξεργαστών

Η εξέλιξη της λειτουργίας των επεξεργαστών, τα προηγούμενα χρόνια, αναπτύσσονταν με την αύξηση της ταχύτητας (συχνότητας) λειτουργίας τους και της παραλληλίας τους με την προσθήκη επιπλέον ημιαγωγών και την χρήση άλλων τεχνικών (π.χ instructions, pipeline). Με την αύξηση του αριθμού των ημιαγωγών προκλήθηκε η αύξηση της θερμοκρασίας λόγω των αναγκών κατανάλωσης ενέργειας και η καθυστέρηση των instructions λόγω της πληθώρας των διασυνδέσεων στους επεξεργαστές, επιβεβαιώνοντας πλέον το νόμο του Moore, σε σχέση με την ανάπτυξη τους. Το αποτέλεσμα αυτό οδήγησε στην έρευνα και εξέλιξη της σμίκρυνσης των ημιαγωγών πυριτίου όπου στα τέλη του 20^{ου} αιώνα οδήγησε στην εφαρμογή επεξεργαστών, με την χρήση πολύνηματικής παραλληλίας και πολλαπλών

πυρήνων (multi-core) σε μια CPU, συνδεδεμένων μεταξύ τους. Ένας επεξεργαστής multi-core αποτελείται από 2 ή περισσότερους πυρήνες επεξεργασίας οι οποίοι ενσωματώνουν τη δική τους αριθμητική και λογική μονάδα ALU, την μονάδα κινητής υποδιαστολής FPU, τους καταχωρητές, pipeline και εσωτερική μνήμη cache. Τα προτερήματα των multi-core επεξεργαστών έναντι των single-core διακρίνονται :

- a) Στη μεγαλύτερη λειτουργική αξιοπιστία του συστήματος, λόγω της πληθώρας των επεξεργαστών όπου αποτελείται, σε περίπτωση που υποστεί βλάβη κάποιος από το σύνολο τους.
- b) Στη ταχύτερη εξυπηρέτηση των δεδομένων και έξοδο των αποτελεσμάτων λόγω της παράλληλης επεξεργασίας των διεργασιών και την νηματοποίηση τους από το σύνολο των πυρήνων ταυτόχρονα.

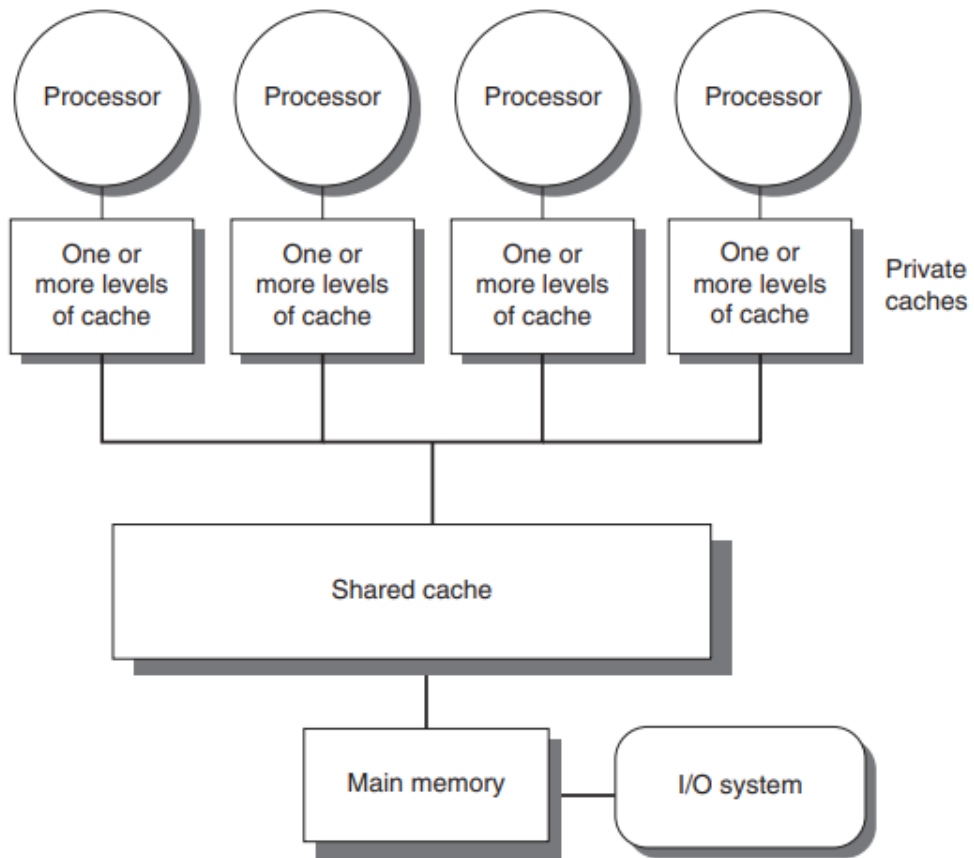
Αντίστοιχα, ο χρόνος διεργασιών σε συνδυασμό με την παράλληλη επεξεργασία επιτυγχάνεται με την εφαρμογή των εξής βασικών παραγόντων στην αρχιτεκτονική :

- a) Το μικρότερο αριθμό καλωδίων για την διασύνδεση των πυρήνων τους σε σχέση με τη χρήση πολλαπλών μονοπύρηνων επεξεργαστών, ώστε να επιτευχθεί η παραλληλία, με αποτέλεσμα την μείωση της χρονικής καθυστέρησης στην επικοινωνία μεταξύ των cores και χωρίς να απαιτούνται υψηλές ταχύτητες (συχνότητα) λειτουργίας τους.
- b) Την εκτέλεση περισσότερων instructions ανα πυρήνα σε σχέση με μονοπύρηνους επεξεργαστές.
- c) Τη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας λόγω της δυνατότητας απενεργοποίησης και ενεργοποίησης των πυρήνων όταν είναι σε αναμονή με εφαρμογή την χαμηλότερη θερμοκρασία του συστήματος.

Η χρήση της αποθηκευτικής μνήμης αποτελεί έναν επιπλέον βασικό παράγοντα στο χρόνο επεξεργασίας σε ένα υπολογιστικό σύστημα με πολλαπλές CPUs. Η διαχείριση και μεταφορά των δεδομένων των διεργασιών διακρίνεται, ανάλογα με τον τρόπο διασύνδεσης των επεξεργαστών και της χρήσης μνήμης, σε 2 αρχιτεκτονικές :

- a) Αρχιτεκτονική συστήματος με χρήση κοινής μνήμης (Shared-Memory MultiProcessors SMP) *{εικ.16}* ή αρχιτεκτονική συμμετρικής πολυεπεξεργασίας (Symmetric MultiProcessor SMP) όπως αλλιώς μπορεί να αναφέρεται. Οι πολυπύρρηνοι επεξεργαστές είναι διασυνδεδεμένοι και μοιράζονται την ενιαία κοινή

κύρια μνήμη και μνήμη cache συμμετρικά έχοντας ίση πρόσβαση ενώ περιέχουν ένα ή περισσότερα επίπεδα αποκλειστικής μνήμης cache ανα επεξεργαστή. Η αρχιτεκτονική αυτή είναι ιδανική για την χρήση πολυεπεξεργαστών όπου δεν ξεπερνούν τους 8 πυρήνες. Η αρχιτεκτονική SMP¹ ονομάζεται επίσης και UMA (Uniform Memory Access) από το γεγονός ότι όλοι οι επεξεργαστές που λειτουργούν με την αρχιτεκτονική αυτή έχουν ομοιομορφία στην καθυστέρηση latency των διεργασιών από την μνήμη, ακόμη και εάν η μνήμη οργανώνεται σε θυρίδες.

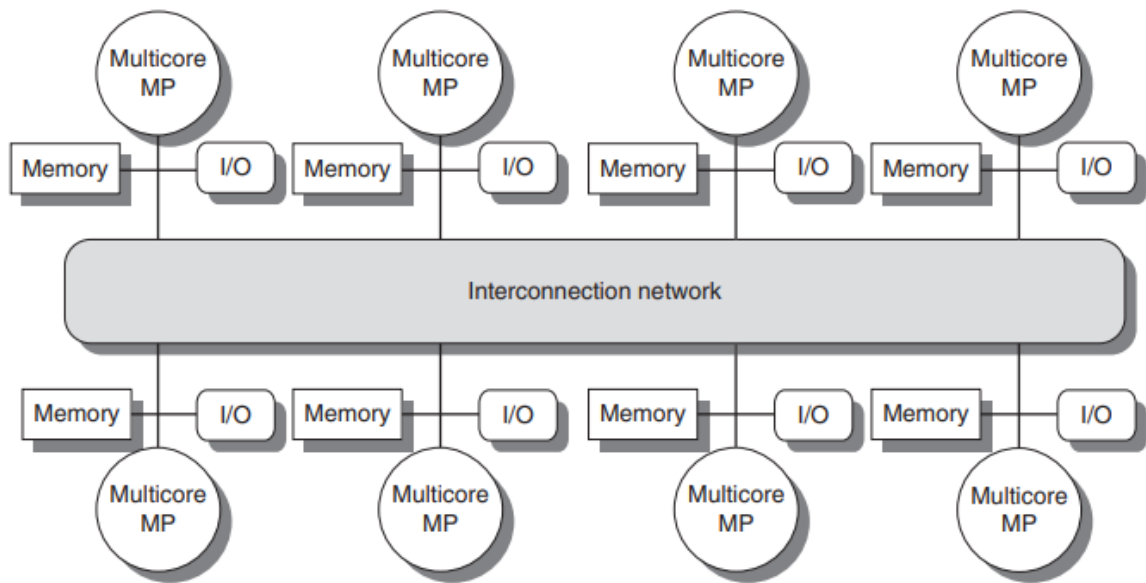


Εικ. 16
Αρχιτεκτονική Κοινής Μνήμης Πολλαπλών Επεξεργαστών
Shared-Memory MultiProcessors SMP

SMP¹ = Αναφέρεται και ως αρχιτεκτονική συστήματος συμμετρικής πολυεπεξεργασίας (Symmetric MultiProcessor Architecture – SMP)

- b) Αρχιτεκτονική συστήματος με χρήση και διάθεση (Distributed Shared Memory) {εικ.17} κοινής μνήμης. Οι πολυπύρηννοι επεξεργαστές που διασυνδέονται στην αρχιτεκτονική αυτή διαθέτουν τη δική τους μνήμη, I/O διασύνδεση και μια διεπαφή

εσωτερικής διασύνδεσης τους με τους υπόλοιπους επεξεργαστές. Κάθε επεξεργαστής μοιράζεται την μνήμη του με τους υπόλοιπους για την μεταφορά των δεδομένων διεργασιών που εκτελούνται σε άλλους επεξεργαστές και απαιτούνται για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Ο διαμοιρασμός της μνήμης αυξάνει την χωρητικότητα διαμεταγωγής των δεδομένων και ελαττώνει το χρόνο απόκρισης στη τοπική μνήμη. Η αρχιτεκτονική SMP καλείται και ως NUMA (Non Uniform Memory Access) λόγω ότι η ταχύτητα προσπέλασης των διεργασιών είναι εξαρτώμενη της θέσης μνήμης που βρίσκονται τα δεδομένα κατά την οργάνωση της.



Εικ. 17
Αρχιτεκτονική Διαμοιρασμού κοινής μνήμης πολλαπλών Επεξεργαστών
Distributed Shared Memory DSM

Στις αρχιτεκτονικές κοινής μνήμης επεξεργαστών (SMP) και διαμοιρασμού κοινής μνήμης πολλαπλών επεξεργαστών (DSM) η επικοινωνία μεταξύ των νημάτων διεργασιών υλοποιείται μεταξύ κοινών διευθύνσεων που πλαισιώνουν την μνήμη για την εύρεση των δεδομένων, καθιστώντας το γεγονός ότι η επιλογή μιας θέσης διεύθυνσης στην μνήμη μπορεί να υλοποιηθεί από οποιοδήποτε επεξεργαστή αρκεί να υπάρχει η ανάλογη πρόσβαση.

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο περιεγράφηκε η διασύνδεση των επεξεργαστών και των πυρήνων τους σε επίπεδο κυκλώματος και την επίτευξη της επικοινωνίας τους μέσα από γραμμές μεταφοράς και καλώδια τα οποία βρίσκονται ενσωματωμένα στο ολοκληρωμένο

κύκλωμα της CPU ή ανήκουν στην ίδια μονάδα επεξεργασίας. Τα υπολογιστικά συστήματα εκτός από την εσωτερική τους διασύνδεση μπορούν να περιλαμβάνουν και εξωτερικές επαφές για την επέκταση των μονάδων τους, επεξεργασίας και μνήμης, τα οποία μπορεί να συνθέτονται από υπομονάδες ή αυτόνομα υπολογιστικά συστήματα τα οποία είναι διασυνδεδεμένα για την μεταφορά των δεδομένων τους με δικτυακά πρωτόκολλα επικοινωνίας. Για να επιτευχθεί και να είναι εξασφαλισμένη η επικοινωνία τους, απαιτείται η συνύπαρξη των αναφερόμενων αρχιτεκτονικών με την εκτέλεση κατάλληλου λογισμικού σε κάθε επεξεργαστή τα οποία θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο, ώστε να καθορίζεται ο έλεγχος ανταλλαγής των μηνυμάτων μεταξύ των διασυνδεδεμένων επεξεργαστικών μονάδων.

2.3 Κατηγορίες και Αρχιτεκτονικές Παραλληλισμού

Ο Παραλληλισμός λαμβάνει εφαρμογή σε όλο το φάσμα των πληροφοριακών συστημάτων και αποτελεί θεμέλιο ρόλο στο σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής των υπολογιστικών συστημάτων με πρωταρχικούς παράγοντες την εξοικονόμηση ενεργειακών και οικονομικών πόρων. Στην εκτέλεση των λογισμικών εφαρμογών – προγράμματα υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες :

1. Παραλληλία σε επίπεδο δεδομένων (Data Level Parallelism), όπου αναφέρεται στην ταυτόχρονη επεξεργασία τμηματικών ροών δεδομένων.
2. Παραλληλία σε επίπεδο εργασιών (Task Level Parallelism), όπου αναφέρεται στην ταυτόχρονη εξυπηρέτηση, ανεξάρτητων και διαφορετικών μεγεθών, εργασιών του λογισμικού.

Η ανάληψη της εκτέλεσης των μεθόδων της παραλληλίας, από το λογικό επίπεδο στο υλικό – φυσικό, ενός υπολογιστικού συστήματος πραγματοποιείται με την ενιαία ή συνδυαστική υλοποίηση των εξής τεσσάρων κατευθύνσεων :

1. Παραλληλία σε επίπεδο εντολών (Instruction Level Parallelism), αναλαμβάνει την εκτέλεση της παράλληλης επεξεργασίας σε επίπεδο δεδομένων (DLP) με την χρήση του μεταγλωττιστή (compiler) χρησιμοποιώντας τεχνικές βελτιστοποίησης όπως το pipelining ή την αφαίρεση tasks κατά την μεταγλώττιση της εφαρμογής.
2. Παραλληλία με τη χρήση υποσυστημάτων (Graphic Processor Units), αναλαμβάνει την εκτέλεση της παράλληλης επεξεργασίας σε επίπεδο δεδομένων (DLP)

διαθέτοντας τις εντολές της εφαρμογής σε ένα ξεχωριστό υποσύστημα.

3. Παραλληλία επιπέδου νημάτων (Thread Level Parallelism), αναλαμβάνει την εκτέλεση της παραλληλίας σε επίπεδο δεδομένων (DLP) ή σε επίπεδο εργασιών (TLP) στο υλικό το οποίο επιτρέπει την αλληλεπίδραση μεταξύ των νημάτων.
4. Παραλληλία επιπέδου αιτημάτων (Request Level Parallelism), αναλαμβάνει την εκτέλεση της παραλληλίας του επιπέδου εργασιών (DLP) που έχει ορίσει ο προγραμματιστής της εφαρμογής ή το λειτουργικό σύστημα μέσα από έναν κατάλογο εργασιών.

Σύμφωνα με τις κατηγορίες που αναφέρθηκαν διακρίνεται ότι ο σχεδιασμός και η αρχιτεκτονική, σε συνδυασμό με την σωστή επιλογή των μεθόδων παραλληλίας, για την ανάπτυξη ενός πληροφοριακού συστήματος αποτελούν σημαντικό παράγοντα στην επιλογή των πολύ-επεξεργαστικών συστημάτων και τις απαιτήσεις που πρέπει να καλύπτουν σε ένα έργο.

2.4 Ο ρόλος του Λειτουργικού Συστήματος στους Πολυεπεξεργαστές

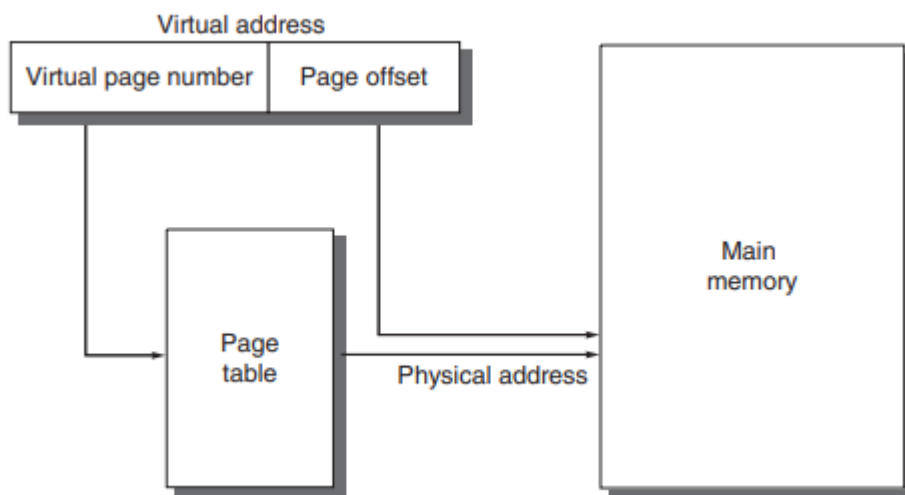
Λειτουργικό σύστημα (Operating System) είναι κάθε πρόγραμμα που ενεργεί ως διεπαφή ανάμεσα στο χρήστη του υπολογιστικού συστήματος, τους πόρους και υποσυστήματα που αποτελείται. Σκοπός του είναι να παρέχει ένα λειτουργικό περιβάλλον στο χρήστη για την εκτέλεση των εφαρμογών του, αποκρύπτοντας και αναλαμβάνοντας την διαχείριση σημαντικών λειτουργιών κατωτέρου επιπέδου. Οι εργασίες που αναθέτονται στον επεξεργαστή CPU από μια ή περισσότερες εφαρμογές ελέγχονται και διανέμονται από το λειτουργικό σύστημα όπου είναι εγκατεστημένο στην μονάδα που ανήκει η CPU καθώς ο σκοπός λειτουργίας του είναι να ελέγχει όλους του επεξεργαστές της κύριας μονάδας με όλες τις δευτερεύουσες μονάδες και περιφερειακά, από τα οποία αποτελείται ένα υπολογιστικό σύστημα, διατηρώντας την ισορροπία των πόρων που απαιτούνται για την ομαλή λειτουργία του συστήματος.

2.4.1 Η σταθερότητα του συστήματος

Η δομή ενός πληροφοριακού συστήματος, λόγω της πληθώρας των υποσυστημάτων που το απαρτίζουν και την πολυπλοκότητα που τα διαβαθμίζουν, αποτελείται από πολλαπλά

αφαιρετικά επίπεδα λειτουργιών τα οποία αποκρύπτουν την πολυπλοκότητα και δημιουργούν ένα ποιο απλουστευμένο πλαίσιο με την αφαίρεση λειτουργιών για την απλούστερη κατανόηση των τμημάτων που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή και εκτέλεση των εργασιών και της συνολικής λειτουργίας του. Ο διαχωρισμός των εργασιών που εκτελούνται σε ένα σύστημα αφορά τις ενέργειες που μπορούν να προκληθούν από τους χρήστες και το λειτουργικό σύστημα συνδυάζοντας τη μικρότερη επιρροή και καλύτερη επικοινωνία των εφαρμογών που εκτελούνται με το επεξεργαστή και την μνήμη του συστήματος.

Για κάθε εφαρμογή που εκτελεί ο χρήστης το λειτουργικό σύστημα δημιουργεί μια διαδικασία (process). Η διαδικασία δημιουργεί έναν χώρο εικονικών διευθύνσεων {εικ.18} χρήσης μνήμης και έναν πίνακα από τις διευθύνσεις που ανήκουν σε κάθε μια εφαρμογή. Έτσι στη κάθε εφαρμογή παρέχεται ο εικονικός αποκλειστικός χώρος μνήμης της που μπορεί να χρησιμοποιεί καθιστώντας έτσι ένα ασφαλές περιβάλλον για την αποφυγή διενέξεων μεταξύ των δεδομένων και τη χρήση τους από τον επεξεργαστή.



Εικ. 18

Διαδικασία εικονικών διευθύνσεων μνήμης με πίνακα.

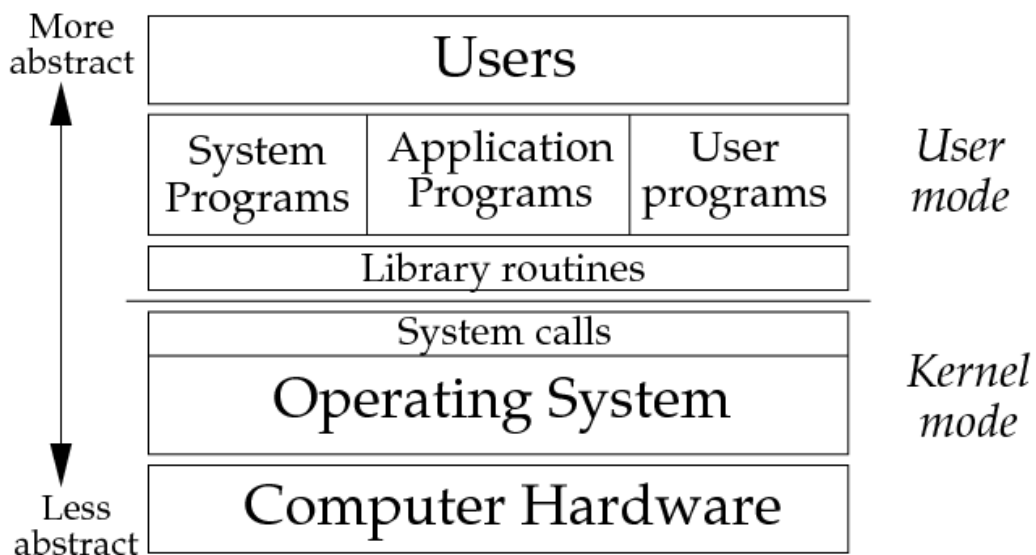
Η εικονική διεύθυνση ανακτάται από το πίνακα διευθύνσεων σε συνδυασμό με ένα σταθερό αριθμό αντιστάθμισης που αναφέρεται στην κύρια μνήμη του συστήματος.

Το λειτουργικό σύστημα αποτελείται από μοντέλα δικαιωμάτων {εικ.19} εκτέλεσης λειτουργιών και εντολών τα οποία ελέγχουν και περιορίζουν την πρόσβαση στους πόρους των εσωτερικών – κρυμμένων επιπέδων και είναι ορισμένα από τον σχεδιαστή του συστήματος. Τα βασικά μοντέλα δικαιωμάτων διακρίνονται σε :

- User Mode: Παρέχεται η περιορισμένη πρόσβαση εκτέλεσης εντολών, στις εφαρμογές

(applications) που λειτουργούν στο υπολογιστικό σύστημα, στα χαμηλότερα επίπεδα (Hardware) και πόρους της αρχιτεκτονικής του συστήματος με σκοπό την αποφυγή διενέξεων ή δυσλειτουργιών στη λειτουργία του συστήματος. Η CPU εκτελεί περιορισμένο αριθμό εντολών της σε σχέση με τον πίνακα εντολών (instruction set) της αρχιτεκτονικής της και η κάθε εφαρμογή χρησιμοποιεί αποκλειστική μνήμη για την εκτέλεση των εντολών αυτών.

- Kernel Mode: Παρέχεται η πλήρης πρόσβαση εκτέλεσης εντολών στα χαμηλότερα επίπεδα (Hardware) και πόρους της αρχιτεκτονικής του συστήματος. Η CPU μπορεί να εκτελέσει όλες τις εντολές (instructions) που ανήκουν στο πίνακα εντολών της αρχιτεκτονικής της (instruction set) παρέχοντας πρόσβαση σε όλους τους πόρους του συστήματος και χρησιμοποιεί μια ενιαία αποκλειστική μνήμη για την εκτέλεση των εντολών.



Εικ. 19
Μοντέλα δικαιωμάτων εκτέλεσης εντολών στη CPU
User / Kernel Modes

Η διαδικασία διαχωρισμού των μοντέλων εκτέλεσης παρέχει ασφάλεια και σταθερότητα στο σύστημα από ενέργειες που μπορεί να αποτελέσουν τη δυσλειτουργία, αστάθεια και κατάρρευση του. Οι εφαρμογές που εκτελούνται από το χρήστη ανήκουν στο μοντέλο εκτέλεσης User Mode του συστήματος ενώ το λειτουργικό σύστημα, συμπεριλαμβάνοντας οποιαδήποτε εφαρμογή όπου αποτελεί μέρος του, έχει πλήρη πρόσβαση στους πόρους της αρχιτεκτονικής μέσω του μοντέλου εκτέλεσης Kernel Mode.

2.4.2 Αξιοποίηση των πυρήνων επεξεργασίας

Πριν την ανάπτυξη των πολυπύρηνων επεξεργαστών τα υπολογιστικά συστήματα διέθεταν μια CPU με έναν πυρήνα επεξεργασίας και όλες οι διεργασίες εκτελούνταν κατά σειρά από αυτό το μοναδικό επεξεργαστή. Με τη δημιουργία και ανάπτυξη των πολυεπεξεργαστών η μέθοδος επεξεργασίας των διεργασιών σε συνδυασμό με τα νέα λειτουργικά συστήματα ώθησαν την ταχύτητα εκτέλεσης των δεδομένων αλλά προέκυψαν θέματα αδράνειας στη χρήση των πόρων των επεξεργαστών (CPU Utilization).

Η χρήση των υπολειπόμενων διαθέσιμων πόρων των επεξεργαστών αξιοποιήθηκε με την ανάπτυξη τεχνικών, που περιγράφονται παρακάτω, και εφαρμογών που ενσωματώθηκαν στα λειτουργικά συστήματα ώστε να επιτυγχάνεται η πλήρης λειτουργία τους και παράλληλα η μέγιστη απόδοση του συστήματος.

Όλες οι εφαρμογές που εκτελούνται σε ένα υπολογιστικό σύστημα οργανώνονται, από το λειτουργικό σύστημα, σε διαδικασίες. Κάθε διαδικασία αποτελεί ένα «περιστατικό» - (instance) της εκτελέσιμης εφαρμογής περιλαμβάνοντας όλες τις τιμές και μεταβλητές που αναφέρονται στην εφαρμογή. Ο επεξεργαστής αναλαμβάνει την εκτέλεση της κάθε διαδικασίας για την επεξεργασία και έξοδο των αποτελεσμάτων με την επίβλεψη του λειτουργικού συστήματος ακολουθώντας τις οδηγίες και προτεραιότητες που αποδίδονται στις διεργασίες από αυτό ενώ το λειτουργικό σύστημα έχει την ευθύνη και έλεγχο για το σωστό διαμοιρασμό των διαδικασιών σε ένα πολυπύρηνο σύστημα καθώς και την δημιουργία και τερματισμό αυτών.

2.4.2.1 Συμβάντα δημιουργίας διαδικασιών

Οι επιλογή δημιουργίας και τερματισμού μιας διαδικασίας αποτυπώνεται με την εκτέλεση ενός από τα ακόλουθα συμβάντα κατά τη λειτουργία του λειτουργικού συστήματος :

1. Αρχικοποίηση συστήματος
2. Δημιουργία διαδικασίας από άλλη εκτελούμενη διαδικασία
3. Απαίτηση χρήστη για τη δημιουργία νέας διαδικασίας
4. Στα πλαίσια δέσμης ενεργειών

Κατά την εκκίνηση του λειτουργικού συστήματος δημιουργείται ένας αριθμός διαδικασιών που αφορούν διαφορετικές ενέργειες με ένα μέρος τους να χρησιμοποιείται από το ίδιο το

λειτουργικό και άλλο μέρος για την διεπαφή με το χρήστη και την δημιουργία επιπλέον συμβάντων.

2.4.2.2 Συμβάντα τερματισμού διαδικασιών

Ο κύκλος των συμβάντων μιας διαδικασίας αποτελείται από τη δημιουργία, την εκτέλεση των ενεργειών, που τις έχουν ανατεθεί, και ολοκληρώνεται από τον αναμενόμενο ή βίαιο τερματισμό της σύμφωνα με τις ακόλουθες συνθήκες :

1. Κανονικός τερματισμός. Αποτελείται από την αναμενόμενη συμπεριφορά του λειτουργικού συστήματος όταν μια διαδικασία ολοκληρωθεί επιτυχώς.
2. Εσφαλμένη έξοδος. Αφορά τον αναμενόμενο τερματισμό μιας διαδικασίας από το λειτουργικό σύστημα μετά από ανίχνευση σφάλματος κατά την εκτέλεση της.
3. Μοιραία έξοδος. Αφορά τον ακούσιο τερματισμό μιας διαδικασίας μετά από κάποιο λάθος κατά την εκτέλεση των ενεργειών που περιέχει αυτή.
4. Διακοπή από άλλη διαδικασία. Αφορά τον ακούσιο τερματισμό μιας διαδικασίας με εντολή που προέρχεται από άλλη εκτελούμενη διαδικασία.

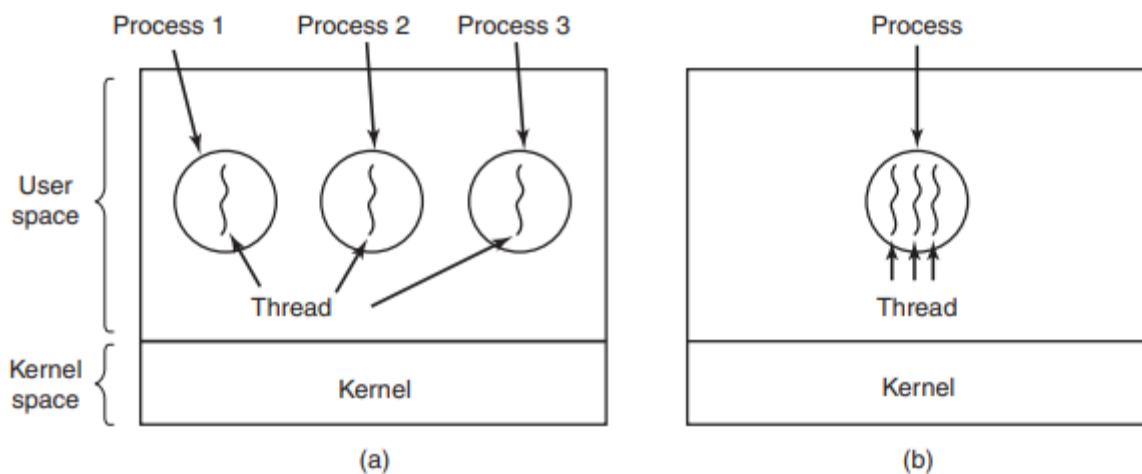
Τα συμβάντα τερματισμού αφορούν ενέργειες που αποσκοπούν στην άμεση εκτέλεση τερματισμού των διαδικασιών σε συνθήκες αναμενόμενες αλλά και σε περιπτώσεις αντιμετώπισης απροσδόκητων λειτουργιών στο σύστημα. Οι διαδικασίες επιπλέον έχουν την ιδιότητα ως αυτόνομες οντότητες να ενσωματώνουν τις δικές του καταστάσεις λειτουργίας με σκοπό την αλληλεπίδρασή τους με άλλες διαδικασίες. Εκτός από τα συμβάντα τερματισμού από το λειτουργικό σύστημα διαθέτουν καταστάσεις τερματισμού ή αναστολής των εργασιών τους για εσωτερικές διεργασίες. Οι καταστάσεις αυτές διακρίνονται από 3 λειτουργίες :

1. Εκτέλεση (Running). Χρησιμοποιείται ο επεξεργαστής για την εκτέλεση του υπάρχοντος περιστατικού – instance της διαδικασίας.
2. Προετοιμασία (Ready). Η διαδικασία έχει ανασταλεί και βρίσκεται σε κατάσταση ετοιμότητας για την επανεκτέλεση της μετά από αίτημα εκτέλεσης άλλης διαδικασίας.
3. Μπλοκαρισμένη (Blocked). Η διαδικασία έχει σταματήσει και βρίσκεται σε αναμονή μέχρι να ολοκληρωθεί κάποια εξωτερική ενέργεια.

2.4.2.3 Νηματοποίηση διαδικασιών

Το λειτουργικό σύστημα αποδίδει σε κάθε διαδικασία έναν χώρο μνήμης και ένα νήμα ελέγχου της διαδικασίας. Κάθε νήμα χαρακτηρίζεται ως η υποδιαίρεση μιας διαδικασίας χρησιμοποιώντας το χώρο μνήμης αυτής, ως κοινό με άλλα νήματα της διαδικασίας και διενεργεί την εκτέλεση των εντολών της. Κάθε διαδικασία αποτελείται από ένα ως πολλά νήματα. Όταν μια εφαρμογή χρειάζεται να εκτελέσει πολλές διαδικασίες αποτελούμενες από ένα νήμα συνεπάγεται η καθυστέρηση της εκτέλεσης της λόγω της αδυναμίας διαμοιρασμού δεδομένων με άλλες διαδικασίες επειδή δεν υπάρχει κοινός χώρος μνήμης μεταξύ τους. Για την καλύτερη απόδοση του επεξεργαστή στην εκτέλεση των διαδικασιών το λειτουργικό σύστημα διασπάει τις διαδικασίες σε περισσότερα νήματα ελέγχου (multithreading⁸) με αποτέλεσμα να συντελείτε η επεξεργαστική παραλληλία (quasi-parallel) των δεδομένων των εφαρμογών και να επιτυγχάνεται η παράλληλη εκτέλεση ενεργειών σε επίπεδο συστήματος (kernel mode) και χρήστη (user mode). Οι κύριοι λόγοι που χρησιμοποιείται η νηματοποίηση αφορούν :

1. Την απλούστευση των μοντέλων προγραμματισμού που επιφέρει η διάσπαση μιας εφαρμογής λόγω των πολλαπλών διαδοχικών νημάτων που εκτελούνται σε επεξεργαστική παραλληλία (quasi-parallel).
2. Την ευκολία της δημιουργίας και τερματισμού των νημάτων σε σχέση με τις διαδικασίες και τις μικρότερες απαιτήσεις τους σε μνήμη.
3. Την αξιολόγηση της συνολικής απόδοσης του συστήματος επειδή η νηματοποίηση δεν αξιοποιεί μόνο την επεξεργαστική ισχύ αλλά επιταχύνει και την εκτέλεση των διεργασιών I/O του συστήματος.
4. Την πλήρη αξιοποίηση συστημάτων με πολλαπλούς επεξεργαστές που πραγματοποιούν πραγματική παράλληλη επεξεργασία.



Εικ. 20
Νηματοποίηση διαδικασιών

2.4.3 Παραλληλισμός και χρονομερίδια

Η ιδιότητα της παράλληλης εκτέλεσης των δεδομένων σε ένα υπολογιστικό σύστημα διαφέρουν ανάλογα με την μέθοδο παραλληλίας που ακολουθείται σε συνδυασμό με τον αριθμό πυρήνων του επεξεργαστή. Η εκτέλεση της επεξεργασίας των νημάτων βασίζεται σε αλγόριθμους χρονοπρογραμματισμού και διαφέρει ανάλογα με το μοντέλο δικαιωμάτων που χρησιμοποιούν (user / kernel mode).

Στη νηματοποίηση που εκτελείται στο μοντέλο χρήστη (user mode) ο χρονοπρογραμματισμός δημιουργείται κατά διαδικασία ενώ όταν εκτελείται στο μοντέλο kernel (kernel mode) ο χρονοπρογραμματισμός διενεργείται από τον kernel έχοντας την επιλογή ανάμεσα από όλα τα νήματα να επιλέγει την σειρά εκτέλεσης τους.

Η επιλογή εκτέλεσης των νημάτων διαφέρει ανάλογα τον αριθμό πυρήνων των επεξεργαστών. Στους επεξεργαστές με ένα πυρήνα η εκτέλεση είναι μονοδιάστατη και χαρακτηρίζεται από το ερώτημα «*ποιο νήμα της διαδικασίας θα εκτελεσθεί μετά από την ολοκλήρωση του τρέχοντος ;*» ενώ στους πολυπύρηνους επεξεργαστές είναι δισδιάστατη και ο χρονοπρογραμματιστής έχει να επιλέξει ποιο νήμα θα εκτελεσθεί και σε ποιόν πυρήνα, από το σύνολο των διαθέσιμων, επιφέροντας ποιο περίπλοκη τη διαδικασία του χρονοπρογραμματισμού στους πολυπύρηνους επεξεργαστές.

Όταν ένα υπολογιστικό σύστημα χρησιμοποιεί λογισμικό που είναι σχεδιασμένο με τεχνικές πολυπρογραμματισμού, χρησιμοποιούνται πολλαπλές διαδικασίες και νήματα για την

επεξεργασία των δεδομένων δημιουργώντας έναν ανταγωνισμό ανάμεσα τους σχετικά με τη χρήση της CPU, ο οποίος είναι περισσότερο ορατός σε συστήματα τα οποία διαθέτουν επεξεργαστές με μικρό αριθμό πυρήνων. Η επιλογή των διαδικασιών και νημάτων που θα εκτελεστούν για την αποφυγή του ανταγωνισμού εφαρμόζεται, ανάλογα με το αν χρειάζεται να εκτελεσθεί χρονοπρογραμματισμός και με ποια από τις μεθόδους, σύμφωνα με τα παρακάτω κριτήρια:

1. Κατά τη δημιουργία μιας διεργασίας αποφασίζεται, εάν υπάρχει υποδιεργασία της, ποια από τις μεταξύ τους θα εκτελεσθεί πρώτη.
2. Κατά το τερματισμό μιας διεργασίας απαιτείται η απόφαση, εάν δεν εκτελεσθεί ξανά η υπάρχουσα, ποια θα είναι η επόμενη που θα εκτελεσθεί από αυτές που είναι σε κατάσταση αναμονής.
3. Κατά τη παύση εκτέλεσης μιας διεργασίας, απο συμβάντα που προκαλούνται σε ορισμένα πλαίσια π.χ (I/O διακοπή, σεμαφόρους), ξεκινάει να εκτελείται μια άλλη διαδικασία. Η απόφαση σχετικά με ποια διεργασία θα εκτελεσθεί εξαρτάται και από το λόγο που μπήκε σε παύση και αναμονή η αρχική διεργασία.
4. Κατά την ενεργοποίηση μιας I/O διακοπής – interrupt απαιτείται και η απόφαση σχετικά με το ποια διεργασία θα εκτελεσθεί, μετά το πέρας της διακοπής, ανάμεσα στις διεργασίες που είναι σε αναμονή, την ήδη εκτελούμενη ή κάποια τρίτη διεργασία.

2.4.4 Αλγόριθμοι χρονοδρομολόγησης

Οι αλγόριθμοι χρονοδρομολόγησης αποτελούν το κύριο συστατικό στο πολυπρογραμματισμό για την πλήρη αξιοποίηση των πυρήνων σε μονοπύρρηνα ή πολυπύρρηνα συστήματα. Σκοπός της χρονοδρομολόγησης είναι η ανάθεση των διεργασιών στους επεξεργαστές με τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιούνται οι στόχοι του συστήματος. Στους αλγορίθμους χρονοδρομολόγησης διακρίνονται 2 κατηγορίες όπου ορίζονται οι πολιτικές προεκχώρισης της εκτέλεσης των διεργασιών από τους πυρήνες ανάλογα με την κατάσταση εκτέλεσης τους α) προεκχωρήσιμη, β) μη προεκχωρήσιμη.

Preemptive (προεκχωρήσιμη) : Στη κατηγορία αυτή μια διεργασία που εκτελείται την τρέχουσα χρονική στιγμή μπορεί να διακοπεί και να μεταφερθεί σε κατάσταση Ready από το λειτουργικό σύστημα. Οι περιπτώσεις εξαρτώνται, α) από την άφιξη μιας νέας διεργασίας β) την διακοπή που προκύπτει από μια μπλοκαρισμένη διεργασία που μεταφέρεται στη

κατάσταση Ready, γ) σε περιοδικές εναλλαγές καταστάσεων με χρήση διακοπών με τη χρήση ρολογιού.

Non preemptive (Μη προεκχώρησιμη) : Στη κατηγορία αυτή μια διεργασία μόλις βρεθεί στη κατάσταση Run τότε συνεχίζει την εκτέλεση της μέχρι α) το τερματισμό της, β) την εμπλοκή της για κάποια υπηρεσία από το λειτουργικό σύστημα ή την ολοκλήρωση κάποιου συμβάντος input/output.

Διαφορετικοί αλγόριθμοι χρονοδρομολόγησης απαιτούνται ανάμεσα σε ανόμοια περιβάλλοντα πληροφοριακών συστημάτων λόγω της πληθώρας των εφαρμογών και των λειτουργικών συστημάτων που εκτελούνται. Τα κύρια περιβάλλοντα εφαρμογής της διακρίνονται στα συστήματα : α) Δέσμης ενεργειών, β) αλληλεπίδρασης, γ) πραγματικού χρόνου.

Batch (δέσμη ενεργειών): Τα συστήματα επεξεργασίας δέσμης ενεργειών (Batch) είναι υπολογιστικά συστήματα, mainframe computing, τα οποία χρησιμοποιούνται για περιοδικές εργασίες της οποίες δεν απαιτείται η διενέργεια του χρήστη για την ολοκλήρωσή τους καθώς και η μη απαίτηση της αναμονής του χρήστη στο τερματικό του για την άμεση εξαγωγή των αποτελεσμάτων σε σύντομο χρόνο. Χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι με non preemptive ή με preemptive πολιτική με μεγάλες χρονικές περιόδους ανταγωνισμού των διεργασιών. Η τεχνική αυτή απαιτεί μικρότερες εναλλαγές μεταξύ των διεργασιών βελτιώνοντας έτσι την απόδοση του συστήματος. Οι λειτουργίες που εκτελούνται σε αυτά τα περιβάλλοντα αφορούν κυρίως την επεξεργασία δεδομένων σε κλάδους οικονομικών και ασφαλιστικών υπηρεσιών.

Interactive (αλληλεπίδρασης): Όταν σε ένα περιβάλλον υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών του συστήματος οι αλγόριθμοι με πολιτική preemptive αποτελούν καθοριστικό παράγοντα στη διαχείριση των διεργασιών τέτοιων συστημάτων, για την αποφυγή της συμπεριφοράς μονομερούς ανάθεσης από τον επεξεργαστή μιας διεργασίας και την απώλεια των υπηρεσιών στους υπόλοιπους χρήστες. Το περιβάλλον αλληλεπίδρασης αναφέρεται σε υπολογιστικά συστήματα διακομιστών (servers) που εξυπηρετούν πολλαπλούς χρήστες ταυτόχρονα όπου απαιτούν γρήγορα αποτελέσματα.

Real Time (πραγματικού χρόνου): Υπολογιστικά συστήματα όπου απαιτούνται αυστηροί χρονικοί περιορισμοί στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων τους χρησιμοποιούν αλγόριθμους με πολιτική preemptive, όπου συνήθως δεν ενεργοποιείται, επειδή οι διεργασίες δεν εκτελούνται για μεγάλες χρονικές περιόδους λόγω του περιορισμών που τους έχουν ανατεθεί για την

γρήγορη (real time) εκτέλεση τους.

Σύμφωνα με το σχήμα {εικ. 21}, όπου αναφέρονται οι κανόνες που καλείται να τηρούνται από τις κατηγορίες που αποτελούν τα περιβάλλοντα, η δικαιοσύνη ανάμεσα στις διεργασίες σχετικά με τη διάρκεια χρήσης του επεξεργαστή είναι μια καθολική απαίτηση για όλα τα περιβάλλοντα. Αυτό όμως δεν αποτελεί το μοναδικό κανόνα μιας και οι περιπτώσεις μπορούν να διαφέρουν ανάλογα με την σημαντικότητα της εφαρμογής που εκτελείται. Η πλήρης απασχόληση των επεξεργαστών του συστήματος επιταχύνει την εκτέλεση μιας εργασίας όταν όλα τα συστήματα του είναι διαρκώς απασχολημένα, πράγμα που αποδεικνύει την πολυπλοκότητα των κανόνων σε συνδυασμό των διαφορετικών διεργασιών και αναγκών.

All systems

Fairness - giving each process a fair share of the CPU

Policy enforcement - seeing that stated policy is carried out

Balance - keeping all parts of the system busy

Batch systems

Throughput - maximize jobs per hour

Turnaround time - minimize time between submission and termination

CPU utilization - keep the CPU busy all the time

Interactive systems

Response time - respond to requests quickly

Proportionality - meet users' expectations

Real-time systems

Meeting deadlines - avoid losing data

Predictability - avoid quality degradation in multimedia systems

Εικ. 21

Κανόνες χρονοδρομολόγησης των διεργασιών σε περιβάλλοντα

Για τον έλεγχο της απόδοσης των εργασιών, που εκτελούνται σε κάθε περιβάλλον, οι μηχανικοί στο Data Center χρησιμοποιούν και παρακολουθούν τις αναλύσεις από διαφορετικά στοιχεία για κάθε περιβάλλον ξεχωριστά.

Στα περιβάλλοντα των Mainframes αναλύονται οι μετρικές μονάδες των στοιχείων :

- a) Throughput (ρυθμοαπόδοση) : Αφορά τον αριθμό των εργασιών που ολοκληρώνονται σε ένα υπολογιστικό σύστημα σε ορισμένο χρόνο.
- b) Turnaround Time (χρόνος διεκπεραίωσης) : Είναι ο μέσος χρόνος, που προκύπτει με στατιστική μέθοδο, από την αναγγελία προς εκτέλεση μιας εργασίας μέχρι και τη στιγμή ολοκλήρωσης της. Αποτυπώνει το μέσο χρόνο αναμονής των χρηστών του

συστήματος για την παραλαβή των αποτελεσμάτων τους.

- c) CPU Utilization (αξιοποίηση επεξεργαστή) : Αναφέρεται στη χρήση του συνόλου των αριθμών πυρήνων ενός ή περισσότερων επεξεργαστών που ανήκουν στο υπολογιστικό σύστημα σχετικά με την αξιοποίηση τους ως προς τον αριθμό των εργασιών που εκτελούνται και την επάρκεια αυτών.

Σε περιβάλλοντα συστημάτων αλληλεπίδρασης (Interactive) αναλύονται οι μετρικές μονάδες:

- a) Response Time (χρόνος απόκρισης) : Είναι ο χρόνος που μεσολαβεί από την στιγμή που δηλώνεται μια εντολή προς εκτέλεση μέχρι την ολοκλήρωση της και την απολαβή του αποτελέσματος της.
- b) Proportionality (αναλογικότητα πράξεων) : Απευθύνεται στην επιλογή που κάνει ένας χρονοδρομολογητής στην προτεραιότητα μεταξύ των διεργασιών σχετικά με την συμπεριφορά του συστήματος.

Σε περιβάλλοντα συστημάτων πραγματικού χρόνου (Real Time) η ανάλυση της απόδοσης είναι εξαρτώμενη από το χρονικό περιορισμό που έχει ορισθεί στο σύστημα και την εφαρμογή ή απόκλιση του από το περιορισμό αυτό.

2.5 Σύνοψη

Τα υπολογιστικά συστήματα με την ανάπτυξη του σχεδιασμού της αρχιτεκτονικής τους και την εξέλιξη των λειτουργικών συστημάτων μπορούν να προσφέρουν μεγαλύτερη υπολογιστική απόδοση όταν επιτυγχάνεται η χρήση περισσότερων επεξεργαστών με περισσότερους πυρήνες ανά επεξεργαστή. Για την υλοποίηση της διασύνδεσης των επεξεργαστών και των πυρήνων χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές για εσωτερικές διασυνδέσεις με τεχνολογία λιγότερων καλωδίων και δικτυακή δομή καθώς και τεχνολογίες. Πολύ σημαντικό ρόλο σε συνδυασμό με την αρχιτεκτονική του συνόλου του συστήματος αναλαμβάνει το λειτουργικό σύστημα με βασικές λειτουργίες για την σταθερότητα τους συστήματος όπως την διαχείριση της μνήμης μεταξύ των πυρήνων των επεξεργαστών και τις διεργασίες που πρόκειται να εκτελεστούν ενώ για τον συγχρονισμό τους απαιτείται η εφαρμογή αλγορίθμων χρονοδρομολόγησης των διεργασιών όπου ορίζουν τους κανόνες που προϋποθέτονται για την δημιουργία των εκτελέσιμων εφαρμογών. Επιπλέον τα λειτουργικά συστήματα όσο εξελίσσονται τα υλικά στοιχεία των συστημάτων μπορούν και διαθέτουν επιπλέον συνδυαστικές τεχνολογίες με λειτουργίες όπως π.χ Dynamic Overclocking⁶ όπου

μπορούν και προσαρμόζουν τη συχνότητα (ταχύτητα) λειτουργίας των πυρήνων τους όταν απαιτείται βασισμένοι στην τάση λειτουργίας του επεξεργαστή, τα όρια θερμότητας, τον αριθμό των πυρήνων και τη μέγιστη ταχύτητα αυτών, προσφέροντας έτσι ακόμη μεγαλύτερες επιδόσεις στην εκτέλεση των εργασιών τους.

Κεφάλαιο 3 (Αρχιτεκτονική Δικτύων)

3.1 Τι είναι ένα δίκτυο

Η συγχώνευση των υπολογιστών και των επικοινωνιών έχει μεγάλη επίδραση στο τρόπο οργάνωσης των υπολογιστικών συστημάτων. Τα μοντέλα όπου ένας υπολογιστής εξυπηρετούσε όλες τις υπολογιστικές ανάγκες ενός οργανισμού έχουν πλέον αντικατασταθεί από μοντέλα όπου η εξυπηρέτηση των αναγκών γίνεται από ένα πλήθος αυτόνομων αλλά διασυνδεδεμένων υπολογιστών. Επομένως ο όρος δίκτυο υπολογιστών αναφέρεται στο σύνολο το αυτόνομων υπολογιστών που είναι διασυνδεδεμένοι μεταξύ τους με μια κοινή τεχνολογία με σκοπό την ανταλλαγή των πληροφοριών τους.

3.1.2 Μετάδοση των δεδομένων

Οι βασικές τεχνολογίες μετάδοσης που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι οι συνδέσεις εκπομπής (broadcast) και οι συνδέσεις σημείο προς σημείο (point to point). Οι συνδέσεις point to point συνδέουν ζεύγη μηχανών μεταξύ τους μεταφέροντας τα μηνύματα μέσα σε πακέτα (packets) τα οποία μπορεί να χρειαστεί να επισκεφτούν ένα ή περισσότερα ενδιάμεσα μηχανήματα μέχρι τα μηνύματα φθάσουν στο προορισμό τους. Οι συνδέσεις στα δίκτυα εκπομπής διεκπεραιώνονται από ένα κανάλι που είναι κοινό για όλες τις μηχανές του δικτύου και τα πακέτα λαμβάνονται από όλα τα μηχανήματα. Η δομή των πακέτων περιλαμβάνει πληροφορίες που καθορίζουν τον αποστολέα και το παραλήπτη του μηνύματος καθώς και τον αριθμό των πακέτων που αποτελούν ένα ολοκληρωμένο μήνυμα.

3.1.3 Είδη και πρότυπα δικτύων

Τα δίκτυα ταξινομούνται με κριτήριο την απόσταση που πρέπει να διανυθεί για την αποστολή ενός μηνύματος και την τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί μιας και είναι συνώνυμο με την κλίμακα των αποστάσεων του δικτύου. Η ταξινόμηση από την μικρότερη στην μεγαλύτερη κλίμακα ορίζεται από τα δίκτυα προσωπικής περιοχής, τα δίκτυα τοπικής εμβέλειας, τα δίκτυα μητροπολιτικής εμβέλειας και τα δίκτυα ευρείας περιοχής.

A) Δίκτυα προσωπικής περιοχής (Personal Area Network) : Καλούνται τα δίκτυα που επικοινωνούν συσκευές μέσα στην εμβέλεια ενός ατόμου συνήθως με τη χρήση ενσύρματης ή ασύρματης τεχνολογίας μικρής εμβέλειας.

B) Δίκτυα τοπικής εμβέλειας (Local Area Network) : Τα δίκτυα όπου βρίσκονται σε μικρή κλίμακα συνήθως μέσα ή και γύρω από ένα κτήριο και χρησιμοποιούνται για την διασύνδεση μεταξύ ηλεκτρονικών υπολογιστών και περιφερειακών συσκευών για την ανταλλαγή πληροφοριών. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για τα δίκτυα τοπικής εμβέλειας αποτελείται α) από την ασύρματη τεχνολογία WiFi όπου χρησιμοποιείται το πρότυπο IEEE 802.11 με περιορισμένες ταχύτητες διασυνδεσιμότητας και β) την ενσύρματη τεχνολογία Ethernet που χρησιμοποιεί το πρότυπο IEEE 802.3.

Γ) Μητροπολιτικό δίκτυο (Metropolitan Area Network) : Σύμφωνα με την ονομασία του ένα μητροπολιτικό δίκτυο έχει εμβέλεια να καλύπτει μια πόλη για την διασυνδεσιμότητα συγκεκριμένων συνήθως συσκευών με ενσύρματη τεχνολογία ή ασύρματης τεχνολογίας WiMAX με το πρότυπο IEEE 802.16.

Δ) Δίκτυα ευρείας περιοχής (Wide Area Network) : Τα δίκτυα ευρείας περιοχής απευθύνονται στην διασύνδεση υπολογιστικών συστημάτων σε μεγάλη κλίμακα γεωγραφικής περιοχής όπως χώρες ή ηπείρους. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται μπορούν να είναι μέσω ενσύρματων γραμμών, ασύρματων συνδέσεων, δορυφορικών συνδέσεων ή και μείγμα αυτών και επιλέγονται με κριτήρια όπως την γεωμορφολογική υπόσταση της περιοχής, την κλίμακα που πρόκειται να καλυφθεί, την ταχύτητα και τον όγκο των δεδομένων που απαιτείται να μεταδοθούν.

3.1.4 Πρωτόκολλα δικτύων

Για την μείωση της σχεδιαστικής πολυπλοκότητας των τμημάτων που αποτελούν ένα δίκτυο, σε υλικό αλλά και λογισμικό επίπεδο, τα δίκτυα οργανώνονται σε μια στοίβα από επίπεδα με

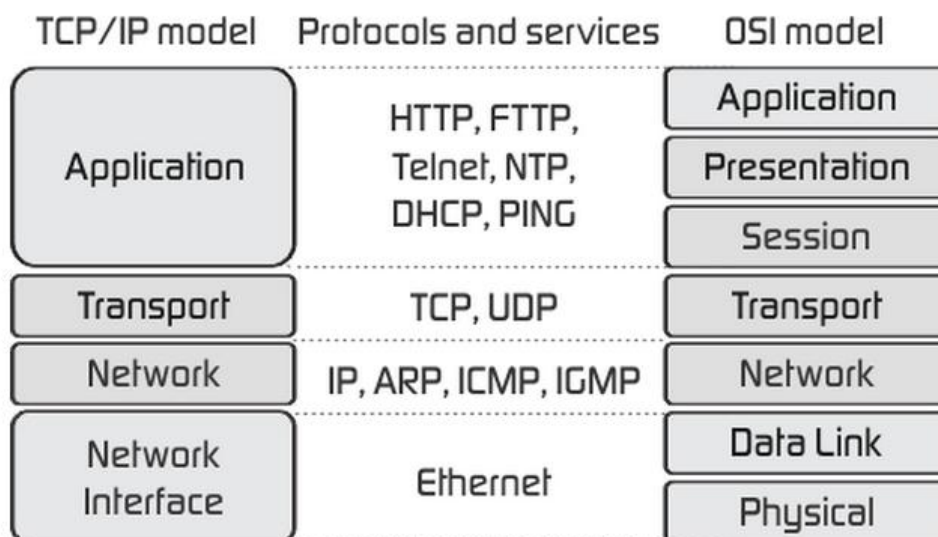
σκοπό κάθε ένα από τα επίπεδα να προσφέρει κάποιες υπηρεσίες στα ανώτερα επίπεδα. Ο αφαιρετικός τύπος των επιπέδων χρησιμοποιείται για να αποκρύπτει τις λεπτομέρειες και εσωτερικές καταστάσεις του δικτύου. Σε ένα σύστημα υπολογιστών που συνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός δικτύου τα επίπεδα κάθε συστήματος επικοινωνούν μεταξύ τους με την χρήση πρωτοκόλλων τα οποία κάθε επίπεδο επικοινωνεί με το ανώτερο του μέσω διασυνδέσεων. Η αρχιτεκτονική που ακολουθείται στην σχεδίαση ενός δικτύου καθορίζει τον τρόπο λειτουργίας του και ορίζεται από τα χαρακτηριστικά που προσφέρει ένα μοντέλο αναφοράς. Τα μοντέλα αναφοράς που ακολουθούν οι περισσότεροι τύποι δικτύων διακρίνονται στο μοντέλο OSI και το μοντέλο TCP/IP. Τα μοντέλα διαφέρουν μεταξύ τους στο πλήθος των επιπέδων {εικ. 22} όπου αποτελούνται.

Το μοντέλο αναφοράς OSI αποτελείται από 7 επίπεδα :

- 1) Το φυσικό επίπεδο (physical layer), ασχολείται με την μετάδοση των ψηφίων bits μεταξύ των 2 συστημάτων μέσα από ένα κανάλι επικοινωνίας μέσω ηλεκτρικών σημάτων.
- 2) Το επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων (data link layer), μετασχηματίζει μια υπηρεσία του φυσικού επιπέδου σε μια γραμμή απαλλαγμένη από σφάλματα μετάδοσης.
- 3) Το επίπεδο δικτύου (network layer), ελέγχει τη λειτουργία του υποδικτύου όπου αποτελείται από τα επίπεδα physical – data – network και καθορίζει τον τρόπο δρομολόγησης των πακέτων από το πηγαίο σύστημα στο σύστημα προορισμού.
- 4) Το επίπεδο μεταφοράς (transport layer), διασπά τα δεδομένα, που προέρχονται από το ανώτερο επίπεδο του, σε μικρότερες μονάδες και τα μεταβιβάζει στο επίπεδο δικτύου για μεταφορά στο άλλο σύστημα.
- 5) Το επίπεδο συνδιάλεξης (session layer), επιτρέπει σε χρήστες διαφορετικών συστημάτων να εγκαθιδρύουν συνδιαλέξεις (sessions) μεταξύ τους.
- 6) Το επίπεδο παρουσίασης (presentation layer), ασχολείται με την σύνταξη και σημασιολογία των μεταδιδόμενων πληροφοριών.
- 7) Το επίπεδο εφαρμογών (application layer), περιλαμβάνει μια ποικιλία πρωτοκόλλων που απαιτούνται από τους χρήστες.

Το μοντέλο αναφοράς TCP/IP αποτελείται από 4 επίπεδα :

- 1) Το επίπεδο συνδέσμου (link layer), είναι το χαμηλότερο επίπεδο του μοντέλου tcp/ip και χρησιμοποιείται στη διασύνδεση και μετάδοση των πακέτων μεταξύ των υπολογιστικών συστημάτων.
- 2) Το επίπεδο δικτύου (network layer), επιτρέπει την τροφοδοσία των πακέτων από τα υπολογιστικά συστήματα μέσα από οποιοδήποτε δίκτυο ανεξάρτητα του προορισμού τους και της σειράς αποστολής τους.
- 3) Το επίπεδο μεταφοράς (transport layer), επιτρέπει την συνομιλία μεταξύ των συστημάτων για την μεταφορά των πακέτων τους σε άλλα συστήματα.
- 4) Το επίπεδο εφαρμογών (application layer), περιέχει όλα τα πρωτόκολλα του ανωτέρου επιπέδου.



Εικ. 22
Τα επίπεδα που υλοποιούν τα 2 μοντέλα αναφοράς OSI, TCP/IP για την αρχιτεκτονική ενός δικτύου.

3.1.5 Συσκευές μεταφοράς και ανάπτυξης του δικτύου

Η επικοινωνία και μετάδοση των δεδομένων και μηνυμάτων μεταξύ των υπολογιστικών μονάδων διακρίνεται σε επίπεδα ανάλογα με την υποδομή, την ασφάλεια και την διαθεσιμότητα των επικοινωνιακών πόρων των εσωτερικών συστημάτων ενός Data Center και των εξωτερικών συστημάτων, όπου αποτελούν μέρος του διαδικτύου.

Οι συσκευές που αποτελούν το βασικό κορμό στην μετάδοση των δεδομένων σε μια υποδομή όπου τα συστήματα είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους διακρίνονται από :

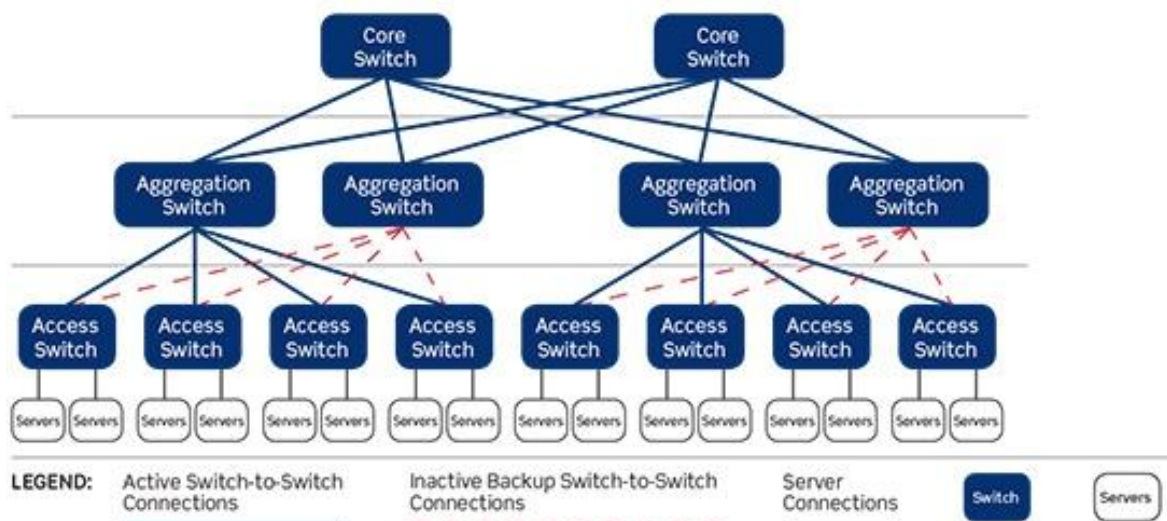
- 1) Δρομολογητές (routers) όπου χρησιμοποιούνται στην δρομολόγηση και την μετάδοση ενός μηνύματος (packet) προς τη σωστή κατεύθυνση, μέσω μιας εσωτερικής λίστας που κατέχουν και ενημερώνουν συνεχώς με τις γειτονικές μονάδες και δίκτυα που επικοινωνούν, ώστε να αποστέλλουν και να λαμβάνουν τα διακινούμενα μηνύματα μέσω των γραμμών επικοινωνίας. Οι δρομολογητές κάνουν χρήση του επιπέδου δικτύου (network layer).
- 2) Μεταγωγείς σημάτων (switches) όπου χρησιμοποιούνται για την διασύνδεση των συσκευών, που ανήκουν στο ίδιο επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων (data link layer) του μοντέλου OSI, και την μεταφορά των μηνυμάτων με την χρήση τεχνικών πακέτων διαμεταγωγής (packet switching). Οι μεταγωγείς συνδέουν πολλά υπολογιστικά συστήματα σε ένα δίκτυο και διανέμουν τα μηνύματα μόνο στους παραλήπτες τους χωρίς να αποστέλλονται στις υπόλοιπες συσκευές του δικτύου.
- 3) Διακλαδωτές (hubs) χρησιμοποιούνται για την διασύνδεση συσκευών μέσω του φυσικού επιπέδου (physical layer) του μοντέλου OSI και προωθούν μια σειρά από bits, τα οποία αποτελούν ένα μήνυμα, προς όλες τις θύρες (ports) που υπάρχουν συνδεδεμένες συσκευές.
- 4) Γέφυρες δικτύων (bridges) χρησιμοποιούνται για την διασύνδεση διαφορετικών δικτύων LAN με το ίδιο πρωτόκολλο επικοινωνίας και λειτουργούν στο επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων (data link layer).
- 5) Πύλες εξόδου (gateways), χρησιμοποιούνται για την μεταφορά των δεδομένων από το εσωτερικό δίκτυο (LAN) σε μεγαλύτερης εμβέλειας δίκτυα (WAN) ή στο διαδίκτυο. Επικοινωνούν με διαφορετικά δίκτυα και λειτουργούν στο επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων (data link layer).

Οι συσκευές που διαχειρίζονται την μεταφορά των πακέτων σε ένα δίκτυο μιας υποδομής Data Center μοντελοποιούνται με τη χρήση τοπολογιών και διακρίνονται ανάλογα με το επίπεδο της ιεραρχίας και των λειτουργιών που εκτελούν. Οι τοπολογίες που εφαρμόζονται σε μια υποδομή Data Center διακρίνονται και επιλέγονται με βάση την αξιοποίηση των αναγκών και της ανάπτυξης του δικτύου. Επιγραμματικά αναφέρουμε ότι οι τεχνολογίες μοντελοποίησης που εφαρμόζονται σε υποδομές Data Center είναι οι τοπολογίες 3 Tier Level

DCN, Fat Tree DCN, DCell, Bcube, FiConn, Jelly Fish, Scafida.

Στη παρούσα εργασία θα αναφερθούμε στη κυριότερη τοπολογία που χρησιμοποιείται στην κατασκευή ενός Data Center την τοπολογία 3 επιπέδων (3 Tier Level CDN) {εικ.23} όπου αποτελείται από :

- 1) Το Επίπεδο πρόσβασης (Access Layer / Edge Layer), αφορά τους μεταγωγείς (switches) που είναι με φυσικές μεθόδους συνδεδεμένοι οι διακομιστές ολόκληρου του rack και αναφέρονται ως ToR switches.
- 2) Το Επίπεδο συγκέντρωσης (Aggregation Layer / Distribution Layer), αφορά την συγκέντρωση της διασύνδεσης των επιπέδων πρόσβασης με συσκευές ανώτερων επιπέδων που προσθέτουν επιπλέον υπηρεσίες στην μεταφορά των δεδομένων όπως τείχη προστασίας (firewall), αλγόριθμους ανίχνευσης εισβολών του δικτύου (intrusion detection) και αναλυτές διακίνησης των δεδομένων (network analysis).
- 3) Επίπεδο πυρήνων (Core Layer), αφορά την διακίνηση των πακέτων που εισέρχονται ή εξέρχονται από το Data Center παρέχοντας την διασύνδεση πολλαπλών επιπέδων συγκέντρωσης.

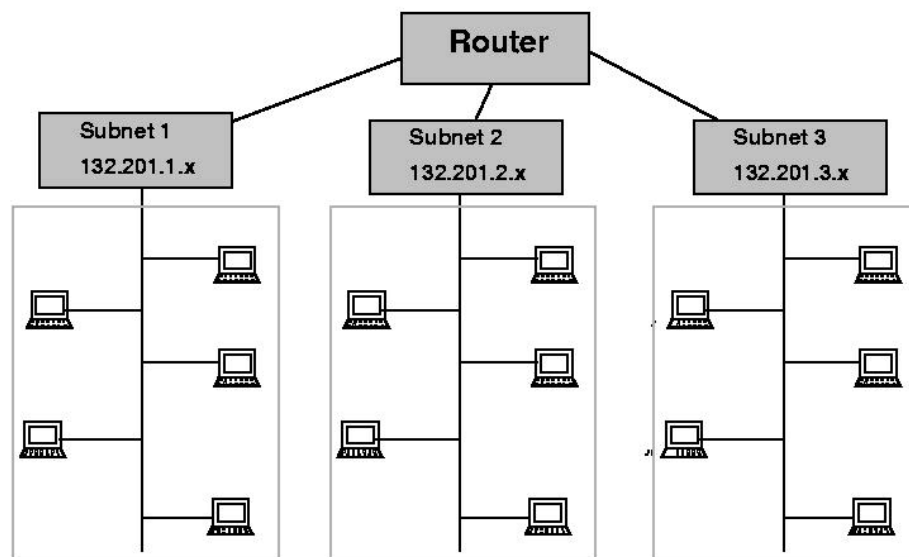


Εικ. 23
Τα επίπεδα αρχιτεκτονικής δικτύου 3-Tier Level σε ένα Data Center.

3.1.6 Εικονικά τοπικά δίκτυα VLAN

Κατά τη δημιουργία ενός δικτύου υπολογιστικών συστημάτων λαμβάνεται ως βασικός παράγοντας η μελλοντική ανάπτυξη και επέκταση του καθώς και οι προϋποθέσεις για την εισαγωγή νέων συστημάτων σε αυτό. Η επικοινωνία των βασικών συσκευών που υλοποιούν ένα δίκτυο σε συνδυασμό με τις συσκευές που είναι διασυνδεδεμένες επάνω στις συσκευές υποδομής (switches, routers, hubs κτλ) βασίζεται στην απόδοση διευθύνσεων IPs σύμφωνα με τα πρότυπα (Internet Protocols) IPv4 και IPv6 χρησιμοποιώντας πεδίο διευθύνσεων 32bits και 64bits αντίστοιχα.

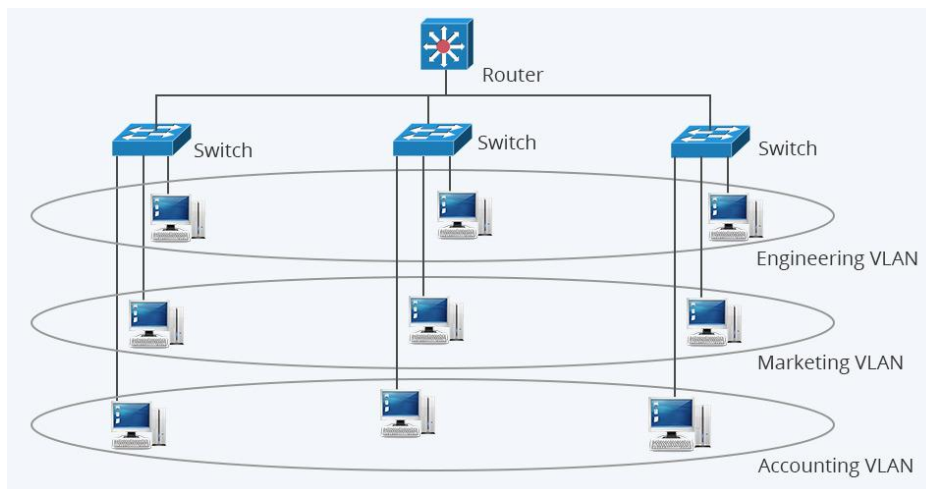
Ανάλογα με τον αριθμό του συνόλου των συσκευών που θα βρίσκονται διασυνδεδεμένες σε ένα δίκτυο IP και τα τμήματα που θα απαρτίζονται οι μηχανικοί διαχωρίζουν τις διευθύνσεις και δημιουργούν διαμερίσματα με συστοιχίες διευθύνσεων αποσκοπώντας στη πρόβλεψη μελλοντικών αναγκών, με την διαδικασία του Subnetting {εικ.24}. Η διαδικασία του subnetting αποτελεί την λογική δομή διαχωρισμού ενός δικτύου σε υποδίκτυα με την χρήση συσκευών διαμεταγωγών και δρομολογητών στο επίπεδο δικτύου (Level 3) του μοντέλου OSI, μέσω φυσικών διασυνδέσεων αποσκοπώντας κυρίως στη μεγέθυνση του και τον αριθμό διευθύνσεων που το αποτελούν. Έτσι επιτυγχάνεται η τμηματοποίηση των διασυνδεδεμένων συσκευών σύμφωνα με την οργάνωση της επιχείρησης και τα κριτήρια που θεσπίζονται από τον υπεύθυνο λειτουργίας του πληροφοριακού συστήματος.



Εικ. 24
Τμηματοποίηση ενός δικτύου με τη μέθοδο υποδικτύωσης.

Η υποδικτύωση ενός IP δικτύου μπορεί να υλοποιηθεί εκτός από τη λογική μέθοδο φυσικής διασύνδεσης και με την χρήση εικονικών διασυνδέσεων κάνοντας χρήση μόνο συσκευών διαμεταγωγής (switches) στο επίπεδο συνδέσμου μεταφοράς δεδομένων (Level 2) του μοντέλου OSI. Στα εικονικά δίκτυα (VLAN) {εικ.25} η υποδικτύωση - τμηματοποίηση του δικτύου επιτυγχάνεται με την δημιουργία ξεχωριστών ομάδων (groups), στις οποίες οι συσκευές που ανήκουν στην κάθε ομάδα επικοινωνούν μόνο με αυτή, ενώ για την ανάπτυξη και μεγέθυνση του δικτύου χρησιμοποιείται και η υποδικτύωση (subnetting) μέσω των φυσικών διασυνδέσεων.

Η εικονική τμηματοποίηση παρέχει το πλεονέκτημα ότι δεν είναι αναγκαίο οι συσκευές που ανήκουν στην ίδια ομάδα να βρίσκονται στο ίδιο μέρος χωροταξικά για την ανταλλαγή των πακέτων τους. Έτσι με την μέθοδο της εικονικής υποδικτύωσης επιτυγχάνεται η ασφαλής επικοινωνία μεταξύ απομακρυσμένων συσκευών, χωρίς την ανάγκη μεσολάβησης ενδιάμεσων δρομολογητών, διατηρώντας σε χαμηλό επίπεδο τα collision των πακέτων που μεταφέρονται και καθιστώντας ευκολότερη τη διαχείριση του συνόλου του δικτύου.

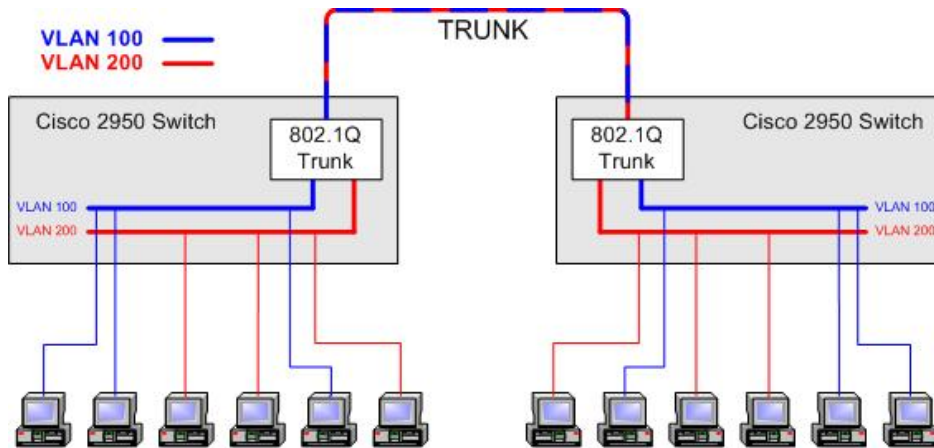


Εικ. 25
Τμηματοποίηση ενός δικτύου με τη μέθοδο εικονικής υποδικτύωσης VLAN.

3.1.6.2 Διευθυνσιοδότηση σε VLAN

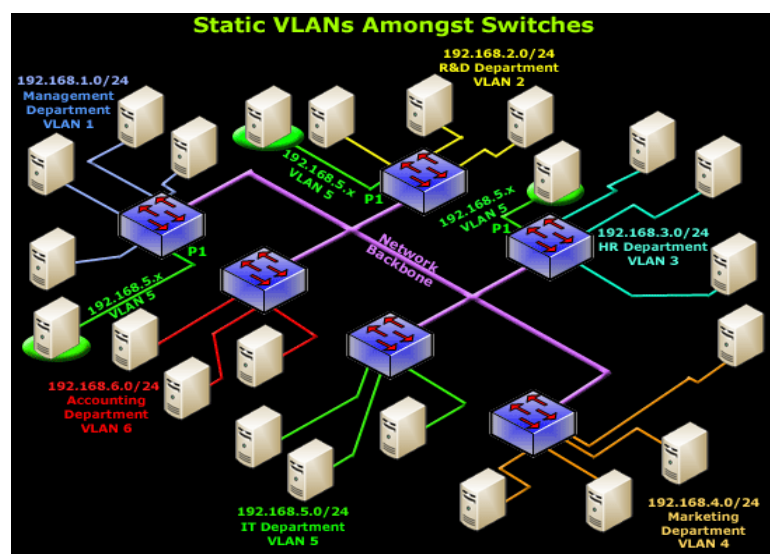
Τα δίκτυα που έχουν αναπτυχθεί με την λογική μέθοδο εικονικής τμηματοποίησης μπορούν να λάβουν διαφορετικές διευθύνσεις χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργία των συσκευών που ανήκουν στην ομάδα τους. Η δομή του δικτύου αποτελείται από τη διάλυο βασικού κορμού (Network Backbone) όπου διασυνδέονται οι διαμεταγωγείς για την μεταξύ τους μεταφορά

των πακέτων τους με την μέθοδο πολυπλεξίας (trunking) (εικ.26) ενώ οι περιφερειακοί δίαυλοι χρησιμοποιούνται για την διασύνδεση των συσκευών. Η εικονική διευθυνσιοδότηση διαχωρίζεται ανάλογα με τον τρόπο που ορίζεται η πόρτα διεπαφής του εικονικού δικτύου στους διαμεταγωγείς και διακρίνεται σε Static VLANs ^{εικ.27} και Dynamic VLANs ^{εικ.28}.



Εικ. 26
Μεταφορά πακέτων VLANs με πολυπλεξία.

Static VLANs : Με την επιλογή αυτή ορίζονται από το διαχειριστή τα switch ports για κάθε ξεχωριστό VLAN ID. Τα switch δεν ενδιαφέρονται για τις διευθύνσεις IP των VLANs αλλά εκτελούν την μεταφορά των πακέτων σε σχέση με την πόρτα που ανήκει το κάθε VLAN.



Εικ. 27
Διευθυνσιοδότηση με τη χρήση Static Addressing.

Dynamic VLANs : Τα switch ports με τα VLAN IDs διαχειρίζονται από έναν εξυπηρετητή VMPS (VLAN Member Policy Center) όπου εκτελεί την συσχέτιση των διευθύνσεων MAC Address των διασυνδεδεμένων συσκευών με το αντίστοιχο VLAN ID που ανήκουν οι διευθύνσεις αυτές.

A VMPS Server Essentially Maps VLANs to MAC's

Entry	VLAN Membership	MAC Address
1	2	5D:FF:68:DE:22:0A
2	4	5A:09:DF:FF:41:12
3	4	1A:B4:4F:CC:35:32
4	12	8E:E3:FA:C8:B2:63
5	4	F2:3D:A9:00:37:42
6	4	C4:72:36:FF:A2:61
7	12	5B:90:03:BB:BC:25
8	12	B9:42:27:A3:7F:1F
9	2	DD:0D:26:52:78:35
10	2	C4:42:25:1F:DA:94

Εικ. 28
Διευθύνσιοδότηση με τη χρήση Dynamic Addressing.

Κεφάλαιο 4^ο (Εικονικοποίηση Υπολογιστικών Συστημάτων)

4.1 Εισαγωγή στο Virtualization (Εικονικοποίηση)

Η συγκέντρωση του υλικοτεχνικού εξοπλισμού μέσα σε ένα χωροταξικό πλαίσιο (data center), η τεχνική υποστήριξη των υλικών και άυλων δομών καθώς και η κεντρική διαχείριση των πόρων προσδίδουν πολλαπλά οφέλη στις επιχειρήσεις. Όμως κατά το παρελθόν η δημιουργία μιας χωροταξικής υποδομής για την στέγαση και φιλοξενία των συστημάτων επεξεργασίας δεδομένων για έναν οργανισμό απαιτούσε μεγάλα κόστη τόσο για την δημιουργία και συντήρηση του όσο και για την ενεργειακή κατανάλωση για την καθημερινή λειτουργία του.

Το κόστος κατανάλωσης ενέργειας, σε αντίθεση με τις υψηλές τιμές της παραγωγής και διάθεσης, του ηλεκτρικού ρεύματος ώθησαν τις εταιρίες που κάτεχαν τέτοιου είδους εξοπλισμό στη αναζήτηση λιγότερο ενεργοβόρων υποδομών σε φυσικά μεγέθη και μικρότερες απαιτήσεις σε ενεργειακούς πόρους συμμετέχοντας έτσι, με το μικρότερο αντίκτυπο, στο οικολογικό αποτύπωμα του πλανήτη. Οι απαιτήσεις για μικρότερα κόστη τόσο στην παραγωγή των έργων όσο και στην κατανάλωση των πόρων επιτεύχθηκαν με την ανάπτυξη και χρήση νέων τεχνολογιών τόσο στα υλικά μέρη των πληροφοριακών συστημάτων όσο και στο τομέα του λογισμικού. Χαρακτηριστικά όπως η αρχιτεκτονική στο σχεδιασμό των σύγχρονων επεξεργαστών και η ανάπτυξη λειτουργικών συστημάτων και εφαρμογών με έμφαση στην διαχείριση και εκτέλεση της παράλληλης επεξεργασίας των δεδομένων αποτελούν τους βασικούς πυλώνες για την επίτευξη των στόχων αυτών.

Η εικονικοποίηση (virtualization) θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ο μηχανισμός όπου αποπλέκει την εξάρτηση του hardware και των φυσικών πόρων από τις λειτουργίες και τις εφαρμογές που εκτελούν τα πληροφοριακά συστήματα που αποτελούνται από servers και την εύκολη μετακίνηση των συστημάτων τους σε άλλες hardware υποδομές server. Ο διαμοιρασμός των πόρων, ανάλογα με τις απαιτήσεις του κάθε έργου, η οργάνωση και ασφάλεια των δεδομένων σε περιπτώσεις μερικής ή ολικής απώλειας πόρων ή δεδομένων και η κεντροποιημένη διαχείριση τους καθιστά στις ψηφιακές κοινωνίες την τεχνολογία virtualization ως το θεμέλιο θεσμό για την αδιάλειπτη και συνεχή παροχή της πληροφορίας. Ενδεικτικά, εταιρίες που παρέχουν λογισμικό εικονικοποίησης είναι οι : Oracle Virtualbox, VMware, Citrix Xen, Microsoft Hyper-V, Amazon EC2. Αναφορικά, οι κύριες διαφορές που

έχουν μεταξύ τους αφορά τη διαχείριση τους.

4.2 Μοντέλα Εικονικοποίησης (Virtualization Models)

Η τεχνολογία του virtualization μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλαπλά επίπεδα {εικ.29} σε μια υποδομή με πληροφοριακά συστήματα (Data Center) τα οποία η υλοποίησή τους αποτελείται από :

Server Virtualization : Αφορά την εγκατάσταση σε ανεξάρτητα μεταξύ τους τμήματα της φυσικής υπόστασης του Λειτουργικού Συστήματος σε εικονικά συστήματα ή εικονικές υπολογιστικές μηχανές (Virtual Machines). Ένα σύστημα που υλοποιεί το μοντέλο server Virtualization διαφοροποιείται και επεκτείνεται ανάμεσα στα δύο πλαίσια που απαρτίζουν ένα πλήρες σύστημα {εικ.30} :

- **Software Virtualization** : Εκτελεί παράλληλα ανεξάρτητα λειτουργικά συστήματα επάνω σε ένα κυρίως λειτουργικό σύστημα που ευθύνεται για την σωστή λειτουργία των ανεξάρτητων λογισμικών.
- **Hardware Virtualization** : Εκτελείται ένα λειτουργικό σύστημα σε ένα φυσικό μηχάνημα που αποτελείται από δικούς του πόρους το οποίο προσφέρει υπηρεσίες εικονικοποίησης χωρίς να υπάρχει εξάρτηση του από άλλο λειτουργικό σύστημα. Το φυσικό μηχάνημα αποτελεί πλέον και Host των εικονικών λειτουργικών συστημάτων που φιλοξενεί και μοιράζει τους πόρους του.

Storage Virtualization : Αφορά το διαμοιρασμό των φυσικών αποθηκευτικών χώρων που απαρτίζουν ένα πληροφοριακό σύστημα ή μια συστάδα αυτών σε μια ενιαία μονάδα που μοιράζεται στις εικονικές μηχανές που φιλοξενούνται - Guests - από έναν ή περισσότερα συστήματα server - Hosts - .

Network Virtualization : Αναφέρεται στο διαμοιρασμό της χωρητικότητας ενός δικτύου με διάσπαση του σε εικονικά ανεξάρτητα κανάλια μεταφοράς ως ένα εικονικό δίκτυο VLAN.

Management Virtualization : Αφορά τις εφαρμογές και τεχνολογίες που ελέγχουν και διαχειρίζονται μια υποδομή πληροφοριακών συστημάτων Data Center.

Desktop Virtualization : Αφορά την απομακρυσμένη διασύνδεση και προβολή των λειτουργιών που εκτελούνται μέσω μιας υποδομής που αποτελείται από εικονικές μηχανές.

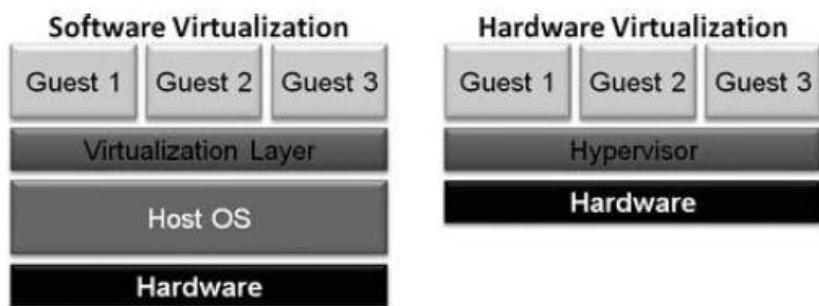
Presentation Virtualization : Αφορά πρωτόκολλα που υλοποιούν την διαχείριση των εικονικών μηχανών για τις βασικές ανάγκες πρόσβασης και λειτουργίας.

Application Virtualization : Αφορά την εικονικοποίηση ενός συστήματος σε επίπεδο εφαρμογών με σκοπό την ανεξαρτητοποίηση τους από το λειτουργικό σύστημα που εκτελούνται και την εκτέλεση των εφαρμογών σε πολλαπλά λειτουργικά συστήματα.



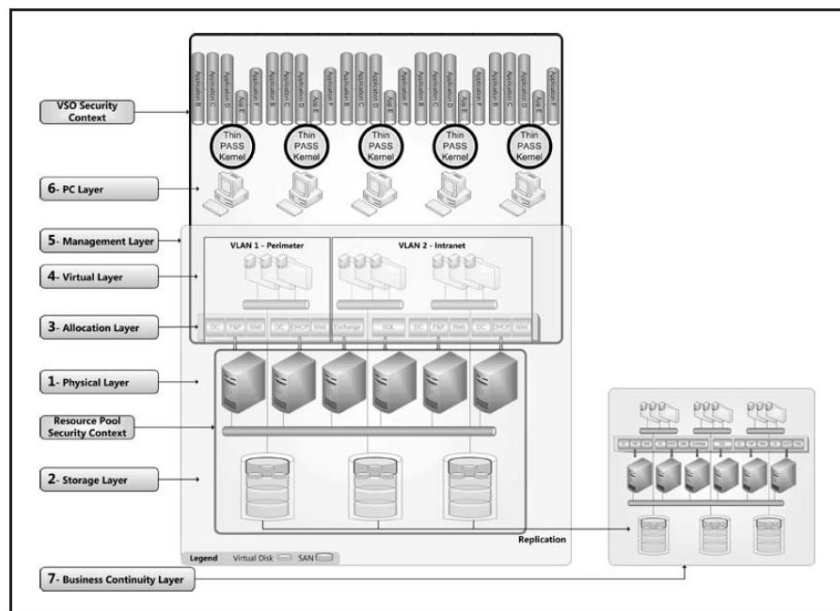
Εικ. 29

Μοντέλο Virtualization



Εικ. 30α

Διαχωρισμός υλικού και λογισμικού εικονοποίησης (bottom – up) στο μοντέλο Server Virtualization.



Εικ. 30β

Διαχωρισμός υλικού και λογισμικού εικονοποίησης στο μοντέλο Server Virtualization.

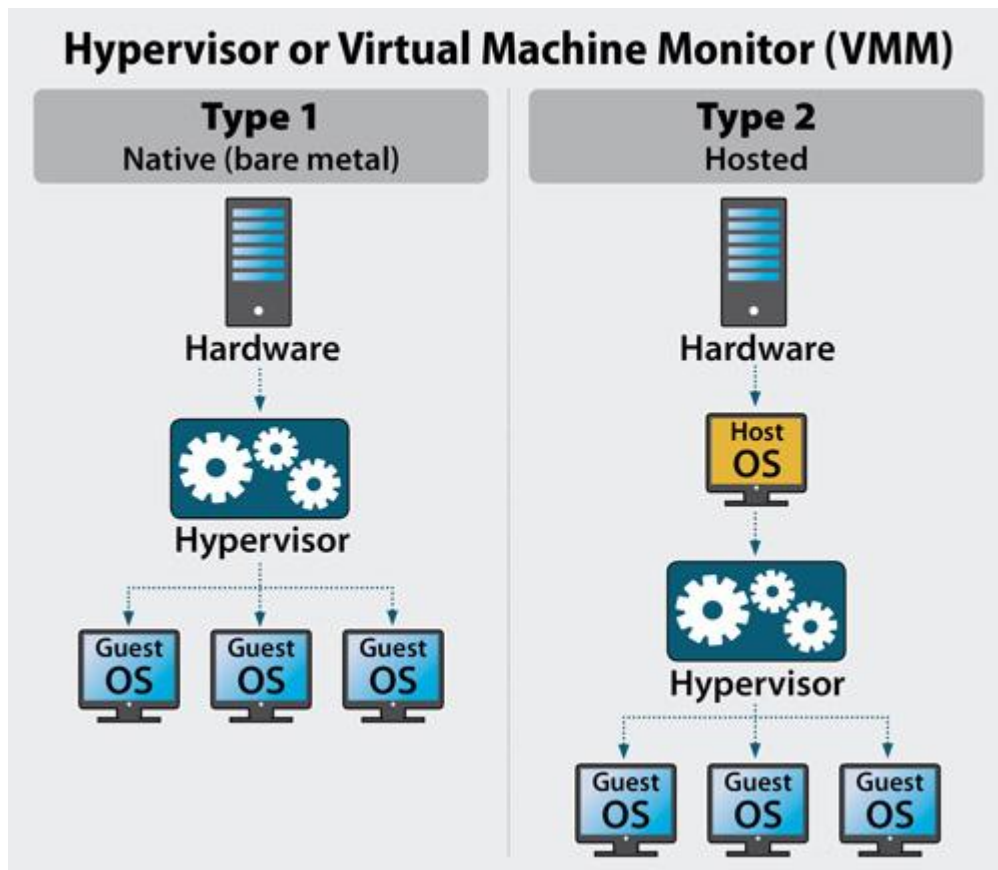
Τα πλαίσια που υλοποιούν το μοντέλο εικονικοποίησης των φυσικών συστημάτων αποτελούνται από τα ίδια βασικά χαρακτηριστικά διακρίνοντας στην bottom-up σχεδιαστική λογική ^{εικ.30α} ότι το βασικό χαρακτηριστικό που εκτελείται η λειτουργία αυτή είναι το φυσικό υλικό.

4.2.1 Hypervisor

Ο Hypervisor είναι το λογισμικό το οποίο δημιουργεί και εκτελεί εικονικές μηχανές (Virtual Machines). Διαμοιράζει τους πόρους του υπολογιστικού συστήματος, όπου βρίσκεται εγκατεστημένος, στις εικονικές μηχανές και ελέγχει την δραστηριότητα τους. Οι εικονικές μηχανές που δημιουργούνται από τον hypervisor είναι ανεξάρτητες από την υλικοτεχνική υποδομή που αποτελείται το υπολογιστικό σύστημα που τις φιλοξενεί (host) παρέχοντας έτσι την δυνατότητα μετακίνησης τους σε διαφορετικές μονάδες υπολογιστικών συστημάτων (hosts) χωρίς την απαίτηση και ανάγκη διαμόρφωσης τους στα ίδια πρότυπα και λογισμικά των προηγούμενων συστημάτων φιλοξενίας. Συνεπώς η δημιουργία εικονικών μηχανών (Virtual Machines) με την δομή του Hypervisor μειώνει και αξιοποιεί τις ανάγκες :

- α) Χώρου εγκατάστασης των συστημάτων σε μια υποδομή όπου θα απαιτούσε ίδιο αριθμό υπολογιστικών συστημάτων με αυτόν που εκτελούνται σε εικονικές μηχανές
- β) Ενεργειακών πόρων για τη λειτουργία των υπολογιστικών συστημάτων που δεν θα ανήκαν σε εικονικές μηχανές.
- γ) Υποστήριξης και συντήρησης του υλικοτεχνικού εξοπλισμού των υπολογιστικών συστημάτων που δεν θα ανήκαν σε εικονικές μηχανές.

Οι Hypervisors διακρίνονται σε 2 τύπους ανάλογα με την υλοποίηση που φιλοξενούνται ^{εικ.31} και διακρίνονται σε : (τύπος 1) όπου ο hypervisor εγκαθίστανται ως λειτουργικό σύστημα σε ένα υπολογιστικό σύστημα και εκτελείται στην υλικοτεχνική υποδομή του συστήματος. (τύπος 2) ο hypervisor εκτελείται σε επίπεδο λογισμικού, όπως οι υπόλοιπες εφαρμογές που αποτελούν μέρος τους συστήματος, μέσα από το λειτουργικό σύστημα και μοιράζεται τους πόρους με τις υπόλοιπες εφαρμογές με ότι συνεπάγεται στο διαμοιρασμό και την καθυστέρηση των πόρων και νημάτων επεξεργασίας. Ο hypervisor που υλοποιείται με τον τύπο 1 αποτελεί την κύρια εγκατάσταση σε συστήματα διακομιστών (servers).



Εικ. 31

Τύποι Hypervisor και μέθοδοι εκτέλεσης εικονικών μηχανών.

Η εγκατάσταση hypervisor συστημάτων σε ένα Data Center προσφέρει :

- α) Άμεση εγκατάσταση και εξυπηρέτηση εικονικών μηχανών διαχειρίζοντας τους ανάλογους πόρους σε σχέση με τις απαιτήσεις των εργασιών που τους αναθέτονται.
- β) Αποδοτικότητα στην αξιοποίηση του συνόλου των πόρων του υπολογιστικού συστήματος.
- γ) Ευελιξία στην λειτουργία των εικονικών μηχανών και τις εφαρμογές που εκτελούν χωρίς να υπάρχει η ανάγκη προσάρτησης συγκεκριμένου λειτουργικού συστήματος ή υλικοτεχνικού εξοπλισμού για την λειτουργία τους.
- δ) Φορητότητα των εικονικών μηχανών σε διαφορετικά συστήματα όταν αυτό απαιτείται με περισσότερους επεξεργαστικούς, αποθηκευτικούς ή δικτυακούς πόρους.

4.3 Εικονικές Μηχανές (Virtual Machines)

Εικονικοποίηση αναφέρεται ως ο μηχανισμός όπου αποπλέκει την εξάρτηση του hardware και των φυσικών πόρων από τις λειτουργίες και τις εφαρμογές που εκτελεί ένα πληροφοριακό σύστημα και δημιουργεί τις συνθήκες διαμερισματοποίησης του υλικού για την χρήση του από μικρότερες αυτόνομες εικονικές μηχανές που λειτουργούν και εκτελούν διαφορετικά λειτουργικά συστήματα και εφαρμογές χωρίς την μόνιμη και άμεση εξάρτηση τους από το υλικό αυτό.

Μια εικονική μηχανή για να λειτουργήσει πρέπει να αποτελείται, όπως και σε ένα αυτόνομο πληροφοριακό σύστημα, από το κατάλληλο υλικό και συσκευές εισόδου – εξόδου. Τα υλικά που απαιτούνται βρίσκονται και λειτουργούν κάτω από το πλαίσιο εικονικής μορφής με τη διαχείριση του να αναλαμβάνει πλέον ο Hypervisor. Συνεπώς η δημιουργία και λειτουργία μιας εικονικής μηχανής αποτελείται και καταγράφεται από αρχεία που περιλαμβάνουν τα συστατικά και τα πρότυπα των λειτουργιών και αποτελούνται από :

Configuration File : Περιέχει όλες τις πληροφορίες σχετικά με τα συστατικά που αποτελείται ένα φυσικό σύστημα (Τύπο και αριθμό CPU, Μνήμη, Διεπαφές δικτύου, Μονάδες αποθήκευσης κτλ.)

Hard Disk File : Περιέχει όλες τις πληροφορίες όπως αυτές καταγράφονται στην αποθηκευτική μονάδα ενός αυτόνομου συστήματος. Εκεί εμπεριέχονται το λειτουργικό σύστημα του Virtual Machine και όλες οι εφαρμογές που είναι εγκατεστημένες σε αυτό.

Virtual Machine State : Στο αρχείο αυτό αποθηκεύεται η κατάσταση που βρίσκεται μια εικονική μηχανή όσο αφορά την επιλογή μη λειτουργίας της διακρίνοντας την σε κατάσταση αναμονής (StandBy) και κατάσταση αδρανοποίησης (Hibernation).

Σε ένα σύστημα που φιλοξενεί εικονικές μηχανές το ρόλο της εγγραφής αυτών των αρχείων τον αναλαμβάνει η εφαρμογή εάν πρόκειται για AppV που λειτουργεί σε ένα σύστημα Desktop ή το λειτουργικό σύστημα του hypervisor σε περίπτωση που αποτελείται από εγκατάσταση ενός server. Στις περιπτώσεις αυτές η μνήμη των συστημάτων αυτών διαμοιράζεται και χρησιμοποιείται ως κοινή για όλες τις εικονικές μηχανές.

4.4 Αρχιτεκτονική ενός Data Center (Virtual Machines)

Ένα φυσικό σύστημα που παρέχει τους πόρους του για την φιλοξενία και λειτουργία εικονικών μηχανών αναπτύσσεται και αξιολογείται αναλόγως των απαιτήσεων που

εκπληρώνουν την λειτουργία του οργανισμού και την πληθώρα των χρηστών και εικονικών συστημάτων που μπορούν να προσαρτηθούν σε αυτό. Η επεκτασιμότητα του όμως στην αρχιτεκτονική ενός Data Center διακρίνεται και από την επιλογή να λειτουργεί ως τμήμα ενός συνόλου σε συνδυασμό με άλλα συστήματα ως μοντέλο βασιζόμενο στην δομημένη διασύνδεση πολλών υπολογιστικών μηχανών ώστε να λειτουργούν και να διακρίνονται ως μια ενιαία εικονική (virtual) παράλληλη μηχανή γνωστή και ως grid computing. Με την μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται παραλληλισμός στην επεξεργασία των δεδομένων με κοινή χρήση του συνόλου των πυρήνων των φυσικών μηχανών και το διαμοιρασμό του συνόλου της μνήμης. Διαφορετικές ομάδες τέτοιων υπολογιστικών συστημάτων όπου είναι διασυνδεδεμένες μεταξύ τους ονομάζονται server clusters. Οι υπολογιστές σε ένα grid δεν είναι υποχρεωτικό να βρίσκονται στον ίδιο χώρο αλλά μπορούν να λειτουργούν προσφέροντας τις υπηρεσίες τους ως ένα μοντέλο κατανομημένης δομής σε διαφορετικές τοποθεσίες περιγράφοντας έτσι ένα δίκτυο cloud computing. Η παροχή των υπηρεσιών που προσφέρει ένα cluster δεν διατίθεται μόνο από τις μονάδες επεξεργασίας σε ένα Data Center αλλά αποτελείται και από την ύπαρξη επιπλέον συστημάτων όπως μονάδων αποθήκευσης και διασύνδεσης τα οποία επίσης αποτελούν μέρος του συνολικού cluster. Επιπλέον η τεχνολογία της εικονικοποίησης συστημάτων εμπλέκει περισσότερο την δομή μιας τέτοιας υποδομής με την δημιουργία και διασύνδεση των εικονικών μηχανών μεταξύ τους και την δημιουργία της υποδομής ενός εικονικού cluster μέσα σε ένα φυσικό cluster περιπλέκοντας ακόμη περισσότερο την διαδικασία του σχεδιασμού της αρχιτεκτονικής. Επομένως η σωστή αρχιτεκτονική μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη εξυπηρέτηση και εφαρμογή των υπηρεσιών που διατίθενται από μια τέτοια υποδομή καθώς και στην διαχείριση της. Το μοντέλο διαστρωμάτωσης {εικ.30β} αποτελούμενο από την δημιουργία 7 επιπέδων της εικονικοποίησης αποτελεί την θεμελιώδη αρχή για την ανάπτυξη ενός Data Center που χρησιμοποιεί τεχνολογία virtualization.

1. Φυσικό επίπεδο : Περιλαμβάνει όλα τα υποσυστήματα και εξαρτήματα που αποτελείται μια υπολογιστική υποδομή.
2. Επίπεδο αποθήκευσης : Περιλαμβάνει τους πόρους και τα υποσυστήματα που αποτελούν την αποθηκευτική υποδομή καθώς και την εικονικοποίηση αυτής για την χρήση της από τις εικονικές μηχανές.
3. Επίπεδο κατανομής : Αποτελεί το δυναμικό τμήμα ελέγχου και διαμοιρασμού της εικονικής υποδομής. Εκεί διενεργείται η μεταφορά των αρχείων από host σε host, ο

διαμοιρασμός των φυσικών πόρων και η υλοποίηση των εικονικών δικτύων (VLAN) που βασίζονται σε εικονικές μηχανές (virtual machines).

4. Επίπεδο εικονικοποίησης : Επιλέγονται οι λειτουργίες και εφαρμογές που θα συμμετέχουν στο εικονικό επίπεδο όπως το εικονικό δίκτυο διασύνδεσης.
5. Επίπεδο διαχείρισης πόρων : Καθορίζει, στα συστήματα που λειτουργούν με την μορφή της εικονικοποίησης, από ποιο σύστημα θα παρέχονται οι φυσικοί πόροι που θα καταναλώνουν καθώς και σε ποια αποθηκευτική μονάδα θα προορίζονται και ανακτώνται τα δεδομένα τους.
6. Επίπεδο προσωπικών συστημάτων : Αποτελεί και θέτει την πρόσβαση των συστημάτων προς τους χρήστες που εκτελούν τις εφαρμογές τους και τις επικείμενες εργασίες που δραστηριοποιούνται.
7. Επίπεδο απρόσκοπτης λειτουργίας : Ορίζονται οι συνθήκες και οι πόροι που απαιτούνται για την μεταφορά των εικονικών μηχανών σε διαφορετική υποδομή από αυτή που φιλοξενούνται με σκοπό την απρόσκοπτη λειτουργία τους σε περιπτώσεις απρόβλεπτων λειτουργικών ή φυσικών γεγονότων.

4.5 Διαχείριση εικονικοποιημένης υποδομής

Οι λειτουργίες μιας υποδομής Data Center απαιτούν την ανάλογη διαχείριση των επιμέρους τμημάτων της, από το αντίστοιχο προσωπικό για το κάθε τμήμα ξεχωριστά, με ιδιαίτερες γνώσεις επάνω σε θέματα λειτουργικότητας που μπορούν να προκύψουν. Μια υποδομή Data Center που χρησιμοποιεί τεχνολογία εικονικοποίησης για την προσφορά των υπηρεσιών της, δεν λειτουργεί ως μια απλή υποδομή αλλά ενσωματώνει δυναμικές λειτουργίες, όπου πλέον η διαχείριση της δεν αφορά μόνο φυσικές δραστηριότητες αλλά τις ενσωματώνει ως λειτουργίες σε δύο επίπεδα. Το επίπεδο «φυσικών πόρων» όπου αποτελείται από μια ή περισσότερες ομάδες υπαρκτών στοιχείων όπως διακομιστές, δικτυακός εξοπλισμός, μονάδες κοινής αποθήκευσης, όπου διαθέτουν τους πόρους τους ως σύνολο για την λειτουργία και υλοποίηση έργων, γνωστό και ως grid computing. Το επίπεδο «εικονικών υπηρεσιών» όπου αποτελείται από τις εικονικές μονάδες virtual machines και την δυναμική λογική που τα απαρτίζουν, με τα υπόλοιπα εικονικά στοιχεία και μονάδες διασύνδεσης και αποθήκευσης, διαθέτει τις υπηρεσίες του στους τελικούς αποδέκτες – χρήστες για την υλοποίηση και εκπόνηση των έργων τους. Κάθε επίπεδο λειτουργεί ξεχωριστά και δεν γίνεται διακριτό το

ένα στο άλλο. Η διαχείριση τους απαιτεί συνήθως διαφορετικών ρόλων προσωπικό διαχείρισης με τις κατάλληλες γνώσεις στην φυσική και εικονική δομή.

Η διαχείριση των δυναμικών Data Center αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα έργα επίβλεψης και άμεσης πρωτοβουλίας λύσεων, τόσο σε περιπτώσεις απρόβλεπτων λειτουργικών καταστάσεων όσο και στην εξασφάλιση της ισορροπημένης και ομαλής λειτουργίας τους, από τους υπεύθυνους μηχανικούς με την φυσική αλλά και λειτουργική παρατήρηση των συσκευών και εικονικών υπηρεσιών που αποτελούν το σύστημα αυτό. Η επιτήρηση επιτυγχάνεται με τη βοήθεια εργαλείων παρακολούθησης, ελέγχου και προειδοποίησης σε 24ωρη βάση. Η συνεχής ανίχνευση των ελαττωματικών φυσικών συστημάτων με την έγκαιρη προειδοποίηση των μηχανικών συμβάλλει στην παρουσία διαθέσιμων πόρων συνεχόμενα προς τους χρήστες και τις υπηρεσίες όταν απαιτούνται και την ομαλή λειτουργία του δυναμικού Data Center. Τα συστήματα που απαρτίζουν ένα δυναμικό Data Center διαθέτουν λειτουργίες οι οποίες κατά την διαχείριση τους είναι εφικτό να ελέγχουν και να διαμοιράζουν την ανάγκη του συνόλου των πόρων και την εξισορρόπηση τους μέσα σε ένα cluster ανάλογα με τις λειτουργικές ανάγκες των εφαρμογών.

4.6 Δυναμική διαχείριση εικονικών μηχανών (VM Management)

Κατά την εγκατάσταση ενός συστήματος hypervisor ορίζονται από τους μηχανικούς οι ελάχιστες προϋποθέσεις που απαιτούνται ώστε τα συστήματα που βρίσκονται στην υποδομή να μεταβάλλουν την διαθεσιμότητα και εξισορρόπηση των πόρων σε πραγματικό χρόνο. Την αυτοματοποιημένη διαχείριση {εικ.32} (VM Manager) των εργασιών αυτών αναλαμβάνει ένα λογισμικό, το οποίο συνυπάρχει είτε ως ενσωματωμένη εφαρμογή του hypervisor είτε ως εφαρμογή τρίτου κατασκευαστή, όπου επικοινωνεί με τον εγκατεστημένο hypervisor. Για λόγους ασφάλειας και ευελιξίας η εφαρμογή εκτελείται σε εικονική μηχανή της υποδομής και χρησιμοποιείται ως διεπαφή ανάμεσα στους διαχειριστές του datacenter, την υλικοτεχνική πληροφοριακή υποδομή και τον hypervisor δίνοντας πληροφορίες και ανιχνεύοντας σε πραγματικό χρόνο σφάλματα ή καταστάσεις λειτουργίας σχετικά την κατάσταση της συνολικής υποδομής.

Οι λειτουργίες της εφαρμογής διαχείρισης (VM Manager) ανάλογα με τον τύπο hypervisor που είναι εγκατεστημένος και το σχεδιασμό της εφαρμογής καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών διαχείρισης {εικ.33} με κύριους άξονες :

α) Την διαχείριση πόρων των συστημάτων που ανήκουν στο Data Center και το διαμοιρασμό τους στο πλήθος των εικονικών μηχανών (Virtual Machines) ανάλογα με τις απαιτήσεις των

εφαρμογών που εκτελούνται σε κάθε VM. Οι πόροι αφορούν όλες τις συσκευές της υλικοτεχνικής υποδομής, που αποδίδουν τους κοινά διαθέσιμους πόρους τους στον Hypervisor που είναι εγκατεστημένος στο Data Center, και διακρίνονται στα δικτυακά συστήματα (Routers, Switches), τα συστήματα αποθήκευσης (SAN Storages) και τα συστήματα επεξεργασίας (Servers, GPUs).

β) Τις διεργασίες που ασχολούνται με την διαχείριση των πόρων από την εξωτερική υποδομή στην εσωτερική δομή του hypervisor. Τέτοιες διεργασίες είναι η τμηματοποίηση του εξωτερικού δικτύου σε εσωτερικά VLAN Networks και η διευθέτηση των σημάτων επικοινωνίας με τις εσωτερικές διευθύνσεις IP και τους εικονικούς προσαρμογής δικτύου που συνάπτονται σε κάθε εικονική μηχανή (VM), η διευθέτηση των πόρων από το διαμοιρασμό των φυσικών υπολογιστικών συστημάτων και η διευθυνσιοδότηση των δεδομένων από τις μονάδες αποθήκευσης στις εικονικές μηχανές.

γ) Τη δημιουργία και ανάπτυξη των εικονικών μηχανών στον Hypervisor με διαμορφωμένα στοιχεία όπως ορίζονται από τους διαχειριστές σύμφωνα με τις ανάγκες που πρόκειται να εξυπηρετήσουν τόσο σε επίπεδο πόρων όσο και στην εφαρμογή που θα εκτελείται. Η διαμόρφωση των χαρακτηριστικών που θα διέπουν κάθε εικονική μηχανή περιλαμβάνει :

i) το τύπο του επεξεργαστή καθώς και τον αριθμό των επεξεργαστών και πυρήνων του όπου θα αποτελείται.

ii) το μέγεθος της μνήμης RAM.

iii) τον αριθμό των αποθηκευτικών μέσων και τον τύπο όπου θα απαρτίζουν την εικονική μηχανή (πχ SCSI, SATA, IDE).

iv) τον αριθμό των ελεγκτών USB που θα είναι διαθέσιμοι.

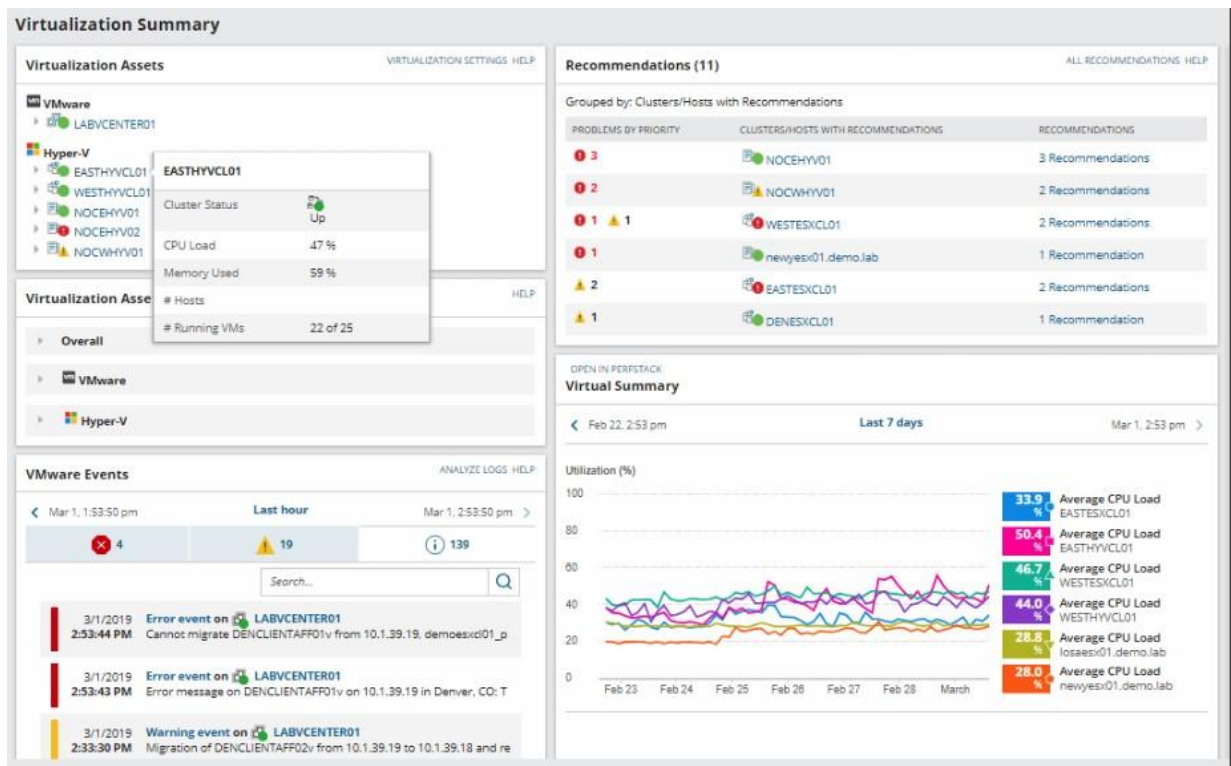
v) τους ελεγκτές διασύνδεσης δικτύου που θα είναι διαθέσιμοι καθώς και ο τύπος τους, το είδος διασύνδεσης τους (π.χ BRIDGED, NAT κ.α).

vi) ο αριθμός των οθονών που θέλουμε να φιλοξενεί το σύστημα καθώς και την μέγιστη ανάλυση τους.

vii) επιπλέον θύρες για την διασύνδεση περιφερειακών όπως εκτυπωτές, scanner σε θύρες του τύπου (SERIAL, PARALLEL).

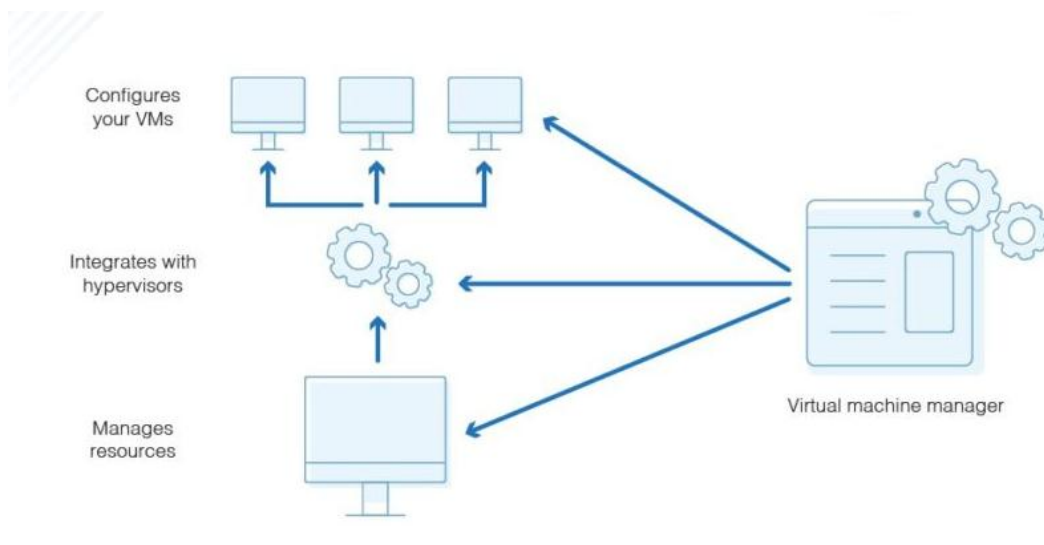
Επομένως με την χρήση λογισμικού και εφαρμογών διαχείρισης των εικονικών μηχανών σε ένα Data Center διευθετούνται και αυτοματοποιούνται οι ανάγκες επίβλεψης από τους μηχανικούς και προλαμβάνονται καταστάσεις που μπορούν να πλήξουν την ομαλή λειτουργία

του. Χωρίς τα εργαλεία αυτά θα ήταν αδύνατη η διαχείριση εκατοντάδων ή και χιλιάδων εικονικών μηχανών είτε ανήκουν σε ένα Data Center ή σε διασυνδεδεμένα στο cloud Data Centers.



Εικ. 32

Εφαρμογή διαχείρισης VM Manager εικονικών μηχανών DataCenter της εταιρίας SolarWinds.



Εικ. 33

Παραστατικά οι κύριες λειτουργίες διαχείρισης που εκτελεί μια εφαρμογή VM Manager.

4.6.1 Κύκλος διαχείρισης εικονικών μηχανών (VM Lifecycle Management)

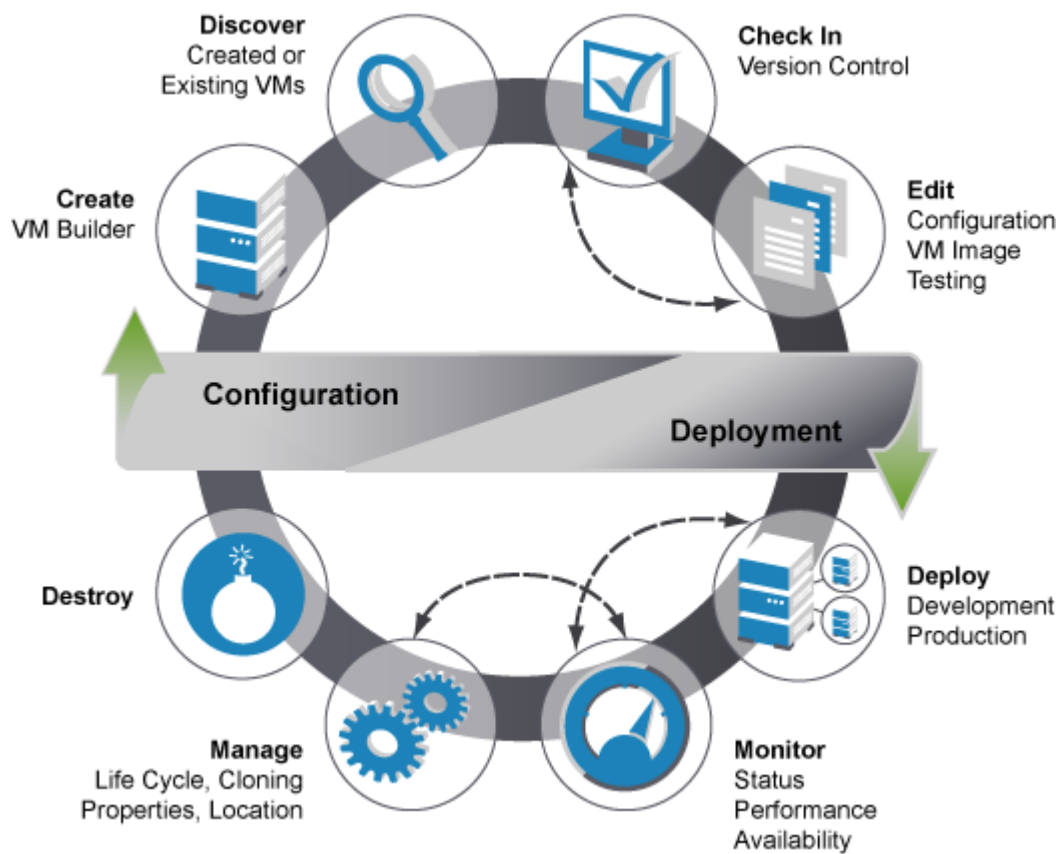
Η δημιουργία και υλοποίηση μιας εικονικής μηχανής που πραγματοποιείται από το λογισμικό διαχείρισης απαιτεί την ύπαρξη και εκτέλεση μια σειράς αποφάσεων και καταστάσεων ^{εικ.34} καθ'όλη την διάρκεια της κατασκευής μέχρι την ολοκλήρωση της εικονικής μηχανής. Οι καταστάσεις αυτές είναι μέρος της συνολικής διαχείρισης (Virtual Machine Management) και διακρίνονται στις αυτοματοποιημένες από το λογισμικό και τις μη αυτοματοποιημένες όπου τα συμβάντα ορίζονται από την αρχιτεκτονική που ορίζουν οι μηχανικοί.

Μη αυτοματοποιημένες : Οι καταστάσεις αυτές ορίζονται από τους μηχανικούς του Data Center και αφορούν ενέργειες όπου δεν λαμβάνονται αποφάσεις αυτόματα για την δημιουργία (creation) και την εφαρμογή (deployment) μιας εικονικής μηχανής αλλά απαιτούν την ανάλυση των συστατικών που θα περιλαμβάνουν καθώς και το χρονικό τέλος ζωής τους από την στιγμή της δημιουργίας τους. Οι δεδομένες καταστάσεις διαφέρουν ως προς την αρχιτεκτονική του Data Center για τον λόγο ότι κατά την δημιουργία ενός αριθμού εικονικών μηχανών διενεργούνται αλλαγές στο σύνολο του Data Center σχετικά με το χρόνο διάθεσης των πόρων που απαιτούνται στην τοπολογία της υποδομής. Η μετακίνηση των εικονικών μηχανών μεταξύ διαφορετικών φυσικών συστημάτων και η διαπερατότητα σχετικά με την διαθεσιμότητα της φυσικής υποδομής, διότι χωρίς την φυσική παρουσία υποδομής δεν υπάρχει εικονική υποδομή, αποτελούν επιλογές των μηχανικών. Επομένως για την σωστή λειτουργία των εικονικών μηχανών θα πρέπει να έχουν υπολογιστεί οι ανωτέρω καταστάσεις.

Αυτοματοποιημένες : Οι καταστάσεις αυτές περιλαμβάνουν ενέργειες οι οποίες υλοποιούνται από το σύστημα διαχείρισης μετά από τις αρχικές συνθήκες που ορίζονται από τους μηχανικούς. Ο κύκλος που τελεί μια υλοποίηση εικονικής μηχανής ορίζεται στην κατάσταση της διαμόρφωσης και της εφαρμογής της. Οι καταστάσεις διαμόρφωσης είναι η δημιουργία, η αναζήτηση, η ενημέρωση του λογισμικού της και η διαμόρφωση της κατά την διαδικασία του ελέγχου λειτουργίας της. Εφ'όσον είναι όλα τα χαρακτηριστικά λειτουργικά η διαδικασία προχωράει στο επίπεδο της εφαρμογής της στο Data Center, για τους σκοπούς που θα εξυπηρετεί, και φορτώνονται τα λογισμικά στοιχεία, λειτουργικό σύστημα και εφαρμογές, και ξεκινάει η διαδικασία λειτουργίας της όπου πλέον μπαίνει σε κατάσταση επίβλεψης στο συνολικό σύστημα μαζί με την τοποθέτηση της στη τοπολογία του δικτύου και την επικείμενη κλωνοποίηση της, για τη δημιουργία επιπλέον μελλοντικών μηχανών ίδιων χαρακτηριστικών, μέχρι την απόφαση καταστροφής της.

Η καταστροφή μιας εικονικής μηχανής ορίζεται ως η μόνιμη διαγραφή της από το σύστημα με ότι αποθηκευτικά μέσα και δεδομένα μπορεί να περιλαμβάνει αυτή χωρίς να υπάρχει η

δυνατότητα επαναφοράς της. Υπάρχει όμως και η δυνατότητα μέσω του λογισμικού διαχείρισης να υπάρχει μερική καταστροφή μιας εικονικής μηχανής με διατήρηση των δεδομένων της και επαναδημιουργία της με τα ίδια χαρακτηριστικά σε μελλοντικό χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται επειδή, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο με τα προτερήματα των εικονικών μηχανών, τα στοιχεία μια εικονικής μηχανής που ανήκει σε ένα Data Center αποθηκεύονται σε ένα αρχείο το οποίο μπορούμε να μεταφέρουμε σε οποιαδήποτε υλική υποδομή χωρίς την ανάγκη να αποτελείται από τα ίδια χαρακτηριστικά. Επομένως η μερική διαγραφή απαιτείται σε ορισμένες περιπτώσεις όπως για παράδειγμα τη μεταφορά της εικονικής μηχανής σε άλλη υποδομή.



Εικ. 34

Σχηματική αναπαράσταση της διαχείρισης του κύκλου ζωής μιας εικονικής μηχανής (Virtual Machine).

Η σχηματική αναπαράσταση {εικ. 34} διαχωρίζει τις αυτοματοποιημένες καταστάσεις που απαιτούνται για τον προσδιορισμό και προσαρμογή (Configuration) μιας εικονικής μηχανής και την λειτουργική εφαρμογή της (Deployment) στο δυναμικό σύστημα (Data Center). Αξίζει να σημειωθεί ότι στις καταστάσεις ελέγχου (Check In) και επεξεργασίας (Edit) κατά

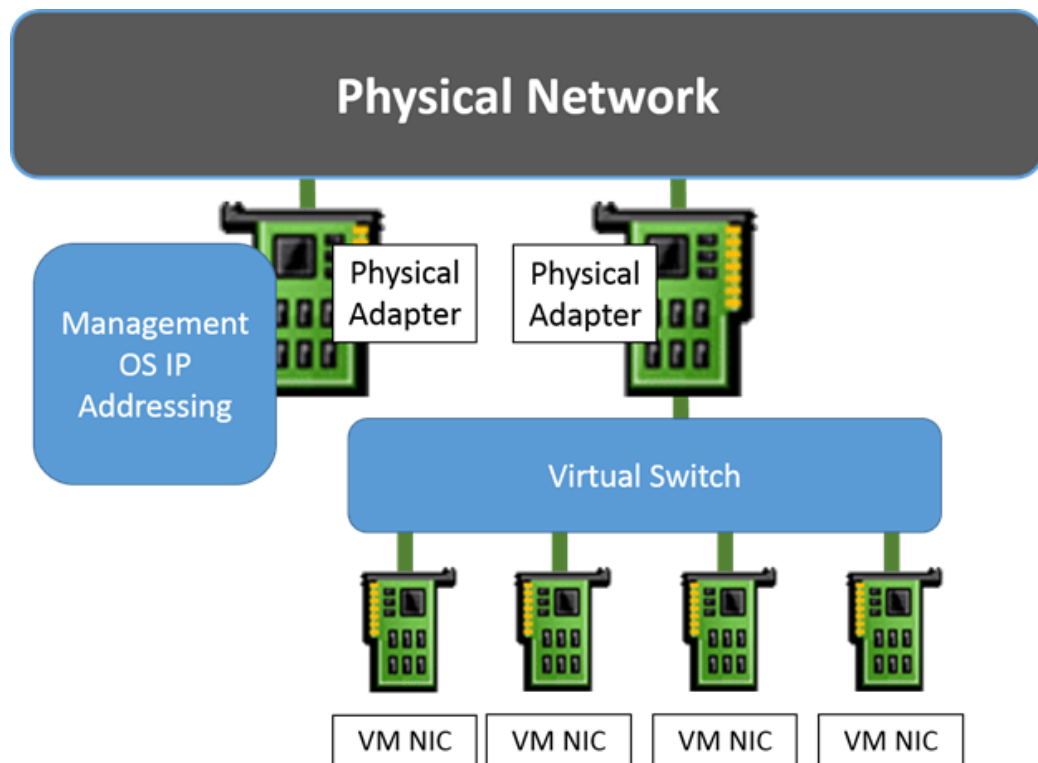
την προσαρμογή του VM οι μηχανικοί μπορούν να επιλέξουν διαφορετικά στοιχεία για την λειτουργικότητα της και να επανέλθουν στην κατάσταση δοκιμασιών και επίβλεψης λειτουργικότητας χωρίς την ανάγκη καταστροφής της μηχανής αυτής και επαναδημιουργίας της εκ νέου. Αντίστοιχα στις κατάστασης εφαρμογής (Deploy), διαχείρισης (Manage) μπορούν να συμβούν αλλαγές όπου σαν επιρροή αποσκοπούν στην καλύτερη λειτουργικότητα της εικονικής μηχανής. Αυτή η δυνατότητα συμβάλει στην άμεση εφαρμογή εικονικών αλλαγών στα στοιχεία που περιβάλλουν την εικονική μηχανή χωρίς χρονικές απαιτήσεις και δοκιμασίες συμβατότητας, όπως θα ήταν σκόπιμο να γίνεται σε πραγματικά υπολογιστικά συστήματα (standalone), έχοντας ως προτέρημα την αδιάκοπη λειτουργία της εικονικής μηχανής.

4.7 Εικονικά δίκτυα σε περιβάλλον Hypervisor

Η δομή σε ένα δυναμικό Data Center με την χρήση Hypervisors εκτός από την υλική υποδομή σε επεξεργαστικούς πόρους και διάθεσης μνήμης απαιτεί την ανάλογη υποδομή σε δικτυακά προϊόντα και υπηρεσίες. Στο ίδιο μοτίβο με την φυσική υποδομή ενός δικτύου απαιτούνται οι ανάλογες διαδικασίες για την κατασκευή ενός εικονικού δικτύου του οποίου η χρήση είναι η αποκλειστική λειτουργία των εικονικών μηχανών του Data Center ως ένα ξεχωριστό δίκτυο μέσα σε ένα φυσικό δίκτυο. Η διαδικασία δικτύωσης των εικονικών μηχανών προϋποθέτει η φυσική υποδομή να έχει διαθεσιμότητα στο απαιτούμενο εύρος (Bandwidth) της μεταφοράς των δεδομένων τόσο από το φυσικό δίκτυο όσο και από το εσωτερικό εικονικό δίκτυο. Σε διαφορετική περίπτωση θα υπάρχει καθυστέρηση στην μετάδοση των πακέτων, λόγω της λειτουργίας των εικονικών συστημάτων παράλληλα με τα φυσικά συστήματα, μιας και επεκτείνονται οι δικτυακές απαιτήσεις του συνολικού Data Center. Το πλεονέκτημα του σχεδιασμού της τεχνολογίας Virtualization είναι η δυνατότητα να επικοινωνούν διαφορετικά εικονικά δίκτυα με διαφορετικές δικτυακές ζώνες, με τις αντίστοιχες εικονικές μηχανές που είναι εγκατεστημένες στο δίκτυο αυτό, κάτω από την ίδια πληροφοριακή υποδομή (Host). Οι Hypervisors έχουν την δυνατότητα να διαχειρίζονται αυτή την δυνατότητα με την χρήση εικονικών διανομέων {εικ. 35} (virtual switch) για κάθε δίκτυο. Για την σωστή διαχείριση του Hypervisor απαιτείται σε μια φυσική υποδομή, να υπάρχουν περισσότεροι από ένας προσαρμογείς δικτύου, ώστε να εξασφαλίζεται η αποκλειστική χρήση ενός προσαρμογέα δικτύου για σκοπούς διαχείρισης του Hypervisor.

Ωστόσο η λειτουργικότητα και διαχείριση της δομής των εικονικών δικτύων δεν διαφέρει από την διαχείριση ενός δικτύου που βασίζεται σε φυσικά συστήματα υποδομής. Η απόδοση

διευθύνσεων, η επιλογή πρωτοκόλλων και υπηρεσιών απαιτούν τις ίδιες διαδικασίες διαχείρισης.



Εικ. 35

Σχηματική αναπαράσταση διαχείρισης εικονικού μεταγωγέα (virtual switch) σε Hypervisor και διασύνδεση του με φυσικό NIC.

Κάθε εικονική μηχανή VM που δημιουργείται σε ένα Data Center μπορούν να επιλεγθούν από 1 έως 99 εικονικοί προσαρμογείς δικτύου για την λειτουργία της. Κάθε προσαρμογέας έχει την ανάλογη MAC Address και αποδίδεται σε αυτόν μια διεύθυνση IP με οποιαδήποτε μέθοδο επιλεγθεί.

4.8 Αποθηκευτικά μέσα σε Hypervisor

Σε υποδομές Data Center η διακίνηση και αποθήκευση των δεδομένων αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά τμήματα που η υλοποίησή τους απαιτεί σχεδίαση και διαχείριση ανάλογα με το έργο που πρόκειται να εκτελεστεί. Τα δεδομένα που διακινούνται για ανάκτηση και αποθήκευση, ανάλογα με το σχεδιασμό του Data Center, τον ρυθμό προσπέλασής τους, την εγγύτητα των εγγραφών και την ασφάλειά τους απαιτούν διαφορετικές τεχνικές και υποδομές ανάλογα με την σημαντικότητα των ανωτέρω στοιχείων. Οι περιπτώσεις που τα στοιχεία αποθήκευσης ανήκουν σε τοπικά μέσα αποθήκευσης που είναι εγκατεστημένα στους

διακομιστές και την διαχείριση τους την αναλαμβάνει το λειτουργικό σύστημα είναι πλέον μια μεθοδολογία που τείνει να ξεπεραστεί με τα δυναμικά Data Center και την εικονικοποίηση (virtualization). Πέρα από την απαίτηση διαχείρισης των αποθηκευτικών μονάδων σε κάθε διακομιστή για να είναι εφικτή η λειτουργία αποθήκευσης πρέπει να έχει υπάρξει, κατά το σχεδιασμό της λειτουργικής μονάδας, η πρόβλεψη και για μελλοντικές ανάγκες σε χωρητικότητα. Αυτό όμως δημιουργεί επιπλέον απαιτήσεις από τους μηχανικούς και χρειάζεται κατάλληλες διαδικασίες και μεταβολές στη διαμόρφωση τους με αποτέλεσμα να μπαίνει σε αναμονή η λειτουργία της υποδομής, μέχρι να ολοκληρωθούν οι διαδικασίες αυτές, και επιπλέον με το κίνδυνο της ακεραιότητας των δεδομένων. Σε περίπτωση σφάλματος δημιουργείται ακόμη μεγαλύτερη καθυστέρηση σε όλο το έργο με την αναμονή της ανάκτησης των επίκαιρων δεδομένων με ότι μπορεί αυτό να συνεπάγεται αυτό για το σύνολο των εργασιών των συστημάτων και της επιχείρησης. Συνεπώς, μέθοδοι τοπικών αποθηκευτικών μέσων (Local Storage) και Directly Attached Storage (DAS) χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένες αρχιτεκτονικές σχεδιασμού σε Data Center έχοντας λάβει τις παραπάνω ιδιαιτερότητες και μειονεκτήματα. Στις δυναμικές υποδομές που χρησιμοποιούνται μέθοδοι εικονικοποίησης (virtualization) όπως δημιουργείται η ανάγκη να υπάρχει διαμοιρασμός των επεξεργαστικών και αποθηκευτικών πόρων έτσι δημιουργείται και η ανάγκη να μεταβεί το Data Center και σε τεχνολογίες διαμοιρασμού της αποθήκευσης των δεδομένων μέσω αποκλειστικού δικτύου διακομιστών με αυτόνομη διαχείριση αποθήκευσης. Η μέθοδος κοινής αποθήκευσης {εικ. 36} των δεδομένων αποτελείται από μια μονάδα που είναι κοινή για την αποθήκευση των δεδομένων σε όλες τις εικονικές μηχανές (VM) και είναι σχεδιασμένη να αναφέρεται ως ανεξάρτητη για την κάθε μονάδα ξεχωριστά. Ο σχεδιασμός της προσφέρει μεγαλύτερη ταχύτητα στην εύρεση και εγγραφή των δεδομένων, μεγαλύτερη ασφάλεια και ευκολότερη επεκτασιμότητα της χωρητικότητας χωρίς την ανάγκη πρόβλεψης κατά την αρχιτεκτονική της υποδομής. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά που προσφέρει ένα κοινό σύστημα αποθήκευσης αφορούν :

α) Αξιοπιστία και διαθεσιμότητα των δεδομένων : Με το σύστημα κοινής αποθήκευσης μειώνεται ο χρόνος προσπέλασης των δεδομένων επειδή η αποθήκευση είναι ανεξάρτητη από τα συστήματα επεξεργασίας. Επομένως η απώλεια λειτουργίας μιας εικονικής μηχανής (VM) δεν επηρεάζει τα δεδομένα της.

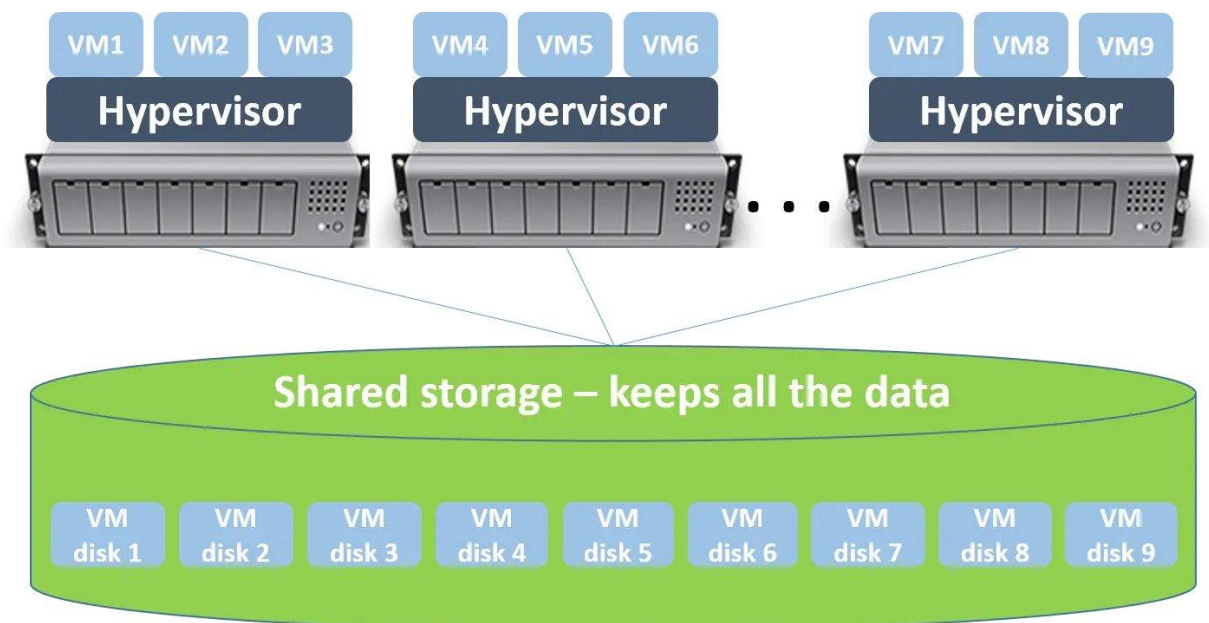
β) Υψηλά επίπεδα επιδόσεων : Τα συστήματα κοινής αποθήκευσης περιλαμβάνουν αποκλειστικές επεξεργαστικές μονάδες διαχείρισης και μεταφοράς των δεδομένων προσφέροντας υψηλούς ρυθμούς σε I/O δεδομένων με χαμηλή καθυστέρηση προσπέλασης.

Επιπλέον με την χρήση γρήγορων αποθηκευτικών μέσων (π.χ SSD Disks) οι επιδόσεις είναι σε ακόμη υψηλότερα επίπεδα.

γ) Ευκολότερη επεκτασιμότητα : Στα συστήματα κοινής αποθήκευσης η επεκτασιμότητα της χωρητικότητας αυξάνεται στο σύνολο της και διαμοιράζεται σύμφωνα με τις ανάγκες της υποδομής σε αντίστοιχα VMs. Η επεκτασιμότητα των συστημάτων γίνεται χωρίς την διακοπή των υπηρεσιών ή την αναμονή του συνολικού Data Center.

δ) Κεντρική διαχείριση : Η διαχείριση στα συστήματα κοινής αποθήκευσης γίνεται στο σύνολο του αποθηκευτικού χώρου με κεντροποιημένη παρέμβαση και όχι για κάθε διακομιστή ξεχωριστά όπως στα συστήματα τοπικής αποθήκευσης. Συνεπώς η απαιτήσεις σε αποθηκευτικούς πόρους διαμορφώνονται ανάλογα τις απαιτήσεις από την κεντρική διαχείριση προς την μονάδα που το απαιτεί.

ε) Προηγμένα χαρακτηριστικά : Ανάλογα με τον τύπο του συστήματος κοινής αποθήκευσης υπάρχει η δυνατότητα επιλογής πλήρως αντιγράφων, χρονοαντιγράφων, συμπίεσης και ρουτίνων αναδιανομής των δεδομένων για ταχύτητα σε μνήμες ταχείας προσπέλασης και σε εξωτερικές ή άλλες μονάδες κοινής αποθήκευσης για άμεση ανάκτηση των δεδομένων.



Εικ. 36

Σχηματική αναπαράσταση κοινού αποθηκευτικού χώρου.

Στα συστήματα κοινής αποθήκευσης ο διαμοιρασμός των δεδομένων γίνεται μέσω αποκλειστικού υλικοτεχνικού εξοπλισμού διασύνδεσης με υψηλές ταχύτητες μετάδοσης και ρυθμού διαμεταγωγής με σκοπό την ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων κατά την εγγραφή των δεδομένων σε αυτά. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται διακρίνονται στα πρωτόκολλα Ethernet, iSCSI και FC με διαφορετικές ταχύτητες μετάδοσης και εύρος διαμεταγωγής. Η επιλογή τους γίνεται ανάλογα με τις απαιτήσεις του έργου που εκτελείται.

Τα συστήματα κοινής αποθήκευσης διακρίνονται σε NAS (Network Attached Storage), SAN (Storage Area Network) και SDS (Storage Defined Software) και υλοποιούνται σε συγκεκριμένες υποδομές με συγκεκριμένα πρωτόκολλα και υπηρεσίες. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά που διακρίνονται μεταξύ τους είναι :

α) NAS (Network Attached Storage) : Συστήματα αποθήκευσης που χαρακτηρίζονται από υλικοτεχνικό εξοπλισμό με αυτόνομες μονάδες διαχείρισης και επεξεργασίας για βασικές λειτουργίες όπως μεταφορά, αποθήκευση και ανάκτηση αρχείων δεδομένων. Χρησιμοποιούνται κυρίως για προσπέλαση αρχείων από σταθμούς εργασίας με μικρό ρυθμό πρόσβασης, ταχύτητες ανάκτησης και εγγραφής. Χρησιμοποιούν ως πρωτόκολλο επικοινωνίας το Ethernet αλλά υπάρχουν και υλοποιήσεις που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο iSCSI. Τα αποθηκευτικά μέσα βασίζονται κυρίως σε τεχνολογία SATA και η αποθήκευση των δεδομένων γίνεται σε επίπεδο file system. Ο ρυθμός διαμεταγωγής των αρχείων δεν ξεπερνάει τα 20Gbps και οι απαιτήσεις σε ρυθμό I/O rate είναι σχετικά μικρές. Δεν προτείνεται για συστήματα Virtualization.

β) SAN (Storage Area Network) : Πρόκειται για συστήματα αποθήκευσης που χαρακτηρίζονται από υλικοτεχνικό εξοπλισμό με αυτόνομες μονάδες *{εικ. 37}* διαχείρισης και επεξεργασίας για απαιτητικές λειτουργίες αποθήκευσης, ανάκτησης, συμπίεσης και ασφάλειας των δεδομένων σε πολύ υψηλούς ρυθμούς διαμεταγωγής. Τα συστήματα SAN εμπεριέχουν εφεδρικά συστήματα παροχής ενέργειας και ελέγχου του υλικοτεχνικού εξοπλισμού σε περίπτωση κατάρρευσης του βασικού εξοπλισμού έτσι ώστε να μεταβούν σε εφεδρική λειτουργία χωρίς την απώλεια των υπηρεσιών τους και των δεδομένων και την πιθανή αναμονή του συστήματος σε περίπτωση βλάβης. Απαιτούν εξειδικευμένες γνώσεις στη διαχείριση τους, την παραμετροποίηση τους και την αναβάθμιση των λειτουργικών τους εξαρτημάτων και συγκεκριμένη μελέτη κατά το σχεδιασμό και την αρχιτεκτονική της υποδομής του Data Center. Η αναβάθμιση του αποθηκευτικού χώρου είναι περιορισμένη μετά από ένα όριο χωρητικότητας όπου αυτή την στιγμή αγγίζει το 32 PByte. Τα συστήματα SAN χρησιμοποιούν πρωτόκολλα επικοινωνίας iSCSI και FC με ρυθμούς διαμεταγωγής

40 – 100 Gbps και μπορούν να φιλοξενήσουν μέχρι 10000 Volume Disks. Τα αποθηκευτικά μέσα χρησιμοποιούν τεχνολογία μέσω SAS υψηλού ρυθμού διαμεταγωγής και αποθηκευτικές κάρτες Flash Storage υψηλότερων αποδόσεων από του τύπου SSD ενώ η αποθήκευση των δεδομένων γίνεται σε Block Storage. Χρησιμοποιούνται κυρίως για αυξημένες απαιτήσεις προσπέλασης δεδομένων με πολύ υψηλούς ρυθμούς μεταβολών όπως αναζήτηση σε βάσεις δεδομένων και ενδείκνυνται για υλοποιήσεις σε εικονικά συστήματα (virtualization) με χιλιάδες clients και υπεράριθμο όγκο 10^9 αρχεία.

γ) SDS (Storage Defined Software) : Πρόκειται για υβριδικό σύστημα αποθήκευσης το οποίο είναι βασισμένο σε λογισμικό που εγκαθίστανται σε οποιοδήποτε διακομιστή, που περιέχει τοπικά αποθηκευτικά μέσα, χωρίς την ανάγκη επιπλέον εξοπλισμού. Τα τοπικά αποθηκευτικά μέσα όλων των διακομιστών συμμετέχουν και ανάγονται σε μία ενιαία και συγκεντρωτική δεξαμενή, αποτελούμενη από το σύνολο των μέσων, υπό την καθοδήγηση και διαχείριση της εφαρμογής που έχουν εγκατεστημένη. Το σύνολο του αποθηκευτικού χώρου διαμοιράζεται προς όλους τους διακομιστές, και τις εικονικές μηχανές όπου φιλοξενούν, προσφέροντας όλα τα οφέλη που περιέχονται από ένα σύστημα SAN μαζί με την ευελιξία που παρέχεται από ένα λογισμικό διαχείρισης. Πέρα από το χαμηλότερο κόστος υλοποίησης και συντήρησης του, λόγω ότι δεν χρειάζεται αποκλειστικό εξοπλισμό για την λειτουργία του, τα υβριδικά συστήματα αποθήκευσης παρέχουν μεγαλύτερη ευελιξία στην αναβάθμιση της χωρητικότητας τους και την λειτουργική τους αξιοπιστία συνδυάζοντας τον εξοπλισμό από διάφορους κατασκευαστές και τεχνολογίες μέσω SATA, SAS, SSD.



Εικ. 37

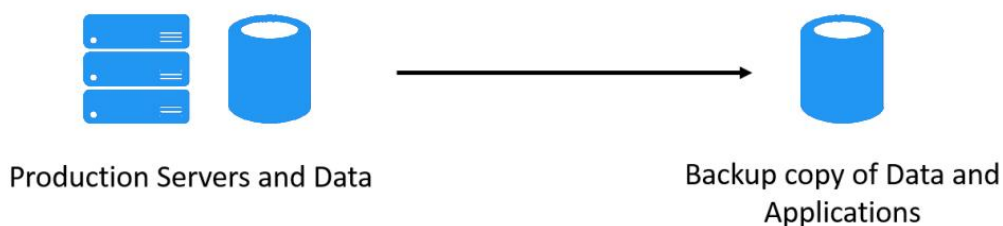
Υλικοτεχνική υποδομή Storage Area Network (SAN).

Επομένως η επιλογή της αποθηκευτικής υποδομής και τεχνολογίας που θα χρησιμοποιηθεί σε ένα Data Center που χρησιμοποιεί τεχνολογία Virtualization αποτελεί ουσιαστικό παράγοντα για την διαχείριση και την ασφάλεια των δεδομένων ανάλογα τις απαιτήσεις που θέτονται κατά τον σχεδιασμό, την αρχιτεκτονική, την πρόβλεψη της επέκτασης και των μελλοντικών αναγκών σε πόρους, το διαθέσιμο κόστος της συνολικής υποδομής.

4.9 Μέθοδοι εξασφάλισης απρόσκοπτης λειτουργίας δεδομένων και υπηρεσιών σε δυναμικό Data Center.

Η εξασφάλιση των δεδομένων με αντίγραφα σε διάφορα αποθηκευτικά μέσα όπως οπτικούς δίσκους CD, Μαγνητικές ταινίες DLT, Σκληρούς δίσκους HDD ή άλλα φορητά μέσα και η παρακολούθηση των συστημάτων για την ομαλή κατανομή των πόρων είναι μια διαδικασία που αφορά όλες τις βαθμίδες των υπολογιστικών συστημάτων. Μια απώλεια δεδομένων ή υπηρεσιών σε ένα υπολογιστικό σύστημα μπορεί να επιφέρει πολλές συνέπειες σε χρήστες όλων των βαθμίδων. Από τους απλούς χρήστες με τους προσωπικούς υπολογιστές μέχρι οργανισμούς και εταιρείες που χρησιμοποιούν πληροφοριακά συστήματα για την λειτουργία τους και την υλοποίηση των έργων τους. Είναι σημαντικό, για τον χρήστη σε μια θέση εργασίας ή τον διαχειριστή σε μια υποδομή πληροφοριακών συστημάτων, να είναι προετοιμασμένος στην αντιμετώπιση τέτοιων συμβάντων και ότι σε κάθε δεδομένη ή μη στιγμή μπορούν να χαθούν σημαντικά δεδομένα από οποιαδήποτε αιτία με καταστροφικές μερικές φορές συνέπειες για τον ίδιο ή την επιχείρηση. Η εφαρμογή συχνών αντιγράφων σε αποθηκευτικά μέσα των δεδομένων αποτελεί μια από τις σημαντικότερες εργασίες που καλούνται να εκτελούν και να επιβλέπουν οι μηχανικοί σε μια πληροφοριακή υποδομή με τις περιπτώσεις όμως να διαφέρουν. Σε περίπτωση απροσδόκητου συμβάντος, σε μια μεγάλη πληροφοριακή μονάδα όπως τα Data Center, παίζει πολύ σημαντικό ρόλο ο χρόνος ανάκτησης των δεδομένων και η συνέχεια της ροής των εργασιών και υπηρεσιών που προσφέρει ένας οργανισμός. Η απώλεια δεδομένων ή πόρων από ένα απρόβλεπτο γεγονός μπορεί να καταστεί μοιραίο για μια επιχείρηση ή φορέα λόγω της παύσης των εργασιών που εκτελούνται εκείνη τη χρονική στιγμή. Επομένως πέρα από την εκτέλεση των αντιγράφων οι μηχανικοί επιφορτίζονται και με την χρονική δέσμευση της ανάκτησης των δεδομένων ή των υπηρεσιών σε περίπτωση σφάλματος στην υλικοτεχνική υποδομή.

Backup = Copies of Your Data and Applications



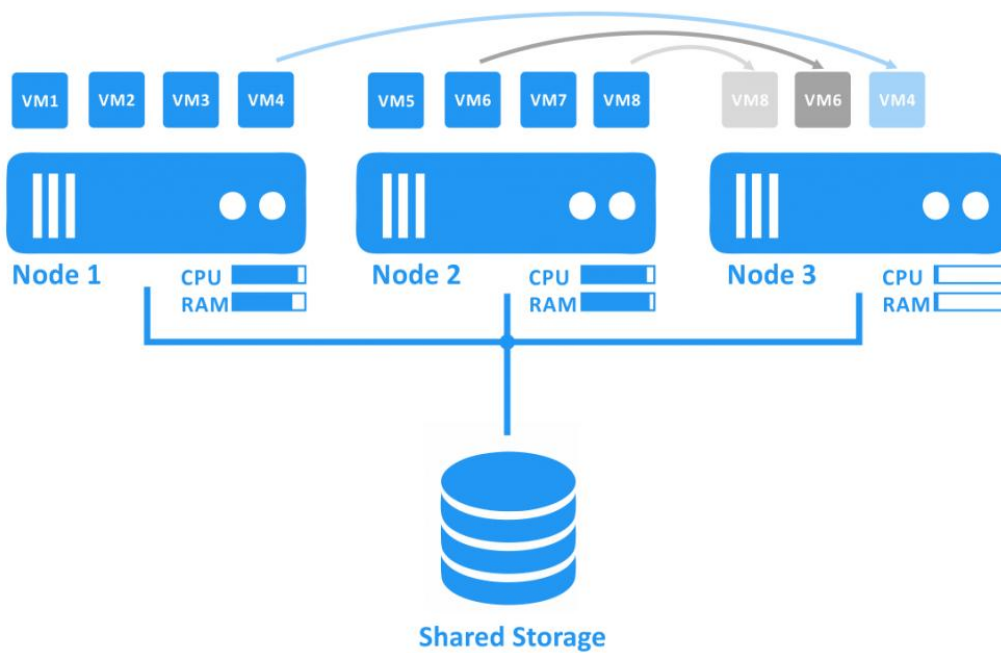
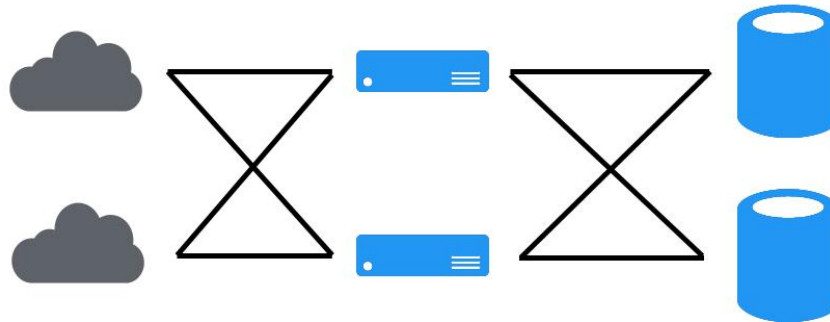
Σε ένα δυναμικό Data Center, που χρησιμοποιείται η τεχνολογία του Virtualization και η χρήση εικονικών μηχανών, τέτοιες καταστάσεις εξομαλύνονται με συγκεκριμένες μεθόδους και υπηρεσίες που καλούνται στην αντιμετώπιση τέτοιων γεγονότων. Με τον αρχικό σχεδιασμό και αρχιτεκτονική από τους μηχανικούς και την σωστή διαμόρφωση και διαχείριση από τους διαχειριστές του Data Center οι λειτουργίες High Availability (HA) και Disaster Recovery (DR) προσφέρουν την συνεχόμενη λειτουργική εξασφάλιση των υπηρεσιών και με την μικρότερη καθυστέρηση στην ανάκτηση των δεδομένων.

4.9.1 Λειτουργία High Availability (HA)

High Availability (HA) : Επιδιώκει στη διαθεσιμότητα των εφαρμογών που παρέχονται από το πληροφοριακό σύστημα σε περίπτωση προγραμματισμένης ή απροσδόκητης διακοπής της λειτουργίας του με σκοπό την συνέχεια των υπηρεσιών προς τους αποδέκτες του. Η λειτουργία HA {εικ. 38} εκτελείται συνεχόμενα σε κάθε διακομιστή που υπάγεται κάτω από το ίδια ομάδα διακομιστών (cluster) και παράλληλα με την λειτουργία των εικονικών μηχανών από το σύστημα διαχείρισης του Hypervisor ελέγχοντας τις συνθήκες και την απόδοση των πόρων του. Την μέτρηση και διαθεσιμότητα των πόρων καθώς και την υλικοτεχνική κατάσταση των συστημάτων ενημερώνονται οι διαχειριστές με αυτόματους μηχανισμούς. Σε συνδυασμό με συγκεκριμένες πολιτικές και ρόλους που έχουν ορισθεί, από τους μηχανικούς και διαχειριστές του Data Center στο σύστημα διαχείρισης του Hypervisor, εκτελείται η λειτουργία του Balancer η όπου έχει την επίβλεψη των απαιτήσεων των πόρων του συνολικού συστήματος και τηρεί τις ισορροπία τους ανάμεσα στους διακομιστές. Έτσι σύμφωνα με τις ορισμένες πολιτικές επιδιώκεται η μεταφορά των εικονικών μηχανών που βρίσκονται εγκατεστημένες στο διακομιστή (Host) ώστε να μεταφερθούν σε άλλον διαθέσιμο διακομιστή (Host) που βρίσκεται στο ίδιο cluster με ελεύθερους πόρους για την συνέχεια της λειτουργίας τους. Η μεταφορά των στοιχείων και πόρων επιτυγχάνεται σε πραγματικό χρόνο

και παράλληλα με τις λειτουργίες των VMs με αποτέλεσμα την αδιάκοπη λειτουργία των υπηρεσιών του πληροφοριακού συστήματος.

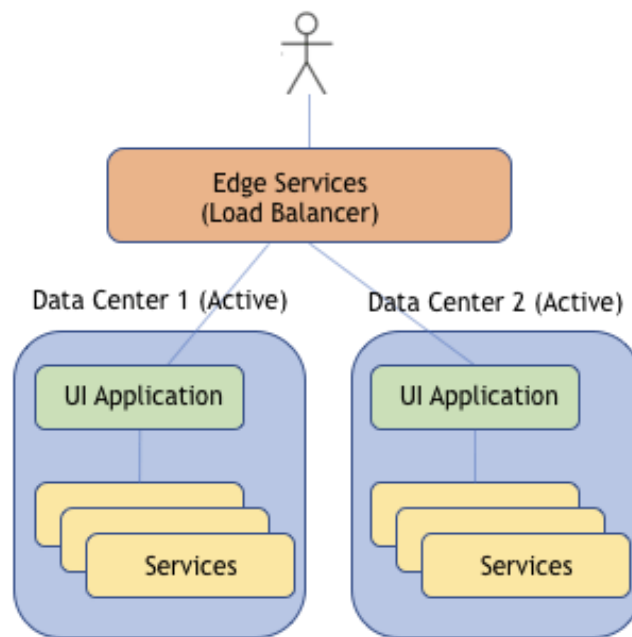
High Availability = System with No Single Point of Failure



Εικ. 38

Μεθοδολογία High Availability με μεταφορά εικονικών μηχανών VMs μέσω λειτουργίας εξισορρόπησης πόρων (Load Balance).

υλοποίηση αυτή εκτός του Network Balancer διεξάγει λειτουργίες και ο HA Balancer που βρίσκεται εγκατεστημένος και χρησιμοποιείται από τη διαχείριση του Hypervisor προσθέτοντας μια επιπλέον πολυπλοκότητα στη διαχείριση και τη λειτουργία των Data Centers. Για να επιτευχθεί η υλοποίηση αυτή ο συγχρονισμός των δεδομένων είναι αναγκαίο να εκτελείται σε χρόνους με πολύ την ελάχιστη αναμονή διαφορετικά θα υπάρχει ασυμφωνία των δεδομένων κατά την εγγραφή και ανάγνωση τους με αποτέλεσμα μεγαλύτερη καθυστέρηση στο συνολικό σύστημα.



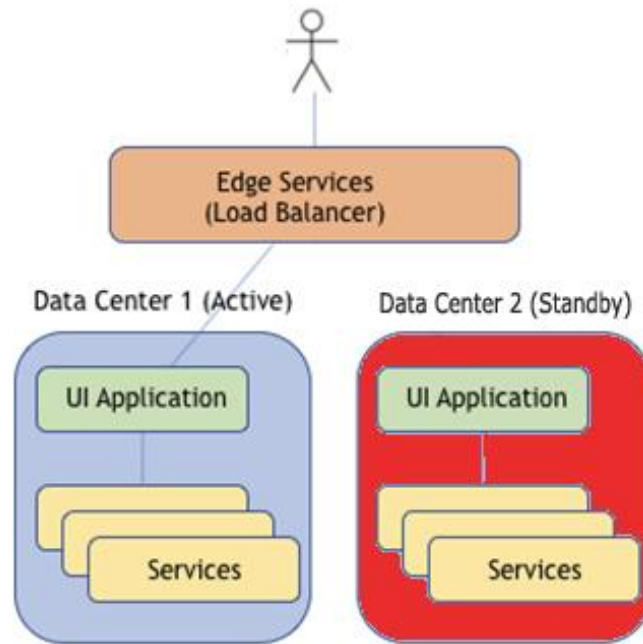
Εικ. 39

Εφαρμογή πλάνου (DR) με υλοποίηση Active / Active.

Η υλοποίηση Active / StandBy ^{εικ. 40} προϋποθέτει την ύπαρξη δύο ή επιπλέον Data Centers με την λειτουργία της εναλλακτικής υποδομής σε κατάσταση αναμονής. Οι καταστάσεις αναμονής διακρίνονται σε δύο ρόλους, ανάμεσα στην άμεση αναμονή και την έμμεση αναμονή, οι οποίες η βασική διαφορά τους αφορά τους χρόνους δραστηριότητας και ανάληψης των λειτουργικών καταστάσεων και υπηρεσιών που μεταφέρονται από το ένα Data Center στο άλλο. Στη κατάσταση άμεσης αναμονής οι εφαρμογές που εκτελούνται στο κυρίως Data Center είναι εγκατεστημένες με την ίδια παραμετροποίηση και στην εφεδρική υποδομή Data Center. Οι χρήστες όμως κατευθύνονται από τον Load Balancer της υποδομής για την εξυπηρέτησή τους στην κύρια πληροφοριακή υποδομή επομένως, σε περίπτωση που διακοπεί η εξυπηρέτηση του ενός Data Center, χρειάζεται η παραμετροποίηση του Load

Balancer για την ανακατεύθυνση των χρηστών στο εφεδρικό Data Center και την ανάληψη των υπηρεσιών από αυτό. Η υλοποίηση άμεσης αναμονής είναι παρόμοια με την υλοποίηση DR Active / Active με την διαφορά ότι η άμεση αναμονή απαιτεί μεγαλύτερο χρόνο για την παραμετροποίηση και ανακατεύθυνση των αιτημάτων με αποτέλεσμα να παρατηρείται καθυστέρηση και απώλεια των πακέτων των δεδομένων κατά την αναδιανομή. Στη κατάσταση έμμεσης αναμονής η υποδομή στο εφεδρικό Data Center δεν βρίσκεται σε λειτουργία αλλά έχει εγκατεστημένες τις εφαρμογές και την παραμετροποίηση τους με ακριβώς τις ίδιες ιδιότητες που υπάρχουν και στην κύρια υποδομή. Σε περίπτωση που υπάρξει διακοπή των υπηρεσιών από την κύρια υποδομή η εφεδρική υποδομή πρέπει να ακολουθήσει όλη την διαδικασία ενεργοποίησης και διασύνδεσης της με τον Load Balancer καθώς και την παραμετροποίηση του ώστε να ανακατευθύνει τα δεδομένα στο εφεδρικό Data Center. Η έμμεση αναμονή απαιτεί να δαπανηθεί αρκετά περισσότερος χρόνος μέχρι την πλήρη κατάσταση λειτουργίας της ώστε να αναλάβει την εκτέλεση των αιτημάτων για την απόδοση των υπηρεσιών με αποτέλεσμα την πολύ μεγάλη καθυστέρηση και μη εξυπηρέτηση πακέτων με αιτήματα όπου τις περισσότερες φορές οδηγούνται στην απώλεια δεδομένων. Η έμμεση αναμονή ωφελεί σε καταστάσεις που δεν υπάρχει ανταγωνισμός πακέτων με πλεονεκτήματα, τη μηδενική κατανάλωση ενέργειας λειτουργίας και την αποδοτική μείωση του κόστους αδειών χρήσης του λογισμικού, άρα και μηδενισμό κόστους της λειτουργίας της. Η επαναφορά των υπηρεσιών στη κύρια δομή Data Center επιτρέπει την ανακατεύθυνση των υπηρεσιών σε αυτό θέτοντας την εφεδρική υποδομή σε κύκλο αναμονής.

Οι αρχιτεκτονικές που αναφέρονται σε Disaster Recovery λειτουργικότητα και υπηρεσίες προϋποθέτουν την ύπαρξη κεντρικού ενοποιημένου αποθηκευτικού χώρου με διαμοιρασμό των πόρων τους στο σύνολο των υποδομών καθώς και των εικονικών μηχανών που εκτελούνται σε κάθε υποδομή. Σε περίπτωση που όμοιες εικονικές μηχανές εκτελούνται ταυτόχρονα και στις δυο διαφορετικές υποδομές Disaster / Recovery Data Centers τα δεδομένα και οι υπηρεσίες βρίσκονται σε ανταγωνισμό με αποτέλεσμα την άμεση απώλεια των δεδομένων λόγω ασύγχρονου μεταβολισμού των δεδομένων. Επομένως σε τέτοιες περιπτώσεις πρέπει να έχουν προβλεφθεί από τους μηχανικούς η εγκατάσταση μηχανισμών συγχρονισμού για την διαχείριση και αποφυγή τέτοιων σφαλμάτων.



Εικ. 40

Εφαρμογή πλάνου (DR) με υλοποίηση Active / Standby

Κεφάλαιο 5ο (Συμπεράσματα - Βιβλιογραφία)

5.1 Συμπεράσματα

Οι εποχές που διανύουμε τείνουν να μετατραπούν εξ' ολοκλήρου στην ανάγκη εφαρμογής των υπολογιστικών συστημάτων στο σύνολο των υπηρεσιών που προσφέρουν. Η μεταβολή της μέχρι πρότινος καθημερινότητας με σχεδόν το σύνολο των καθημερινών αναγκών τόσο σε προσωπικά και κοινωνικά οφέλη όσο και σε επιχειρησιακές ανάγκες όλων των βαθμίδων απαιτούν ολοένα και την αυξανόμενη τάση για ενεργειακούς και υπολογιστικούς πόρους. Κατ' ανάγκη ο εκσυγχρονισμός και η υλοποίηση νέων συστημάτων και υποδομών τείνει να αυξάνεται διαρκώς όσο αυξάνονται οι ανάγκες για την υλοποίηση των εφαρμογών που προκύπτουν από την ψηφιακή μετάβαση. Ωστόσο η συνεχόμενη αναβάθμιση των υπολογιστικών πόρων απαιτεί υπέρογκες δαπάνες για τις επιχειρησιακές ανάγκες των οργανισμών και των επιχειρήσεων οδηγώντας πλέον στην ανάπτυξη κεντροποιημένων υποδομών και πλατφορμών για την διαχείριση πολλαπλών πελατών έχοντας μεγαλύτερα οφέλη για τους φορείς και τις επιχειρήσεις χωρίς να απαιτεί η υπολογιστική τους υποδομή

μεγάλα κόστη απόσβεσης. Με υπηρεσίες Infrastructure as a Service (IaaS), Software as a Service (SaaS), Platform as a Service (PaaS) που προσφέρονται από πάροχους πλέον οι μεσαίες και μικρές επιχειρήσεις καθώς και οι φορείς αποδεσμεύονται από την ανάπτυξη και διαχείριση των υπολογιστικών υποδομών και ασχολούνται με τον κύριο όγκο εργασιών τους. Η ανάπτυξη όμως τέτοιου είδους υποδομών απαιτεί την αφοσίωση και μελέτη από μια πληθώρα μηχανικών διαφορετικών ειδικοτήτων που πρέπει να συμβάλλουν στην δημιουργία τους. Στην εργασία αυτή αναπτύχθηκε και αναλύθηκε ο σημαντικός ρόλος που απαιτείται να εκτελέσει η ειδικότητα των μηχανικών πληροφορικής. Η συμβολή της στο σχεδιασμό της χωροταξικής υποδομής μπορεί να διαφαίνεται μικρή αλλά επέχει βαρύνουσα σημασία ενώ η μελέτη η αρχιτεκτονική και η επιλογή του υλικοτεχνικού εξοπλισμού σε υπολογιστικούς, αποθηκευτικούς και δικτυακούς πόρους και των εφαρμογών σύμφωνα με τις παρούσες ανάγκες αλλά και την πρόβλεψη μελλοντικών αναγκών αποτελούν το σημαντικότερο παράγοντα για την σωστή λειτουργία μιας υποδομής πληροφοριακών συστημάτων. Οι μεταβλητοί παράγοντες που πρέπει να καθοριστούν και να προβλεφθούν, από την αρχή της διαδικασίας μελέτης και αρχιτεκτονικής, αποτελούν σημαντικό λόγο για την αξιολόγηση της υποδομής κατατάσσοντας την σε κλίμακα διαβάθμισης Tier ανάλογα με τις ανάγκες που μπορεί να καλύψει σε καταστάσεις σφαλμάτων. Ενώ, η αντιμετώπιση τέτοιων περιστατικών, αποτελεί κύριο παράγοντα στην επιλογή των μηχανισμών που καλείται να γνωρίζει και να επιλέξει ο μηχανικός σε συνδυασμό με την διαχείριση και τους μηχανισμούς επίβλεψης και επισκόπησης των υπηρεσιών της υποδομής. Συνεπώς η διαστρωμάτωση των τεχνολογιών, όπως η εικονικοποίηση της υποδομής για τη μέγιστη απόδοση του υλικοτεχνικού εξοπλισμού και διαχείριση του, που θα εγκατασταθούν στον πληροφοριακό εξοπλισμό της υποδομής σε συνδυασμό με τον όγκο της πληροφορίας που πρόκειται να διακινηθεί και τους πόρους που απαιτούνται για την σωστή υλοποίηση των υπηρεσιών, σε περίπτωση απροσδόκητων συμβάντων, αφορούν νευραλγικούς τομείς σε ένα Data Center. Η επιλογή των συστημάτων αποθήκευσης storage με διαμοιρασμό των πόρων τους σε όλες τις υπηρεσίες που υλοποιούν την υποδομή αλλά και οι τεχνικές και μέθοδοι επαναφοράς των υπηρεσιών και δεδομένων που καλούνται να επιλεγθούν παίζουν σημαντικό ρόλο στη βαρύτητα και εγγύτητα των υπηρεσιών που καλείται να ανταπεξέλθει μια υπολογιστική υποδομή ανάλογα με τις απαιτήσεις που δύναται να καλυφθούν λόγω των διαφορετικών επιχειρησιακών αναγκών με χρονικά και οικονομικά οφέλη. Όλες οι ανωτέρω ενέργειες, που περιεγράφηκαν και αναλύθηκαν σε αυτή την μελέτη, αποτελούν ως σκοπό την εξεύρεση των απαιτήσεων για την σωστή πρόβλεψη της υλικοτεχνικής υποδομής που καλούνται να υλοποιήσουν οι μηχανικοί πληροφορικής σε συνδυασμό με τις παρούσες και μελλοντικές ανάγκες και τεχνολογίες της.

5.2 Βιβλιογραφία

- [1] <https://www.affinityenergy.com/what-is-epms/>
- [2] <https://datacenterfrontier.com/data-center-infrastructure-management/>
- [3] <https://www.serverwatch.com/virtualization/hypervisor-server/>
- [4] <https://www.altaro.com/hyper-v/virtual-networking-configuration-best-practices/>
- [5] <https://www.nakivo.com/>
- [6] <https://www.cvm.com/definitions-backup-vs-disaster-recovery-vs-high-availability/>
- [7] <https://www.ibm.com/garage/method/practices/manage/hadr-on-premises-app/>
- [8] <https://www.anixter.com/content/dam/Anixter/Guide/12H0013X00-Data-Center-Resource-Guide-EN-US.pdf>
- [9] VMware Capacity Planner. <http://www.vmware.com>
- [10] <https://blogs.oracle.com/solaris/cpu-utilization-of-multi-threaded-architectures-explained-v2>
- [11] <https://www.teamsilverback.com/3-keys-to-effective-data-center-capacity-planning/>
- [12] <https://hackernoon.com/high-availability-concepts-and-theory-980c58cbf87b>
- [13] D. Gmach, J. Rolia, L. Cherkasova and A. Kemper, "Workload Analysis and Demand Prediction of Enterprise Data Center Applications," 2007 IEEE 10th International Symposium on Workload Characterization, Boston, MA, 2007, pp. 171-180, doi: 10.1109/IISWC.2007.4362193
- [14] Building a Modern Data Center Principles and Strategies of Design: (Scott D. Lowe, James Green, David Davis) ActualTech Media ISBN 978-1-943952-07-6
- [15] Virtualization: A Beginner's Guide (DANIELLE RUEST, NELSON RUEST) McGraw-Hill Companies ISBN: 978-0-07-161402-3
- [16] Computer Architecture A Quantitative Approach (5th edition) : (John L. Hennessy, David A. Patterson) Elsevier, Inc ISBN: 978-0-12-383872-8
- [17] MODERN OPERATING SYSTEMS (FOURTH EDITION) : (ANDREW S. TANENBAUM, HERBERT BOS) Pearson Education, Inc ISBN-10: 0-13-359162-X
- [18] Data Center Virtualization Fundamentals : (Gustavo Alessandro Andrade Santana, CCIE No. 8806) Cisco Press ISBN-13: 978-1-58714-324-3
- [19] IBM System Storage SAN Volume Controller, IBM Storwize V7000, and IBM FlashSystem 7200 Best Practices and Performance Guidelines : (Jon Tate, Tiago Moreira Candelaria Bastos, Jon Herd, Sang-hyun Kim, Sergey Kubin, Dirk Peitzmann, Antonio Rainero) RedBooks ISBN-10: 0738458171

[20] TIA standard ANSI/TIA-942-A, data center cabling standard amended.
Telecommunications Industry Association, 2012, <http://www.tiaonline.org>.

[21] Tier Classifications Define Site Infrastructure Performance : (W. Pitt Turner IV, John H. Seader, Kenneth G. Brill) [White Paper], The Uptime Institute