

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΙΣ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ & ΔΙΚΤΥΑ

Ενεργειακά αποδοτικά κέντρα αποθήκευσης δεδομένων
Energy Efficient DataCenters

Μπαϊρακτάρης Νικόλαος

ΑΕΜ: 11084

Επιβλέπων Καθηγητής : Δρ. Ρούσκας Άγγελος

*Διπλωματική Εργασία υποβληθείσα στο Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων του
Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση Μεταπτυχιακού
Διπλώματος Ειδίκευσης στις Ψηφιακές Επικοινωνίες και Δίκτυα.*

Πειραιάς, Φεβρουάριος 2016

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως τον καθηγητή μου κ. Άγγελο Ρούσκα, που μου εμπιστεύτηκε την παρούσα διπλωματική εργασία και μου προσέφερε καθοδήγηση και συμπαράσταση πριν και κατά τη διάρκεια συγγραφής της.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα Αλεξίου και τον κο Μηλιώνη που με τίμησαν με την παρουσία τους στην τριμελή μου επιτροπή.

Επίσης, ευχαριστώ και τους υπόλοιπους καθηγητές μου στο συγκεκριμένο Μεταπτυχιακό για την τεράστια βοήθεια τους να γίνω μορφωτικά καλύτερος.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω πάνω από όλα την οικογένειά μου, τη σύζυγό μου για την υπομονή, ανοχή και αντοχή της όλο αυτό το διάστημα της παρακολούθησης του Μεταπτυχιακού, αλλά κυρίως την επιμονή – παρότρυνσή - της να το ξεκινήσω, δείχνοντας έτσι πίστη στις δυνατότητές μου, αλλά επίσης να αφιερώσω αυτή την “κατάκτησή μου” στον πολυαγαπημένο μου Παππού που πριν ένα χρόνο έφυγε από τη ζωή και με δίδαξε υπομονή, επιμονή για την επίτευξη των στόχων μου ,με βοήθησε να ακολουθώ τα όνειρά μου και φυσικά την 28μηνών κορούλα μου που μου προσέφερε ευχάριστα διαλείμματα κατά τη διάρκεια της δημιουργίας και συγγραφής της διπλωματικής μου εργασίας .

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	2
Περίληψη	6
Κεφάλαιο 1	8
1.1 Κέντρα δεδομένων	8
1.1.1 Χαρακτηριστικά κέντρων δεδομένων	9
1.1.2 Κατηγορίες αλγόριθμων στα κέντρα δεδομένων	10
1.1.3 Διαχωρισμός κέντρων δεδομένων	12
1.1.4 Δομή υπολογιστικού κέντρου	13
1.1.5 Συστήματα υποστήριξης κέντρου δεδομένων	19
1.2 Στόχοι κέντρων δεδομένων	19
1.3 Αιτίες απώλειας ενέργειας στα κέντρα δεδομένων	20
Κεφάλαιο 2	22
2.1 Προβλήματα και θέματα συμφόρησης στα Κέντρα δεδομένων	22
2.2 Υλοποίηση πρωτοκόλλων ασφαλείας στα κέντρα δεδομένων	24
2.2.1 Ηλεκτρονικό πιστοποιητικό SSL	24
2.2.2 Πρωτόκολλο Ασφαλείας Διαδικτύου IPSec.....	24
2.2.3 Πρωτόκολλο δικτυακού χρόνου NTP	25
2.2.4 Πρωτόκολλο απλουστευμένης διαχείρισης δικτύου SNMP	25
2.2.5 Δικτυακό πρωτόκολλο ασφάλειας SSH.....	26
2.3 Φιλτράρισμα πακέτων στα κέντρα δεδομένων	26
2.4 Συστήματα ανίχνευσης εισβολής IDS.....	27
Κεφάλαιο 3	29
3.1 Κύριοι σύνδεσμοι του κέντρου δεδομένων	29
3.1.1 Διακομιστές	29
3.1.2 Αποθήκευση	30
3.1.3 Συνδεσιμότητα	30
3.1.4 Απαραίτητα χαρακτηριστικά.....	33
3.2 Συνδεσιμότητα και τάσεις	35
3.2.1 Αποδοτικότητα κέντρων δεδομένων	36
3.2.2 Θερμοκρασία και αξιοπιστία	37
3.3 Βελτίωση της απόδοσης των κέντρων δεδομένων, με τη χρήση Multipath TCP	38
3.4 Ενοποίηση	39
Κεφάλαιο 4	44

4.1 Αρχιτεκτονικές κέντρων δεδομένων	44
4.2 Τα κέντρα δεδομένων στην Ελλάδα.....	46
4.3 Cloud computing και επιδράσεις	47
Κεφάλαιο 5	50
5.1 Πράσινα κέντρα αποθήκευσης δεδομένων	50
5.2 Τεχνικές διαχείρισης	53
5.3 Μέγεθος πόρων.....	54
5.4 Πράσινο κέντρο δεδομένων	54
5.4.1 Δείκτης χρήσης ενέργειας	55
5.4.2 Παράδειγμα πράσινων κέντρων δεδομένων στην Ελλάδα	55
5.5 Τεχνολογίες πράσινων κέντρων δεδομένων	56
5.5.1 Συστήματα ψύξης.....	57
5.5.2 Κατηγορίες ψύξης	59
5.5.3 Σκληροί Δίσκοι Green Technology	62
5.5.4 Πύργος ψύξης.....	62
5.6 Δείκτες ενεργειακής απόδοσης.....	62
Κεφάλαιο 6°	64
6.1 Μελέτες περίπτωσης.....	64
6.1.1 Google	64
6.1.2 Σύστημα ενεργειακής απόδοσης και αναβαθμίσεις.....	67
6.1.3 Κέντρα δεδομένων διάταξη και το περιεχόμενο	69
6.1.4 Η περίπτωση της Hitachi	72
Συμπεράσματα	74
Βιβλιογραφία	75

Πίνακας περιεχομένων εικόνων

Εικόνα 1.1 Κέντρα Δεδομένων της SAP στη Γερμανία.....	14
Εικόνα 1.2 Τυπική αρχιτεκτονική κέντρου δεδομένων.....	15
Εικόνα 1.3 Ενδεικτικό σχέδιο διαδρόμων.....	17
Εικόνα 2. 1 TCP Incast.....	23
Εικόνα 3 1 Κέντρο Δεδομένων δευτέρου επιπέδου.....	32
Εικόνα 3 2 Κέντρο Δεδομένων τρίτου επιπέδου.....	33
Εικόνα 3.3 Εσωτερική θερμοκρασία και ισχύ ανεμιστήρα.....	37
Εικόνα 3.4 Συνολικός ρυθμός εξυπηρέτησης TCP και MPTCP.....	41
Εικόνα 3.5 Κατανάλωση ενέργειας κέντρου δεδομένων.....	43
Εικόνα 3.6 Τυπική κατανομή ενέργειας σε κέντρο δεδομένων.....	43
Εικόνα 4.1 Αρχιτεκτονική Monsoon.....	45
Γράφημα 4.1 Κατανάλωση ενέργειας κέντρων.....	46
Εικόνα 5.1 Βαθμός αξιοποίησης ΑΠΕ στα κέντρα δεδομένων.....	51
Πίνακας 5.1 Κατηγορία κέντρων δεδομένων.....	54
Εικόνα 5.2 Ιδανικό περιβάλλον ενοποίησης.....	57
Εικόνα 5.3 Προβλήματα διαχείρισης αέρα.....	58
Εικόνα 5.4 Εξοικονομητής παροχής νερού.....	60
Εικόνα 5.5 Βέλτιστες πρακτικές διαχείρισης ροής αέρα.....	61
Εικόνα 6.1 Μετρήσεις PUE από την Google.....	64
Εικόνα 6.2 Μελέτη περίπτωσης αναβαθμίσεων.....	69
Εικόνα 6.3 Κάτοψη Ζώνης 1.....	70
Εικόνα 6.4 Κάτοψη Ζώνης 2.....	70
Εικόνα 6.5 Διάγραμμα υψηλού επιπέδου ισχύς.....	71

Περίληψη

Στη σημερινή κοινωνία τα κέντρα δεδομένων διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στον τομέα της πληροφορικής αλλά και σε κάθε τομέα ανθρώπινης δραστηριότητας. Χιλιάδες υπηρεσίες, επιχειρήσεις και οργανισμοί χρησιμοποιούν τα κέντρα δεδομένων. Έτσι, τα κέντρα δεδομένων διαφέρουν ανάλογα με το κοινό στο οποίο απευθύνονται και παράλληλα με αυτό διαμορφώνουν τα πρότυπα και τις προσφερόμενες υπηρεσίες τους. Επιπροσθέτως, κατανοώντας τις τεχνολογικές εξελίξεις τα κέντρα δεδομένων μεταβάλλονται με σκοπό να προσαρμόζονται στις εκάστοτε ανάγκες. Έτσι, οι υπεύθυνοι επικεντρώνουν την προσοχή τους σε θέματα ασφάλειας, εξοικονόμησης ενέργειας, παροχής χώρου και βελτιστοποίησης της ταχύτητας. Στην παρούσα μελέτη θα ασχοληθούμε με τη δομή, τις απαιτήσεις, το σχεδιασμό και τις κατηγορίες των κέντρων δεδομένων. Ειδικότερα, στο πρώτο κεφάλαιο θα γίνει μία εισαγωγή για τα κέντρα δεδομένων, τις κατηγορίες αλγόριθμων που χρησιμοποιούν, το διαχωρισμό τους και τη δομή ενός κέντρου δεδομένων. Στο δεύτερο κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί αναφορά στα συχνότερα προβλήματα των κέντρων δεδομένων και σε θέματα που αφορούν την ασφάλειά τους. Ειδικότερα, θα παρατεθούν τα πρωτόκολλα ασφαλείας που χρησιμοποιούνται. Το τρίτο κεφάλαιο σχετίζεται με την ανάλυση των λειτουργικών απαιτήσεων των κέντρων δεδομένων, εστιάζοντας στα καίρια σημεία λειτουργίας του. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται οι αρχιτεκτονικές των κέντρων δεδομένων και σημειώνονται τα σημαντικότερα στην Ευρώπη. Το επόμενο κεφάλαιο, το πέμπτο περιγράφει τα πράσινα κέντρα δεδομένων, τις τεχνικές διαχείρισής τους και τις τεχνολογίες που εφαρμόζονται για την εξοικονόμηση ενέργειας σε αυτά. Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο η εργασία ασχολείται με τις μελέτες περίπτωσης τριών μεγάλων εταιριών και των κέντρων τους περιγράφοντας τις μεθοδολογίες που ακολούθησαν προκειμένου να εφαρμόσουν πιο αποδοτικές τεχνικές διαχείρισης ενέργειας.

Summary

In today's society data centers play a crucial role in IT but also in every field of human activity. Thousands services, businesses and organizations use data centers. Thus, data centers differ depending on the target audience and in addition to this form the standards and the services offered. Additionally, understanding the technological developments in data centers are changing in order to adapt to changing needs. Thus, operators are concentrating their attention on security, energy saving, providing space and optimization of speed. In this study, we will deal with the structure, requirements, design and categories of data centers. In particular, the first section will be an introduction to the data centers, classes algorithms they use, their separation and the structure of a data center. The second chapter will be reference to the frequent problems of data centers and in matters relating to their safety. In particular, it will be set the security protocols used. The third chapter is related to the analysis of the functional requirements of data centers, focusing on the key operating points. The fourth chapter analyzes the architecture of data centers and marked the most important in Europe. The next section the fifth, describes green data centers, their management techniques and the technologies applied to save energy in them. Finally, the sixth chapter the thesis deals with the case studies of three large companies and their centers describing the methodologies followed in order to implement more efficient power management techniques.

Κεφάλαιο 1

1.1 Κέντρα δεδομένων

Οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν τα κέντρα δεδομένων για να παρακολουθούν τις στοιχειώδεις συναλλαγές τους, όπως πληρωμή των προμηθευτών, επεξεργασία παραγγελιών, εξυπηρέτηση των πελατών και πληρωμή των εργαζομένων. Ωστόσο είναι απαραίτητα και για να αντλήσουν πληροφορίες που θα βοηθούσαν την εταιρία να διευθύνει πιο αποτελεσματικά την επιχειρηματική δραστηριότητα και παράλληλα θα βοηθήσουν στελέχη και εργαζομένους να παίρνουν καλύτερες αποφάσεις. Αναλύοντας δεδομένα από τις αγορές πελατών με πιστωτική κάρτα για παράδειγμα, μία αλυσίδα εστιατορίων του Los Angeles συνειδητοποίησε ότι για τους περισσότερους πελάτες της, η ποιότητα ήταν σημαντικότερη από την τιμή. Σε μια μεγάλη εταιρεία με μεγάλα κέντρα δεδομένων και μεγάλα συστήματα για τα διάφορα τμήματα, όπως παραγωγή, πωλήσεις και λογιστήριο, απαιτούνται ειδικές δυνατότητες και εργαλεία για την ανάλυση τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων, και για την πρόσβαση σε δεδομένα από πολλαπλά συστήματα. Οι δυνατότητες αυτές περιλαμβάνουν αποθήκες δεδομένων, εξόρυξη δεδομένων, και εργαλεία για την πρόσβαση σε εσωτερικές βάσεις δεδομένων μέσω του ιστού.

Τα κέντρα δεδομένων άρχισαν να κάνουν αισθητή την παρουσία τους, ταυτόχρονα με την εμφάνιση του διαδικτύου. Πρόκειται για υπολογιστικούς πόρους, ελεγχόμενους και με κεντρική διαχείριση, οι οποίοι επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να λειτουργούν όλο το εικοσιτετράωρο ή σύμφωνα με τις ανάγκες τους. Αυτοί οι υπολογιστικοί πόροι περιλαμβάνουν υπολογιστές, εξυπηρετητές, διακομιστές αρχείων και εκτυπωτών, διακομιστές ανταλλαγής μηνυμάτων, λογισμικό εφαρμογών και λειτουργικά συστήματα¹. Τα δεδομένα που φιλοξενεί ένα κέντρο δεδομένων μπορεί να ποικίλουν. Σύμφωνα με μια έκθεση από το σχέδιο πολιτικής για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τα κέντρα δεδομένων αποτελούν ουσιαστικό στοιχείο στήριξης του τομέα των ηλεκτρονικών επικοινωνιών στο Διαδίκτυο και των υποδομών του ηλεκτρονικού εμπορίου. Η συνεχής ανάπτυξη αυτών των τομέων απαιτεί μια αξιόπιστη υποδομή, γιατί προβλήματα στις ψηφιακές υπηρεσίες μπορούν να έχουν σημαντικές οικονομικές

¹ M. Arregoces, M., Portolani, 2004, Data Centers Fundamentals, Cisco Press, USA

συνέπειες. Ουσιαστικά, ένα κέντρο δεδομένων είναι μια δομή, ή μια ομάδα δομών, αφιερωμένη στην κεντρική διαμονή, τη διασύνδεση και τη λειτουργία του εξοπλισμού πληροφορικής και δικτύων τηλεπικοινωνιών, η οποία παρέχει αποθήκευση των δεδομένων, επεξεργασία, καθώς και υπηρεσίες μεταφορών. Ένα κέντρο δεδομένων περιλαμβάνει όλες τις εγκαταστάσεις και τις υποδομές για τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας και τον έλεγχο του περιβάλλοντος μαζί με τα απαραίτητα επίπεδα ανθεκτικότητας και ασφάλειας που απαιτούνται για την παροχή της επιθυμητής διαθεσιμότητας των υπηρεσιών².

1.1.1 Χαρακτηριστικά κέντρων δεδομένων

Οι λειτουργίες των κέντρων δεδομένων είναι αρκετά κρίσιμες. Είναι απαραίτητο να υπάρχει μια αξιόπιστη υποδομή ούτως ώστε η παροχή των υπηρεσιών να γίνεται αδιάλειπτα. Επιπλέον θα πρέπει να παρέχεται ασφάλεια και έτσι το κέντρο δεδομένων να μπορεί να εγγυηθεί για οποιαδήποτε παραβίαση της. Η αποτελεσματική λειτουργία ενός τέτοιου κέντρου απαιτεί υψηλού επιπέδου εγκαταστάσεις και έμφαση στη στέγαση του εξοπλισμού. Θα πρέπει λοιπόν πρώτα να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον το οποίο να είναι κατάλληλο για να εγκατασταθεί εξοπλισμός με ολοκληρωμένο μηχανολογικό φάσμα, τηλεπικοινωνιακά κέντρα, εξοπλισμό υποστήριξης κλιματισμού αλλά και να γίνεται πρόβλεψη μελλοντικών αναγκών. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μία τάση προκειμένου να εκσυγχρονιστούν τα κέντρα δεδομένων καθώς η ενεργειακή απόδοση μπορεί να αυξηθεί με χρήση νέου εξοπλισμού. Βασικός σκοπός είναι να μπορούν να επιτευχθούν αυτά που προαναφέρθηκαν και αναλύοντας τα προκύπτουν τα οφέλη τους. Η τυποποίηση γίνεται για να ελαττωθεί ο αριθμός των κέντρων δεδομένων για μία μόνο μεγάλη εταιρεία. Έτσι μειώνεται ο υλικοτεχνικός εξοπλισμός και τα εργαλεία ενώ ομαδοποιούνται οι υπολογιστές και τα δίκτυα προκειμένου να είναι διαχειρίσιμα. Η εικονικότητα βοηθά στο να μειωθούν τα λειτουργικά έξοδα αλλά και η κατανάλωση ενέργειας. Από την άλλη η αυτοματοποίηση περιλαμβάνει εργασίες όπως η παροχή και η επιδιόρθωση των συστημάτων.

² Christophe Garnier, Schneider Electric ITB Contributors: Mark Aggar, Microsoft Marc Banks, Deutsche Bank Jay Dietrich, IBM Bob Shatten, Individual Member Markus Stutz, Dell Emmanuel Tong-Viet, IBM Data centre life cycle assessment guidelines, 2012 The Green Grid

Τέλος η ασφάλεια πρέπει να παρέχεται τόσο στα δίκτυα όσο και στα δεδομένα του χρήστη.

Ωστόσο τα βασικότερα προβλήματα των κέντρων δεδομένων είναι και εκείνα στα οποία θα πρέπει να στραφούμε προκειμένου να βελτιωθούν οι υπηρεσίες τους. Σε αυτά ανήκει η επεκτασιμότητα για να υποστηρίζουν και να αναβαθμίζουν το υπάρχον υλικό. Ένα κέντρο δεδομένων θα πρέπει να είναι σε θέση να έχει έναν εξυπηρετητή ο οποίος να μπορεί να αναλάβει οποιαδήποτε υπηρεσία ανάλογα με τις απαιτήσεις. Θα πρέπει να υπάρχει επικοινωνία μεταξύ των εξυπηρετητών ενώ τέλος οι σχεδιαστές θα πρέπει να λάβουν υπόψη την απόσταση μεταξύ των διακομιστών καθώς εκείνη επηρεάζει την αποδοτικότητα και το κόστος της επικοινωνίας. Η αξιοπιστία των κέντρων δεδομένων απαιτείται για να αναπτύσσονται οι πόροι του δικτύου ενώ η ισορροπία του αφορά τις συνδέσεις στο επίπεδο πυρήνα οι οποίες και χρησιμοποιούνται περισσότερο. Η κυκλοφορία θα πρέπει να γίνεται ομοιόμορφα ενώ τέλος η απόδοση του συστήματος στην περίπτωση κατάρρευσης μιας συσκευής θα πρέπει να μειώνεται ομαλά και όχι κατακόρυφα. Κατά τη φάση που σχεδιάζεται ένα κέντρο θα πρέπει να δοθεί σημασία στις δαπάνες χωρίς να συνυπολογίζεται το κόστος λειτουργίας και συντήρησης καθώς οι εγκαταστάσεις είναι πολύ σημαντικές για τη λειτουργία της επιχείρησης. Είναι σημαντικός ο προγραμματισμός της κατασκευής και της επέκτασης ενός κέντρου για το σκοπό αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κάθε δυνατή παράμετρος. από την άλλη αρχιτεκτονική και τεχνικές προδιαγραφές είναι σημαντικό να ορίζονται αρχικά και με βάση το κεφάλαιο να υλοποιούνται στη συνέχεια. Η επιλογή του χώρου εγκατάστασης είναι ορθό να γίνεται παράλληλα με τη διαμόρφωση των τεχνικών προδιαγραφών ούτως ώστε να ικανοποιούνται πλήρως οι απαιτήσεις του έργου. Ο χώρος που θα στεγάζονται υποδομές ενός τέτοιου κέντρου διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο. Έτσι χωροθέτηση θα πρέπει να γίνει αφού τα κριτήρια αρχιτεκτονικής του κέντρου έχουν οριστικοποιηθεί. Όσον αφορά το δείκτη ενεργειακής απόδοσης τον οποίο και θα αναλύσουμε παρακάτω θα πρέπει να χρησιμοποιείται για να πραγματοποιηθούν οι επιχειρηματικοί στόχοι λειτουργώντας ως ένα αποτελεσματικό εργαλείο μέτρησης και ελέγχου. Μέσα από τον κατάλληλο σχεδιασμό κάθε επιχείρηση μπορεί να στοχεύσει στην κάλυψη σημερινών αλλά και μελλοντικών αναγκών.

1.1.2 Κατηγορίες αλγόριθμων στα κέντρα δεδομένων

Επειδή στα κέντρα δεδομένων υπάρχει μεγάλος φόρτος εργασίας, προκειμένου να μεταφέρονται διαφορετικοί τύποι δεδομένων, γίνεται χρήση κάποιων αλγόριθμων που

μπορούν να βελτιώσουν τη μεταφορά αυτή, και να εξασφαλίσουν στα κέντρα δεδομένων, ταχύτητα, απόδοση και προσαρμοστικότητα. Οι αλγόριθμοι αυτοί διαχωρίζονται σε

- στατικούς αλγόριθμους δρομολόγησης (static routing algorithms)
- δυναμικούς αλγόριθμους δρομολόγησης (dynamic routing algorithms)

Αλγόριθμος Bellman-Ford

Ο αλγόριθμος αυτός, βρίσκει τα βάρη των ελάχιστων μονοπατιών από μία δεδομένη πηγή, προς κάθε κορυφή. Πρόκειται για έναν δυναμικό αλγόριθμο. Στο δίκτυο, κάθε δρομολογητής κρατάει έναν πίνακα με την εγγραφή η οποία περιέχει τη βέλτιστη απόσταση κάθε προορισμού προς αυτόν για κάθε άλλο κόμβο στο δίκτυο. Οι πίνακες ενημερώνονται μέσω της ανταλλαγής πληροφοριών των γειτόνων στο δίκτυο.

Dijkstra

Πρόκειται για έναν αλγόριθμο κατάστασης ζεύξης. Πήρε το όνομά του από το όνομα του εφευρέτη του. Ο αλγόριθμος αυτός υπολογίζει τη διαδρομή ελάχιστου κόστους από έναν κόμβο προς όλους τους άλλους κόμβους του δικτύου. Ο αλγόριθμος είναι επαναληπτικός και έχει την ιδιότητα ότι μετά την k-οστή επανάληψή του, οι διαδρομές ελάχιστου κόστους είναι γνωστές σε k κόμβους προορισμού και ανάμεσα στις διαδρομές ελαχίστου κόστους προς όλους τους κόμβους προορισμού, οι διαδρομές αυτές θα έχουν τα μικρότερα κόστη. Ο Dijkstra αποτελείται από ένα βήμα αρχικοποίησης ακολουθούμενο από έναν βρόγχο. Ο αριθμός των φορών που εκτελείται ο βρόγχος ισούται με τον αριθμό των κόμβων μέσα στο δίκτυο. Όταν τερματίσει, ο αλγόριθμος θα έχει υπολογίσει τις βραχύτερες διαδρομές από τον κόμβο προέλευσης προς κάθε άλλο κόμβο μέσα στο δίκτυο.

Αλγόριθμος DV

Ο αλγόριθμος διανύσματος απόστασης (distance vector, DV) είναι επαναληπτικός ασύγχρονος και κατανεμημένος αλγόριθμος. Είναι κατανεμημένος κατά το ότι κάθε κόμβος λαμβάνει κάποιες πληροφορίες, από έναν ή περισσότερους απ' τους απ' ευθείας συνδεδεμένους γείτονές του κάνει έναν υπολογισμό και κατόπιν κατανέμει τα αποτελέσματα των υπολογισμών του πίσω στους γείτονές του. Είναι επαναληπτικός

κατά το ότι αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρις ότου δεν ανταλλάσσονται άλλες πληροφορίες ανάμεσα σε γειτονικούς κόμβους. Ο αλγόριθμος είναι ασύγχρονος κατά το ότι δεν απαιτεί όλοι οι κόμβοι να λειτουργούν σε συγχρονισμό μεταξύ τους³.

1.1.3 Διαχωρισμός κέντρων δεδομένων

Τα συστήματα πληροφορικής μεγάλης κλίμακας υπάρχουν εδώ και αρκετά χρόνια. Στη δεκαετία του 1940, οι υπολογιστές ήταν τόσο μεγάλοι ώστε θα έπρεπε να φιλοξενοούνται σε χώρους αντίστοιχους με αυτούς των κατοικιών. Με την πάροδο του χρόνου αν και οι υπολογιστές περιορίστηκαν αρκετά σε μέγεθος, ωστόσο απαιτείται ο χώρος φιλοξενίας τους να είναι αρκετός. Βέβαια, από τεχνολογικής άποψης, ένας υπολογιστής οικιακής χρήσης θα ξεπερνούσε ένα οποιοδήποτε σύστημα επιχείρησης εκείνης της εποχής. Ανάλογα με το μέγεθος των εξοπλισμένων δωματίων που φιλοξενούν τους υπολογιστές, μπορούν να διακριθούν σε:

- A) Δωμάτια εξυπηρητητών (data rooms)
- B) Κέντρα δεδομένων (data centers).

Για την κατηγοριοποίηση των κέντρων δεδομένων χρησιμοποιούνται επίπεδα. Κάθε επίπεδο περιλαμβάνει διαφορετικά χαρακτηριστικά ως προς την τοπολογία, το σχεδιασμό και τις υποδομές του κέντρου δεδομένων. Το σύστημα ταξινόμησης του Uptime Institute είναι ένα βιομηχανικό πρότυπο αξιολόγησης όπου υπάρχουν οι εξής βαθμίδες⁴:

- Επίπεδο 1: αποτελείται από ένα μόνο διάδρομο για ηλεκτρικά και ψύξη, παρέχοντας διαθεσιμότητα 99,741%
- Επίπεδο 2: αποτελείται από ένα διάδρομο για ηλεκτρικά και ψύξη, ωστόσο μπορεί να έχει και κάποια άλλα πρόσθετα παρέχοντας διαθεσιμότητα 99,741%

³ Hill, M., (2009), High Performance Datacenter Network, Synthesis network computer application, University of Wisconsin

⁴ http://www.webopedia.com/TERM/D/data_center_tiers.html

- Επίπεδο 3: αποτελείται από πολλούς διαδρόμους διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και ψύξης, αλλά μόνο ένας είναι ενεργός κάθε φορά παρέχοντας διαθεσιμότητα 99,982%
- Επίπεδο 4: αποτελείται από πολλούς ενεργούς διαδρόμους διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και ψύξης, έχει εφεδρικά εξαρτήματα, και είναι ανεκτικό σε σφάλματα, παρέχοντας 99,995% διαθεσιμότητα.

Πεδία εφαρμογής κέντρων δεδομένων

CRM: Πρόκειται για μία επιχειρηματική στρατηγική που θα αξιοποιήσει τις αποθήκες δεδομένων για να μπορέσει να μεγιστοποιήσει την ικανοποίηση των πελατών και τα έσοδα.

ERP: Πρόκειται για μία στρατηγική που έχει σκοπό να εξυπηρετήσει τις διαδικασίες στις οποίες εμπλέκονται διάφοροι τομείς στην επιχείρηση.

SCM: Στοχεύεται η οργάνωση και ο συντονισμός των λειτουργιών της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Ηλεκτρονικό εμπόριο: Μία αποθήκη δεδομένων θα βοηθήσει σημαντικά μία επιχείρηση, είτε αυτή δραστηριοποιείται στον τομέα του διαδικτύου είτε χρησιμοποιεί την τεχνολογία σε διάφορα τμήματά της.

1.1.4 Δομή υπολογιστικού κέντρου

Το κέντρο δεδομένων φιλοξενεί την υπολογιστική ισχύ, και αποθηκεύει, τις εφαρμογές που απαιτούνται για να υποστηρίξουν μια επιχείρηση. Η υποδομή του κέντρου δεδομένων είναι κεντρικής σημασίας για την αρχιτεκτονική, από την οποία προέρχεται όλο το περιεχόμενο. Ο σωστός σχεδιασμός είναι κρίσιμος, για την απόδοση, την ανθεκτικότητα και την επεκτασιμότητα του.

Μια άλλη σημαντική πτυχή του κέντρου δεδομένων είναι η ευελιξία στην ταχεία ανάπτυξη και υποστήριξη νέων υπηρεσιών. Σχεδιάζοντας μια ευέλικτη αρχιτεκτονική που έχει την ικανότητα να υποστηρίζει νέες εφαρμογές σε ένα σύντομο χρονικό διάστημα αποκτάται ένα σημαντικό πλεονέκτημα. Ωστόσο ένας τέτοιος σχεδιασμός προϋποθέτει εκτίμηση στους τομείς των θυρών σύνδεσης, πρόσβαση στο στρώμα άνω

ζεύξης, πρόβλεψη για πολλαπλές εγγραφές – πολύ απλά να ξέρουμε τι θα συνδεθεί με τι - αλλά και άλλα θέματα που θα αναλυθούν παρακάτω⁵.

Ένα υπολογιστικό κέντρο περιλαμβάνει

- 1) IT εξοπλισμό: υπολογιστές, ράφια, συσκευές αποθήκευσης και ρυθμιστές τάσεις
- 2) Μονάδες υποστήριξης: διακόπτες, γεννήτριες, μονάδες αδιάλειπτης παροχής ενέργειας, μπαταρίες, μονάδες διανομής ισχύος
- 3) Συστήματα ψύξης: ψήκτρες, πύργοι ψύξης, κλιματιστικές μονάδες υπολογιστών, βαλβίδες, αντλίες.



Εικόνα 1.1 Κέντρο δεδομένων της SAP στη Γερμανία

Πηγή: <http://aancos.com/tag/bigdata/>

Τα κέντρα δεδομένων συνήθως χρησιμοποιούνται από μεγάλες εταιρείες ή κρατικούς οργανισμούς. Ωστόσο, αποτελούν λύση σε cloud υπηρεσίες (π.χ dropbox εικονικός χώρος αποθήκευσης) τόσο σε ιδιωτικές όσο και επιχειρηματικές εφαρμογές⁶. Επειδή τα Κέντρα δεδομένων θα φιλοξενήσουν σημαντικούς υπολογιστικούς πόρους, οι επιχειρήσεις πρέπει να διευθετήσουν τόσο τις εγκαταστάσεις που στεγάζουν τον εξοπλισμό όσο και το προσωπικό που απαιτείται για τη λειτουργία του. Οι απαιτήσεις

⁵www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Enterprise/Data_Center/DC_Infra2_5/DCInfra_1.html

⁶ http://www.sapdatacenter.com/article/data_center_functionality/

που τίθενται από αυτούς τους πόρους, σε συνδυασμό με την επιχειρηματική κρισιμότητα των εφαρμογών, δημιουργούν την ανάγκη για τους ακόλουθους τομείς

- **Ειδικές συνθήκες κλιματισμού, αερισμού**

Σε κάθε χώρο θα πρέπει να εγκαθίστανται μηχανήματα για αερισμό ώστε να παρέχεται ελεγχόμενη θερμοκρασία και υγρασία και καθημερινή βάση. Έτσι, αποφεύγεται η υπερθέρμανση του εξοπλισμού και εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη και μακροβιότερη λειτουργία του συστήματος.

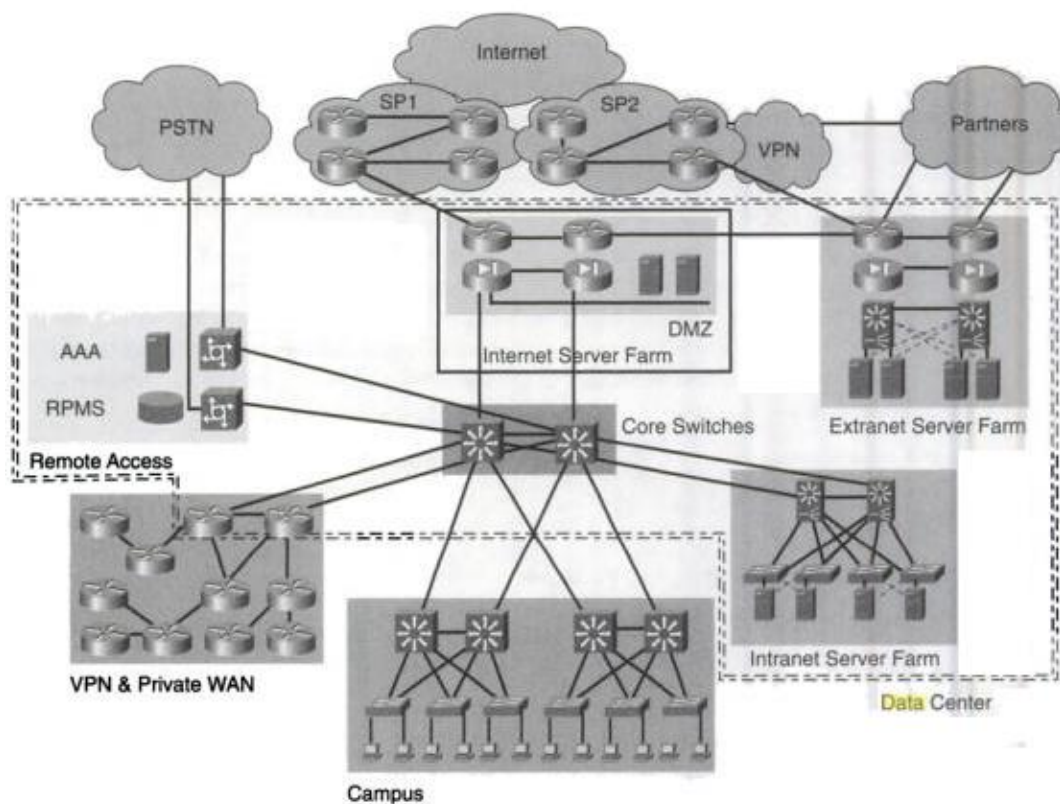
- **Ηλεκτρική ισχύ**

- **Συστήματα ψύξης**

- **Καλωδίωση**

- **Συστήματα πυρόσβεσης και πυρανίχνευσης**

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται τα δομικά στοιχεία μίας επιχείρησης και την αρχιτεκτονική ενός κέντρου δεδομένων.



Εικόνα 1.2 Τυπική αρχιτεκτονική κέντρου δεδομένων

Πηγή: <http://fibercasa.blogspot.gr/>

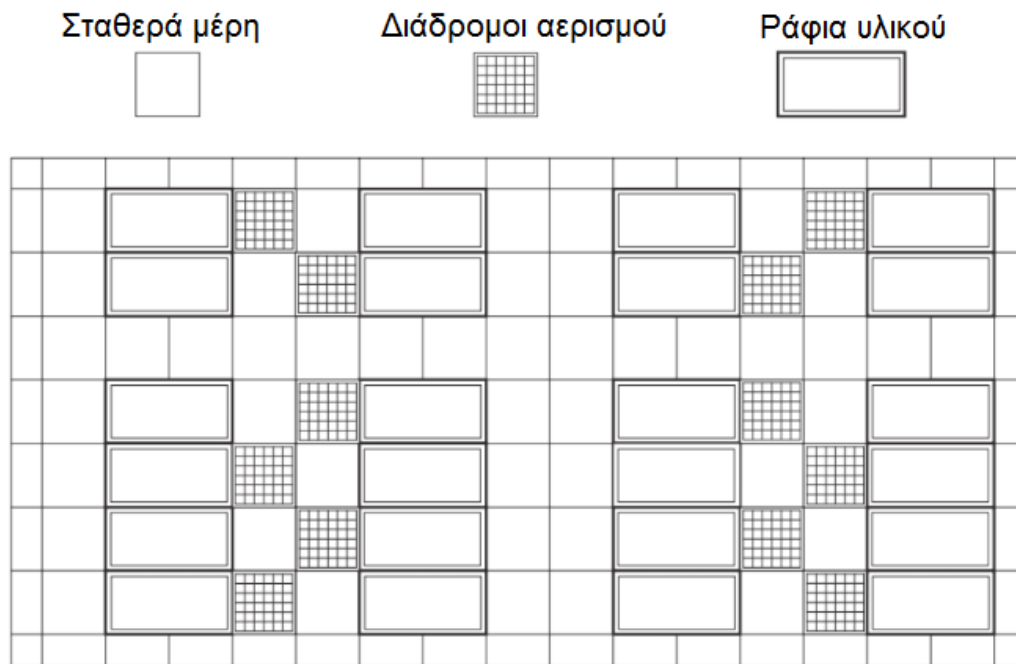
Τα κέντρα δεδομένων φιλοξενούν συνήθως πολλά στοιχεία που υποστηρίζουν και τις υποδομές μεγάλων κτιρίων, όπως και τα κεντρικά switch ενός πανεπιστημίου ή ενός ιδιωτικού δικτύου WLAN. Ουσιαστικά μπορούμε να μιλάμε σήμερα, για κέντρα δεδομένων τα οποία περιλαμβάνουν εκατοντάδες ράφια και μητρικές κάρτες υπολογιστών, ενώ υπάρχει η δυνατότητα αύξησης ή μείωσης της υπολογιστικής ισχύς με την προσθαφαίρεση του εξοπλισμού.

1.1.4.1 Διάδρομοι και χώροι

Οι κατάλληλοι διάδρομοι θα επιτρέψουν την ανεμπόδιση διέλευση για την τυχόν αντικατάσταση των ραφιών, χωρίς αυτά να έρχονται σε επαφή με άλλα ράφια. Η καλή επιλογή χώρου επίσης θα κάνει ανεμπόδιση τη μετακίνησή τους. Επίσης, δεν θα πρέπει να είναι συνεχείς οι σειρές των ραφιών, καθώς η πρόσβαση σε αυτά, θα είναι χρονοβόρα. Σε ελάχιστες περιπτώσεις ο γενικός κανόνας για ελεύθερο χώρο στο πάτωμα είναι μεταξύ 40 και το 50 τοις εκατό του διαθέσιμου συνολικού χώρου σε τετραγωνικά μέτρα.

Ο σχεδιασμός των χώρων διαδρόμων εξαρτάται από τις απαιτήσεις της ροής του αέρα και της περιοχής των ραφιών (RLUs)⁷. Οι σειρές του εξοπλισμού θα πρέπει να λειτουργούν παράλληλα με τους διαχειριστές του αέρα χωρίς εμπόδια. Αυτό επιτρέπει στον κρύο αέρα να κινηθεί προς τα μηχανήματα που χρειάζονται ψύξη.

⁷ Rack Location Units



Εικόνα 1.3 Ενδεικτικό σχέδιο διαδρόμων
 Πηγή: www.electronics.com

1.3.4.2 Συστήματα πολλαπλού χρήστη και κέντρο δεδομένων

Μιλώντας για συστήματα απλού χρήστη συνήθως αναφερόμαστε σε προσωπικούς υπολογιστές. Όπως μαρτυρά το όνομά τους είναι τα συστήματα που επιτρέπουν προσπέλαση μόνο σε μια χρονική στιγμή. Όλα τα προγράμματα και συσκευές είναι διαθέσιμες ανά πάσα χρονική στιγμή σε έναν μόνο χρήστη. Τους περιορισμούς που θέτουν τα συστήματα απλού χρήστη ξεπερνούν τα συστήματα πολλαπλού χρήστη και τα τοπικά δίκτυα. Τα υπολογιστικά συστήματα πολλαπλού χρήστη διαμοιράζουν τις δυνατότητές τους στους χρήστες με τεχνικές που εν γένει χαρακτηρίζονται ως time sharing π.χ διαμοιρασμός ταυτόχρονα σαν το teamviewer. Η επεξεργαστική ισχύς, οι μνήμες και οι δίσκοι μεγαλύτερων διακομιστών μοιράζονται από όλους τους χρήστες του συστήματος. Η αρχιτεκτονική πελάτη διακομιστή (client server), οι διαδικτυακές εφαρμογές και η εικονοποίηση (virtualization) επιτρέπουν σε όλους όσους είναι δικτυωμένοι μέσω των τοπικών δικτύων να μοιράζονται τους κοινόχρηστους πόρους, τις εφαρμογές και το περιεχόμενο. Η τεχνολογία εικονικής διεπαφής υπολογιστή (VDI, virtual desktop interface) προσφέρει στους χρήστες την πλήρη λειτουργικότητα του προσωπικού υπολογιστή, μέσω μόνο οθόνης και ενός υπολογιστή βασισμένου σε διακομιστή (thin client). Η οθόνη αυτή είναι συνδεδεμένη μέσω του τοπικού δικτύου με εικονικούς εξυπηρετητές που προσφέρουν κεντρικά από τα κέντρα αποθήκευσης

δεδομένων την υπηρεσία μειώνοντας σημαντικά το κόστος εξοπλισμού, διαχείρισης και κατανάλωσης ενέργειας⁸.

1.3.4.3 Απομακρυσμένη διαχείριση κέντρου δεδομένων

Η απομακρυσμένη διαχείριση συστημάτων, όπως και η απομακρυσμένη πρόσβαση, έχει πολλά πλεονεκτήματα. Προσφέρει την ικανότητα οι χρήστες να εργάζονται εξ αποστάσεως, από οποιοδήποτε μέρος. Τα συστήματα παρακολούθησης και διαχείρισης όπως τα Suns Management Center (Sun MC), BMC Patrol, και άλλα επιτρέπουν την παρακολούθηση των δεδομένων από οπουδήποτε σε όλο τον κόσμο.

Η αποτελεσματική διαχείριση των συστημάτων αυτών είναι κρίσιμης σημασίας για την ομαλή λειτουργία του κέντρου δεδομένων, και ακόμη πιο κρίσιμη κατά τη διαχείριση εξ αποστάσεως πληροφοριών συστήματος (hardware, λογισμικού, patches, κλπ).

Τα συστήματα απομακρυσμένης διαχείρισης είναι επίσης χρήσιμα για πολλαπλά κέντρα δεδομένων. Για παράδειγμα, μπορεί να υπάρχουν στην ίδια εταιρεία κέντρα δεδομένων στο Λος Άντζελες, το Λονδίνο, και το Τόκιο. Κάθε πόλη έχει διαφορά 8 ώρες από την επόμενη. Οι διαχειριστές δικτύων σε καθένα από αυτά τα κέντρα έχουν συνδέσεις με τους διαχειριστές δικτύων και των άλλων θέσεων. Αν π.χ το πλήρωμα του Λονδίνου έχει κάλυψη όλων των συστημάτων σε όλες τις θέσεις του Λονδίνου και είναι απασχολημένα ένα χρονικό διάστημα, τότε έχει καθοριστεί η εξυπηρέτηση των πελατών από τις άλλες θέσεις των κέντρο δεδομένων. Όλη αυτή η διαδικασία γίνεται από τους διαχειριστές που δεν είναι απαραίτητο να βρίσκονται σε κάποιες από τις 3 θέσεις που βρίσκονται τα κέντρα δεδομένων.

1.1.4 Συστήματα παρακολούθησης κέντρου δεδομένων

Η παρακολούθηση της κατάστασης του συστήματος, της ορθότητας λειτουργίας, και της κατανάλωσης είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την κατανόηση του τρόπου που κάθε σύστημα λειτουργεί, από μόνο του και σε σχέση με άλλα συνδεδεμένα συστήματα. Ανεξάρτητα από το λογισμικό που χρησιμοποιεί ένα κέντρο δεδομένων για την παρακολούθηση του συστήματός του, αυτό θα πρέπει να συμφωνεί με τα πρότυπα των βιομηχανιών, όπως για παράδειγμα το Πρωτόκολλο Παρακολούθησης (SNMP). Ακόμη και τα συστήματα UPS που συνδέονται με τους πράκτορες του δικτύου και

⁸ Αλεξόπουλος Α., Λαγογιάννης Γ., 2012, Τηλεπικοινωνίες και δίκτυα υπολογιστών, Γιαλός, Αθήνα

μπορούν να εκτελέσουν το SNMP για να δώσουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με το κέντρο δεδομένων και τα συστήματα υποστήριξης.

1.1.5 Συστήματα υποστήριξης κέντρου δεδομένων

Ένα κέντρο δεδομένων πρέπει να παρέχει ορισμένες υπηρεσίες:

- Επαρκή και κατάλληλο χώρο ώστε να αντέχει το βάρος των ραφιών
- Ισχύς
- Ψύξη για την προστασία του εξοπλισμού από υπερθέρμανσης
- Συνδεσιμότητα των συσκευών στα ράφια έτσι ώστε να έχουν πρόσβαση οι χρήστες

Αν κάποια από αυτές τις υπηρεσίες αποτύχει, το σύστημα δεν θα λειτουργήσει αποτελεσματικά, ή και καθόλου καθώς οι υπηρεσίες είναι μεταξύ τους αλληλοσυνδεόμενες.

1.2 Στόχοι κέντρων δεδομένων

Ο σχεδιασμός ενός κέντρου δεδομένων γίνεται με βάση κάποιους στόχους, οι οποίοι απορρέουν από την επιχείρηση και από τις απαιτήσεις των εφαρμογών που φιλοξενούνται. Οι στόχοι αυτοί είναι συγκεκριμένοι:

- Απόδοση
- Επεκτασιμότητα και ευελιξία
- Ευελιξία για την υποστήριξη διαφόρων υπηρεσιών
- Ασφάλεια
- Υψηλή διαθεσιμότητα
- Διαχειριστικότητα
- Χαμηλές λειτουργικές δαπάνες (operational expenditure, OPEX) και δαπάνες κεφαλαίου (capital expenditures, CAPEX)
- Μακροχρόνια βιωσιμότητα

Δεν υπάρχει μία ενιαία λύση που μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα κέντρα δεδομένων. Ωστόσο υπάρχουν κατευθυντήριες γραμμές από τις οποίες μπορεί να σχεδιαστεί ένα σύστημα το οποίο θα ανταποκρίνεται σε μεμονωμένες ανάγκες. Επιπλέον, η

αρχιτεκτονική του σχεδίαση θα δώσει έμφαση σε κριτήρια χωρίς να διακυβεύεται η λειτουργικότητα.

Τα LANs των κέντρων δεδομένων εξελίσσονται συνεχώς. Οι επιχειρηματικές πιέσεις αναγκάζουν τους ΙΤ οργανισμούς να υιοθετήσουν νέα μοντέλα παροχής εφαρμογών.

Η κίνηση στα κέντρα δεδομένων βασίζεται όλο και λιγότερο στο μοντέλο αρχιτεκτονικής πελάτη διακομιστή (client-server) και τείνει προς το μοντέλο αρχιτεκτονικής διακομιστή - διακομιστή (centric server-server). Η κατάτμηση των δεδομένων επιτρέπει τη μείωση του φυσικού εξοπλισμού, και συνεπώς την μείωση των επιχειρησιακών δαπανών⁹.

1.3 Αιτίες απώλειας ενέργειας στα κέντρα δεδομένων

Η λειτουργία των κέντρων δεδομένων εμποδίζεται από μεγάλη αναποτελεσματικότητα διαχείρισης ενέργειας, καθώς ένα μεγάλο ποσοστό της χάνεται σε όχι και τόσο σημαντικά ζητήματα του εξοπλισμού. Το κύριο μειονέκτημα τους είναι ότι ένα μεγάλο ποσό της ενέργειας σπαταλιέται για την ψύξη ή μετατρέπεται σε θερμότητα λόγω της αναποτελεσματικής λειτουργίας του ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Οι κύριες αιτίες της απώλειας αυτής, συνοψίζονται παρακάτω:

- Μονάδες ισχύος (UPS, μετασχηματιστές, κλπ) οι οποίες λειτουργούν κάτω από το όριο του πλήρη φορτίου τους.
- Μονάδες αδιάλειπτης τροφοδοσίας (UPS) οι οποίες σε σχέση με τις πραγματικές απαιτήσεις φορτίου είναι μεγάλες.
- Εξοπλισμός κλιματισμού που μπορεί να καταναλώνει επιπλέον ενέργεια προκειμένου να επιτύχει τη διανομή δροσερού αέρα σε μεγάλες αποστάσεις.
- Τυχόν αποφράξεις μεταξύ κλιματιστικών και εξοπλισμού.
- Απουσία εικονικής διαμόρφωσης κατά την ενοποίηση.
- Αναποτελεσματικοί διακομιστές.
- Ανοικτό σύστημα ψύξης.
- Αδύναμος φωτισμός.
- Αδυναμία διαχείρισης ενέργειας.
- Υπερδιαστασιολόγηση του κέντρου δεδομένων.

⁹ Data Center Networking – Connectivity and Topology Design Guide Enterasys secure networks

Η διαδικασία για να μετατραπεί ένα κέντρο δεδομένων σε ένα ενεργειακά αποδοτικό (Πράσινο κέντρο δεδομένων) είναι πολύπλοκη και μπορεί να επιτευχθεί μόνο με στόχευση τόσο στην βελτιστοποίηση των λειτουργικών δαπανών όσο και στις ενέργειες του προγραμματισμού. Η βελτιστοποιημένη λειτουργία του κέντρου δεδομένων απαιτεί η ισχύς εισόδου να ελαχιστοποιηθεί χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργία του IT εξοπλισμού¹⁰.

¹⁰ George Koutitas, Member, IEEE, and Panagiotis Demestichas, Member, IEEE A Review of Energy Efficiency in Telecommunication Networks

Κεφάλαιο 2

2.1 Προβλήματα και θέματα συμφόρησης στα Κέντρα δεδομένων

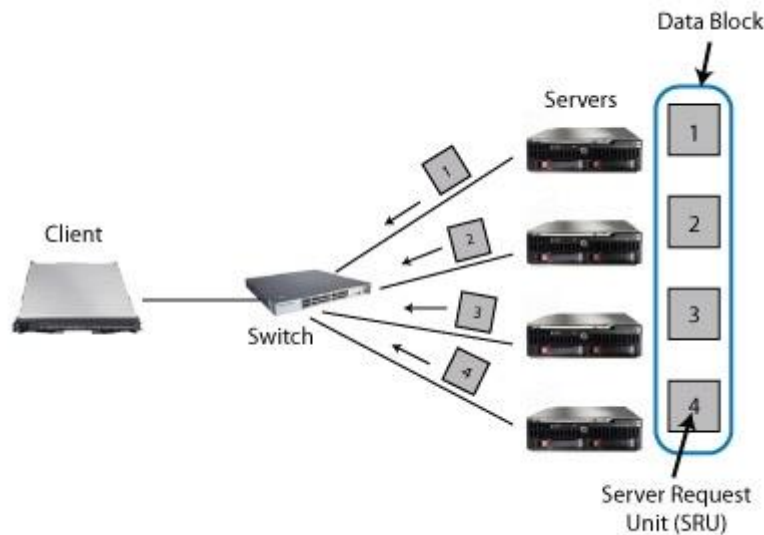
Το TCP (Transmission Control Protocol, Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης) είναι από τα σημαντικότερα πρωτόκολλα στο διαδίκτυο. Όλες οι δραστηριότητες στο διαδίκτυο που εμπλέκουν δύο ή περισσότερες απομακρυσμένες μεταξύ τους οντότητες που επικοινωνούν, διέπονται από ένα πρωτόκολλο. Ουσιαστικά, το πρωτόκολλο ορίζει τη μορφή και τη σειρά των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες επικοινωνούσες οντότητες, όπως και τις ενέργειες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της μετάδοσης και της λήψης ενός μηνύματος ή κάποιου άλλου συμβάντος. Τα τερματικά συστήματα του διαδικτύου περιλαμβάνουν επιτραπέζιους υπολογιστές εξυπηρετητές και φορητές συσκευές. Επιπρόσθετα, ένας αυξανόμενος αριθμός μη παραδοσιακών συσκευών συνδέονται στο διαδίκτυο σαν τερματικά συστήματα. Άτυπα οι πελάτες τείνουν να είναι επιτραπέζια και κινητά, ενώ οι εξυπηρετητές τείνουν να είναι πιο δυνατές μηχανές που αποθηκεύουν και διανέμουν. Σήμερα, στους περισσότερους από τους εξυπηρετητές λαμβάνονται αποτελέσματα αναζητήσεων, email, ιστοσελίδες και βίντεο σε μεγάλα κέντρα δεδομένων. Για παράδειγμα η Google διαθέτει 30-50 κέντρα δεδομένων με πολλά απ' αυτά να έχουν περισσότερους από εκατό χιλιάδες εξυπηρετητές.

Τα κέντρα δεδομένων υποστηρίζουν μια πληθώρα υπηρεσιών και εφαρμογών. Εταιρείες όπως η Google, η Microsoft, η Yahoo, και η Amazon χρησιμοποιούν τα κέντρα δεδομένων για την αναζήτηση στο διαδίκτυο, την αποθήκευση, το ηλεκτρονικό εμπόριο, και για υπολογισμούς μεγάλης κλίμακας.

Η συντριπτική πλειοψηφία των κέντρων δεδομένων χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο TCP για την επικοινωνία μεταξύ των κόμβων. Το TCP είναι μια παλιά τεχνολογία η οποία μπορεί να ικανοποιήσει ανάγκες επικοινωνίας για τις περισσότερες εφαρμογές. Ωστόσο, ο φόρτος εργασίας, και το περιβάλλον των κέντρων δεδομένων παραβιάζουν τις παραδοχές για τις οποίες το TCP αρχικά είχε σχεδιαστεί.

Για παράδειγμα, στα σύγχρονα λειτουργικά συστήματα όπως το Linux, ο προεπιλεγμένος χρόνος αποκατάστασης έχει οριστεί σε 200ms, μια λογική τιμή για WAN, αλλά η τιμή αυτή μεγαλώνει αν υπολογιστεί και η επιστροφή δεδομένων στα

κέντρα δεδομένων. Το αποτέλεσμα, είναι ο εντοπισμός τεχνολογικών ελλείψεων από το TCP.



Εικόνα 2. 1 TCP Incast

Πηγή: <http://bradhedlund.com/2011/05/01/tcp-incast-and-cloud-application-performance/>

Για υπηρεσίες νέφους όπως η αναζήτηση το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και τα κοινωνικά δίκτυα είναι επιθυμητό να παρέχεται ένας υψηλός βαθμός απόκρισης και μάλιστα στην ιδανική περίπτωση να παρέχεται στους χρήστες η ψευδαίσθηση ότι υπηρεσίες εκτελούνται μέσα στα δικά τους τερματικά συστήματα. αυτό μπορεί να αποτελεί μια μεγάλη πρόκληση καθώς οι χρήστες συχνά βρίσκονται πολύ μακριά από κέντρα δεδομένων τα οποία είναι υπεύθυνα για την παράδοση του δυναμικού περιεχομένου που σχετίζεται με τις υπηρεσίες νέφους. Πράγματι, εάν το τερματικό σύστημα βρίσκεται μακριά από το κέντρο δεδομένων τότε το RTT (round-trip time) θα είναι μεγάλο οδηγώντας πιθανώς σε αργό χρόνο απόκρισης λόγω της αργής εκκίνησης του TCP. Ένας τρόπος για να μετριαστεί το πρόβλημα της βελτίωσης της απόδοσης που γίνεται αντιληπτή από το χρήστη είναι η ανάπτυξη μετωπικών εξυπηρετητών που βρίσκονται πιο κοντά στους χρήστες και η διαίρεση του TCP. Η διαίρεση αυτή μπορεί να μειώσει την καθυστέρηση της δικτύωσης από περίπου τέσσερα RTT σε RTT βελτιώνοντας σημαντικά την απόδοση που γίνεται αντιληπτή από το χρήστη ιδιαίτερα για χρήστες που είναι πολύ μακριά από το πλησιέστερο κέντρο δεδομένων. Η διαίρεση

επίσης βοηθά στο να μειωθούν οι καθυστερήσεις επαναμετάδοσης που προκαλούνται από πόλη σε δίκτυα πρόσβασης.

Σήμερα, η Google κάνει εκτεταμένη χρήση του περιεχομένου σε δίκτυα διαμονής, (cdn, content delivery network). Επιπλέον, πολλές φορές για την αντιμετώπιση του προβλήματος TCP incast χρησιμοποιείται έλεγχος ροής Ethernet (μικρά request time out που επισημαίνουν συμφόρηση ή σε ring υπάρχουν μεγάλα RTT) ωστόσο δεν είναι κατάλληλος για τοπολογίες με πολλούς μεταγωγείς.

2.2 Υλοποίηση πρωτοκόλλων ασφαλείας στα κέντρα δεδομένων

Στα κέντρα αποθήκευσης δεδομένων χρησιμοποιούνται πρωτόκολλα ασφαλείας για την αποθήκευση και διακίνηση των πληροφοριών. Τα πιο ενδεικτικά είναι:

2.2.1 Ηλεκτρονικό πιστοποιητικό SSL

Το Ηλεκτρονικό πιστοποιητικό (Secure Sockets Layer) είναι ένα πρωτόκολλο κρυπτογράφησης δημοσίου κλειδιού, που αναπτύχθηκε από τη Netscape για να υποστηρίξει ασφαλή περιήγηση στο Web. Το SSL δεν κάνει πιστοποίηση αυθεντικότητας – ο μόνος τρόπος του είναι να κρυπτογραφεί τα περιεχόμενα μίας σύνδεσης ανάμεσα σε έναν πελάτη και ένα δημόσιο διακομιστή. Έτσι, το SSL κάνει στην ουσία μία «αμιγή» ανταλλαγή δημόσιου κλειδιού – όταν ένας πελάτης συνδέεται στη θύρα SSL ενός διακομιστή ο διακομιστής μεταδίδει ένα κλειδί κρυπτογράφησης, το οποίο χρησιμοποιεί ο πελάτης για να κρυπτογραφήσει το ρεύμα δεδομένων. Ο πελάτης κάνει το ίδιο πράγμα οπότε μπορεί να καθοριστεί ένα αμφίδρομο ασφαλές ρεύμα. Αυτό το ρεύμα χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή ενός ζεύγους τυχαία παραγόμενων μυστικών κλειδιών, έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν αλγόριθμοι κρυπτογράφησης υψηλής ταχύτητας.

2.2.2 Πρωτόκολλο Ασφαλείας Διαδικτύου IPSec

Το Internet Protocol Security (IPSec) είναι το πρότυπο της IETF (Internet Engineering Task Force) για ασφαλείς επικοινωνίες IP που βασίζεται σε κρυπτογράφηση για να επιβεβαιώσει την αυθεντικότητα και το απόρρητο επικοινωνιών IP. Το IPSec παρέχει μηχανισμούς πιστοποίησης της αυθεντικότητας πακέτων, κρυπτογράφησης του ωφέλιμου φορτίου, και ενθυλάκωσης TCP (Transmission Control Protocol), UDP (User Datagram Protocol) socket ανάμεσα σε ακραία συστήματα. Το IPSec εκτελεί αυτές τις τρεις λειτουργίες χρησιμοποιώντας δύο ανεξάρτητους μηχανισμούς:

- Πιστοποιημένες επικεφαλίδες (Authentication Headers) για παροχή πιστοποίησης αυθεντικότητας.
- Ενθυλάκωση ασφάλειας ωφέλιμου φορτίου (Encapsulation Security Payload) για κρυπτογράφηση του τμήματος δεδομένων ενός πακέτου IP.

2.2.3 Πρωτόκολλο δικτυακού χρόνου NTP

Το Πρωτόκολλο Δικτυακού Χρόνου (Network Time Protocol - NTP) είναι ένα πρωτόκολλο για να συγχρονιστεί η ώρα ενός εξυπηρετητή και δρομολογητή σε ένα κέντρο δεδομένων σύμφωνα με κάποια πηγή η οποία διαδραματίζει το ρόλο του σημείου αναφοράς. Έτσι είναι δυνατός ο συγχρονισμός ακρίβειας του δευτερολέπτου τόσο σε τοπικά δίκτυα όσο και σε δίκτυα μεγάλης εμβέλειας. Μία τυπική NTP διαμόρφωση χρησιμοποιεί πολλαπλούς εφεδρικούς εξυπηρετητές και διάφορες διαδρομές δικτύου, με σκοπό να πετύχει υψηλή ακρίβεια και αξιοπιστία. Μερικές παραμετροποιήσεις του περιέχουν ταυτοποίηση με κρυπτογραφία για αποφυγή ατυχημάτων ή μοχθηρών επιθέσεων.

Ένας NTP εξυπηρετητής συγχρονίζει τα ρολόγια των συσκευών που συνδέονται σε αυτόν μέσω του πρωτοκόλλου NTP. Με τον τρόπο αυτό οι δικτυακές αυτές συσκευές έχουν κοινό χρονικό σημείο αναφοράς. Όμως σε πολλές περιπτώσεις και το ρολόι του εξυπηρετητή του ίδιου συγχρονίζεται με άλλο ρολόι αναφοράς. Συνήθως, οι NTP εξυπηρετητές συγχρονίζονται τελικά αναδρομικά με το UTC (Universal Time Coordinate). Αυτό επιτυγχάνεται ως εξής:

- Ατομικά ρολόγια δίνουν πληροφορία χρόνου από φυσικές πηγές χρόνου (π.χ Καισίου). Αυτά τα ρολόγια θεωρούνται Stratum 0.
- Κύριοι πρωτεύοντες (Primary Stratum 1) εξυπηρετητές συγχρονίζουν σε εθνικά πρότυπα χρόνου (UTC, EET κλπ) με Stratum 0 εξυπηρετητές με χρήση ραδιοφωνικών κυμάτων, δορυφόρων και ατομικών ρολογιών.
- NTP εξυπηρετητές λαμβάνουν ώρα από άλλους NTP εξυπηρετητές, δημιουργώντας έτσι ένα ιεραρχικό μοντέλο παροχής χρονισμού. Οι εξυπηρετητές αυτοί ονομάζονται stratum 2, stratum 3 κλπ ανάλογα με την απόστασή τους από τους stratum 1 εξυπηρετητές.

2.2.4 Πρωτόκολλο απλουστευμένης διαχείρισης δικτύου SNMP

Το πρωτόκολλο απλουστευμένης διαχείρισης δικτύου (Simple Network Management Protocol) διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαχείριση της ασφάλειας. Ο στόχος της

διαχείρισης αυτής, είναι να ελέγχει την προσπέλαση στους δικτυακούς πόρους σύμφωνα με κάποια σαφώς καθορισμένη πολιτική. Αναλυτικότερα το SNMP είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ ενός διαχειριστή και μίας συσκευής. Ουσιαστικά πρόκειται για πρωτόκολλο επικοινωνίας ενός διαχειριστή με τα διαχειριζόμενα αντικείμενα.

Επειδή το SNMP χρησιμοποιεί ως πρωτόκολλο μεταφοράς το UDP τα SNMP PDUs (Protocol Data Unit) μεταφέρονται στο δίκτυο αφού ενθυλακώνονται σε UDP diagrams. Ο διαχειριστής αναλαμβάνει τη διαδικασία διαχείρισης του δικτύου μέσω του πρωτοκόλλου επικοινωνίας που μεταφέρει πληροφορίες διαχείρισης προς και από τα στοιχεία του δικτύου. Το SNMP έχει σχεδιαστεί για λειτουργεί πάνω από πρωτόκολλα μεταφοράς χωρίς σύνδεση. Η απειλή τροποποίησης της ροής μηνύματος καθιερώνει το SNMP σε συνδυασμό με άλλα μοντέλα ασφαλείας¹¹.

2.2.5 Δικτυακό πρωτόκολλο ασφάλειας SSH

Το Δικτυακό πρωτόκολλο ασφάλειας (Secure Shell Protocol, SSH) είναι ένα πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται είτε συνδυαστικά με το SFTP είτε με το SCP σαν εναλλακτικές του FTP και του RCP αντίστοιχα. Ειδικότερα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συνδεθεί μία οντότητα ασφαλώς με μία απομακρυσμένη μηχανή. Το SSH παρέχει ισχυρή αυθεντικοποίηση αλλά και ασφαλή επικοινωνία διαμέσω μη ασφαλών διαύλων. Μπορεί επίσης να αντικαταστήσει το telnet. Συνοπτικά το πρωτόκολλο παρέχει υποστήριξη για αυθεντικοποίηση τόσο του εξυπηρετητή όσο και του χρήστη παρέχοντας επίσης συμπύεση δεδομένων, εμπιστευτικότητα δεδομένων και προστασία της ακεραιότητάς τους.

2.3 Φιλτράρισμα πακέτων στα κέντρα δεδομένων

Τα φίλτρα πακέτων που υλοποιούνται μέσα σε τείχος προστασίας (firewalls) απαγορεύουν την ύποπτη κίνηση να προσεγγίσει το δίκτυο προορισμού. Οι φιλτράρισμενοι δρομολογητές προστατεύουν όλα τα μηχανήματα στο δίκτυο προορισμού από ύποπτες κινήσεις. Τα φίλτρα αυτά ακολουθούν συνήθως τους παρακάτω κανόνες:

¹¹ Γκρίτζαλη Σ., Δ., Κάτσικα Σ., 2003, Ασφάλεια δικτύων υπολογιστών, Παπασωτηρίου, Αθήνα

- Απόρριψη προσπαθειών εισερχομένων συνδέσεων αλλά αποδοχή προσπαθειών εξερχομένων συνδέσεων.
- Εξάλειψη πακέτων TCP που κατευθύνονται προς θύρες οι οποίες δεν πρέπει να είναι διαθέσιμες στο διαδίκτυο αλλά αποδοχή πακέτων που πρέπει να περάσουν. Τα περισσότερα φίλτρα μπορούν να καθορίσουν ακριβώς σε πιο διακομιστή πρέπει να πάει ένα συγκεκριμένο είδος κίνησης.
- Περιορισμός εισερχόμενης προσπέλασης προς περιοχές εσωτερικών IP.
- Ευφυή φίλτρα εξετάζουν τις καταστάσεις όλων των συνδέσεων που ρέουν διαμέσου τους, ψάχνοντας για σήματα εισβολής όπως είναι η δρομολόγηση προέλευσης η ανακατεύθυνση πρωτοκόλλου Internet Control Message Protocol ICMP και παραπλάνηση IP.

Ο πρώτος κανόνας για οποιαδήποτε υπεύθυνη χρήση του διαδικτύου είναι να γίνει κατανοητό ότι δυνητικά όλα τα δεδομένα είναι προσβάσιμα, ακόμα και τα κρυπτογραφημένα. Η NSA κατασκευάζει ένα ολοκληρωμένο κέντρο αποκλειστικά για το σκοπό της αποκρυπτογράφησης μηνυμάτων. Με αυτά τα δεδομένα, θα πρέπει να κατανοήσουμε ότι υπάρχουν υλικά όρια στους πόρους που μπορεί να διαθέσει η NSA σε αποκρυπτογράφηση μηνυμάτων. Οι περισσότερες επικοινωνίες παίρνουν χρόνια (ακόμα και δεκαετίες) προκειμένου να αποκρυπτογραφηθούν.

2.4 Συστήματα ανίχνευσης εισβολής IDS

Τα συστήματα ανίχνευσης εισβολής (Intrusion Detection Systems IDS) είναι συστήματα λογισμικού τα οποία ανιχνεύουν εισβολές στο δίκτυο του κέντρου δεδομένων με βάση ορισμένα σήματα. Τα ενεργά IDS προσπαθούν να μπλοκάρουν τις επιθέσεις, αποκρίνονται με αντίμετρα ή τουλάχιστον προειδοποιούν τους διαχειριστές κατά την εξέλιξη της επίθεσης. Τα παθητικά IDS απλώς καταγράφουν την εισβολή ή δημιουργούν ίχνη παρακολούθησης, τα οποία γίνονται εμφανή σε περίπτωση που επιτύχει μία εισβολή.

Τα συστήματα επιθεώρησης είναι ο συνηθέστερος τύπος IDS. Αυτοί οι ανιχνευτές εισβολών παρακολουθούν τη δραστηριότητα σε έναν ξενιστή ή σε ένα δίκτυο και παίρνουν αποφάσεις για το αν μία επίθεση γίνεται αυτή τη στιγμή ή έχει γίνει ήδη με βάση ένα σύνολο προγραμματισμένων κανόνων.

Οι ανιχνευτές εισβολών βασίζονται σε ενδείξεις ανάρμοστης χρήσης, αυτές οι ενδείξεις περιλαμβάνουν τις παρακάτω:

- Κίνηση δικτύου, όπως σαρώσεις ICMP, σαρώσεις θυρών ή συνδέσεις προς μη εξουσιοδοτημένες θύρες.
- Υπογραφές γνωστών συνηθισμένων επιθέσεων.
- Χρησιμοποίηση πόρων όπως Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU), RAM.
- Δραστηριότητα αρχείων που περιλαμβάνει δημιουργία νέων αρχείων, τροποποίηση αρχείων συστήματος, αλλαγές σε αρχεία χρηστών ή τροποποίηση λογαριασμών χρηστών.

Η πολιτική της ομάδας είναι ο κύριος μηχανισμός ελέγχου της διαμόρφωσης των κέντρων δεδομένων και χρησιμοποιείται για ασφάλεια αλλά και για διαχειριστικούς σκοπούς. Οι πολιτικές γενικά είναι ένα σύνολο αλλαγών ενώ οργανώνονται με τέτοιο τρόπο ώστε να υλοποιούν ένα συγκεκριμένο σκοπό. Οι πολιτικές ομάδες επίσης μπορούν να εφαρμοστούν σε ομάδες ενώ δεν είναι απαραίτητα ένας μηχανισμός διαμόρφωσης αλλά επιτρέπουν σε διαχειριστές να δημιουργούν πιο ασφαλή συστήματα περιορίζοντας την γκάμα των ενεργειών των χρηστών. Τα αντικείμενα πολιτικής ομάδας και τα τυχόν αρχεία υποστήριξης που απαιτούνται για μια τέτοια πολιτική αποθηκεύοντας ελεγκτές τομέα, είναι στην ουσία προσαρμοσμένα αρχεία μητρώου που ορίζονται από ρυθμίσεις πολιτικής και τα οποία φορτώνονται, εφαρμόζονται σε υπολογιστές πελάτες που είναι μέλη του τομέα και γι' αυτό ονομάζονται πολιτικές υπολογιστή και όταν συνδέεται ένας χρήστης, πολιτική χρήστη. Οι πολιτικές υπολογιστή εφαρμόζονται κατά την αρχικοποίηση του συστήματος πριν συνδεθεί ένας χρήστης και κατά τη διάρκεια των περιοδικών ανανεώσεων. Οι πολιτικές χρήστη εφαρμόζονται μετά από τη σύνδεση ενός χρήστη, αλλά πριν να εργαστεί αυτό στον υπολογιστή καθώς και κατά τη διάρκεια περιοδικών ανανεώσεων¹².

Τα αρχεία syslog είναι αρχεία μηνυμάτων αναφοράς. Στα μηνύματα αυτά καταγράφονται συμβάντα που μπορεί να περιέχουν (timestamps) από ανεπιθύμητες ενέργειες προλαμβάνοντας μία τυχόν επίθεση στο δίκτυο.

¹² Matthew Strebe, 2005, Ασφάλεια δικτύων, Γκιούρδας, Αθήνα

Κεφάλαιο 3

3.1 Κύριοι σύνδεσμοι του κέντρου δεδομένων

Στο κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με τον σχεδιασμό της υποδομής ενός κέντρου δεδομένων σε ένα δίκτυο. Ως κέντρο δεδομένων ορίζεται εκείνη η εγκατάσταση, η οποία χρησιμοποιείται για τα συστήματα στους οικιακούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές και τα συναφή εξαρτήματα τους, για παράδειγμα τηλεπικοινωνίες και συστήματα αποθήκευσης. Σε γενικές γραμμές περιλαμβάνει εφεδρικά τροφοδοτικά, συνδέσεις δεδομένων επικοινωνίας, περιβαλλοντικούς ελέγχους (όπως κλιματισμός, πυρόσβεση) και συσκευές ασφάλειας. Στη συνέχεια, θα εστιάσουμε στους διακομιστές, την αποθήκευση και τη συνδεσιμότητα των στοιχείων σε ένα κέντρο δεδομένων.

3.1.1 Διακομιστές

Σήμερα, οι διακομιστές που έχουν παραταχθεί σε ένα κέντρο δεδομένων είτε αυτό είναι πλήρες εξοπλισμένο, είτε διαθέτει διακομιστές rack - mount ή διακομιστές blade. Ένας blade διακομιστής (αυτόνομος) είναι απογυμνωμένος και έχει έναν αρθρωτό σχεδιασμό βελτιστοποίησης για να ελαχιστοποιηθεί η χρήση του φυσικού χώρου και της ενέργειας. Ένας τυποποιημένος διακομιστής (rack-mount) μπορεί να λειτουργήσει με ένα τροφοδοτικό σύστημα και το καλώδιο δικτύου. Οι διακομιστές blade επίσης, διαθέτουν πολλούς συνδέσμους απομάκρυνσης με άλλα συστήματα που εξυπηρετούν την εξοικονόμηση χώρου και ελαχιστοποιούν την κατανάλωση ενέργειας. Ακόμη, διαθέτουν όλα εκείνα τα λειτουργικά εξαρτήματα που χρειάζεται ένας υπολογιστής. Ένας συνημμένος διακομιστής (rack-mount) μπορεί να κρατήσει πολλούς διακομιστές και να παράσχει υπηρεσίες όπως ισχύ, ψύξη, δικτύωση, διάφορες διασυνδέσεις και διαχείριση. Ένας blade διακομιστής αποτελείται από διακομιστές και το συνημμένο διακομιστή. Για κάθε τύπο διακομιστή υπάρχουν πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα, τα οποία δεν θα μας απασχολήσουν στο κεφάλαιο αυτό.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας έχουν εισαχθεί δυναμικά κέντρα δεδομένων και το πρόσθετο πλεονέκτημα της Πράσινης IT(τεχνολογία πληροφοριών). Προσφέρεται καλύτερη αξιοπιστία και υψηλότερη διαθεσιμότητα σε περίπτωση αστοχίας του υλικού. Με τους διακομιστές αυτούς είναι δυνατή η μεγαλύτερη χρήση των πόρων του υλικού. Παράλληλα, η βελτίωση της διοίκησης διαθέτει ένα ενιαίο περιβάλλον διαχείρισης για κάθε εικονικό διακομιστή.

3.1.2 Αποθήκευση

Ανάλογα με τον τύπο του διακομιστή οι απαιτήσεις αποθήκευσης διαφέρουν. Οι διακομιστές εφαρμογών απαιτούν λιγότερη αποθήκευση από εξυπηρετητές βάσεων δεδομένων. Οι επιλογές αποθήκευσης είναι οι ακόλουθες:

- Απευθείας χώρος αποθήκευσης (DAS)
- Διαδικτυακός χώρος αποθήκευσης (NAS)
- Δίκτυο περιοχής αποθήκευσης (SAN)

Εφαρμογές οι οποίες απαιτούν μεγάλες ποσότητες αποθήκευσης θα πρέπει να είναι SAN όπου επισυνάπτεται χρήση υψηλής τεχνολογικής ταχύτητας καναλιού (Fibre Channel) ή σύστημα iSCSI. Στο παρελθόν η Fibre Channel προσέφερε καλύτερη αξιοπιστία και απόδοση, όμως απαιτούσε υψηλή εξειδίκευση στους SAN διαχειριστές. Τα δυναμικά κέντρα δεδομένων, αξιοποιώντας την εικονικότητα με κανάλια Fibre συνημμένου χώρου (rack-mount) αποθήκευσης, απαιτούν την εισαγωγή ενός νέου προτύπου αυτού, το Fibre Channel με προσαρμογέα δικτύου (Ethernet). Το FCoE απαιτεί LAN διαβαθμίσεις, εξαιτίας της φύσης των υποκειμένων απαιτήσεων, καθώς ακόμη δεν έχει επικυρωθεί το Κέντρο δεδομένων Bridging με πρότυπα Ethernet. Ακόμη δεν έχουν δυνατότητα δρομολόγησης. Κάτι τέτοιο θα προκαλούσε προβλήματα καθώς αν μια εφαρμογή αποκατάστασης (Backup) είχε καταστραφεί η συνδεσιμότητα της γραμμής, δεν μπορούσε να αναπτυχθεί. Από την άλλη, με τα iSCSI, υποστηρίζονται μεγαλύτερες ταχύτητες και βελτιώνεται η αξιοπιστία καθιστώντας τα κέντρα αυτά πιο ελκυστικά. Προσφέρεται επίσης, μεγαλύτερη ευελιξία και αποτελεί μια λύση ιδιαίτερα οικονομική με την αξιοποίηση των υπάρχοντων στοιχείων ενός δικτύου. Εν τέλει, οι διακόπτες των Fibre Channel συνήθως κοστίζουν 50% περισσότερο από τους διακόπτες Ethernet. Συνολικά, τα iSCSI είναι πιο εύκολα διαχειρίσιμα και αυτό γιατί το προσωπικό είναι πολύ πιο εξοικειωμένο με τη διαχείριση των δικτύων IP.

3.1.3 Συνδεσιμότητα

Ο σύνδεσμος δικτύωσης παρέχει σύνδεση με το κέντρο δεδομένων, για παράδειγμα τα switches L2/L3 και WAN routers, τα οποία υποκινούνται από τους διακομιστές εικονικότητας.

Πρώτο επίπεδο (one-tier design)

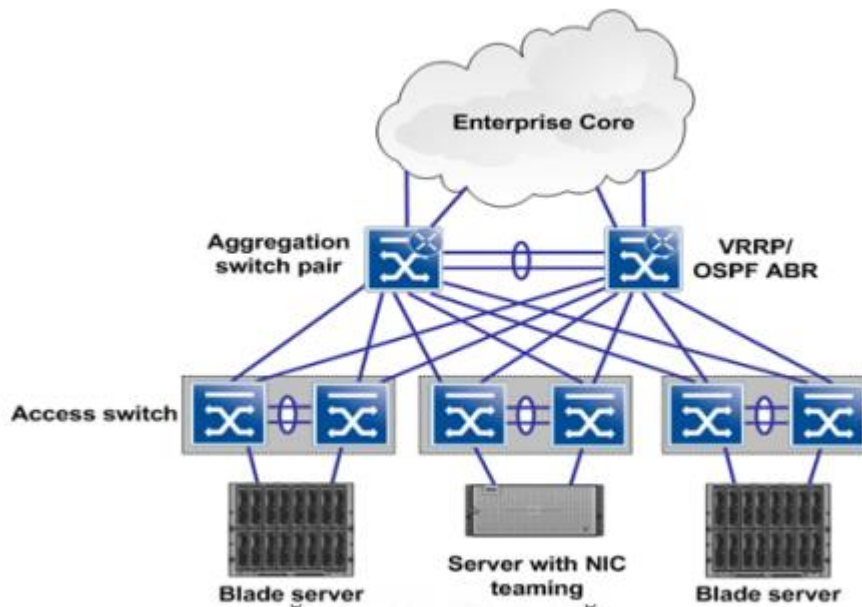
Είναι ένας χώρος χωρίς περιττό εξοπλισμό, εφαρμογές, ή υπηρεσίες δικτύου. Χαρακτηριστικά της τεχνολογίας που χρησιμοποιεί είναι ο εντοπισμός βλαβών και σφαλμάτων. Η διαθεσιμότητα μπορεί να βελτιωθεί με την προσθήκη UPS ή εφεδρικών γεννητριών και δευτερευουσών τηλεπικοινωνιών για τις δυνατότητες του δικτύου. Σε επίπεδο προστασίας των δεδομένων, συμπεριλαμβάνονται τα βασικά αντίγραφα ασφαλείας (onsite, offsite), αξιοποιώντας κάποιον πάροχο υπηρεσιών. Οι οργανισμοί ή οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν το πρώτο επίπεδο περιλαμβάνουν μικρές επιχειρήσεις ή μικρά οικιακά γραφεία (SOHO).

Δεύτερο επίπεδο (two-tier design)

Η σύνδεση δύο επιπέδων είναι πολύ δημοφιλής σε δίκτυα κέντρων δεδομένων. Οι μεταγωγείς πρόσβασης για σύνδεση στο διακομιστή κατήργησαν τους διακόπτες συνάθροισης υψηλής πυκνότητας. Ακόμη, οι μεταγωγείς (switches) πρόσβασης παρέχουν λειτουργίες μεταγωγής και δρομολόγησης για εναλλαγή των διασυνδέσεων του διακομιστή VLAN. Η σύνδεση δύο επιπέδων έχει πολλά πλεονεκτήματα όπως:

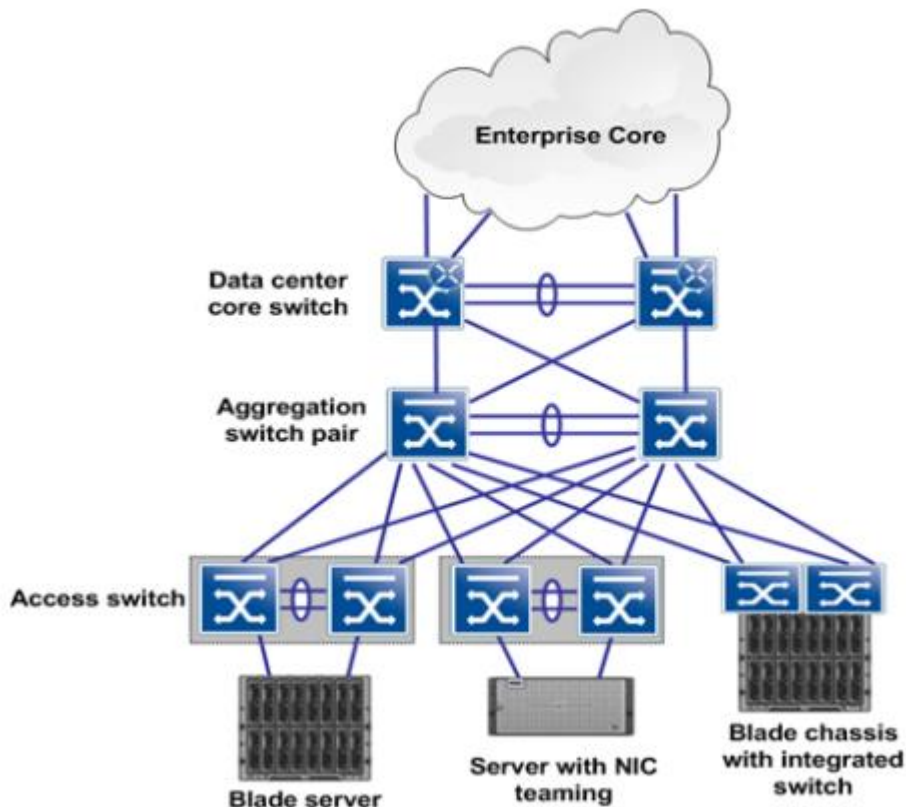
- απλουστευμένη σύνδεση (λιγότερους διακόπτες και λιγότερους κόμβους διαχείρισης)
- μειωμένη λανθάνουσα κατάσταση του δικτύου (μειώνοντας τον αριθμό των hops των διακοπών)
- ανταπόκριση σε υπερβολικές εγγραφές (κινήσεις των users) .
- χαμηλότερη συνολική κατανάλωση ενέργειας.

Ωστόσο, ένα μειονέκτημα του σχεδιασμού σε δύο επίπεδα είναι η περιορισμένη επεκτασιμότητα. Ειδικότερα όταν οι θύρες του ζεύγους διακοπών συνάθροισης χρησιμοποιούνται πλήρως, τότε η προσθήκη ενός άλλου ζεύγους διακοπών συνάθροισης είναι αρκετά πολύπλοκη. Η σύνδεση μεταξύ των ζευγών κάθε διακόπτη συνάθροισης πρέπει να είναι πλήρως δικτυωμένη και με υψηλό εύρος ζώνης. Έτσι αποφεύγεται πιθανή συμφόρηση στο δίκτυο. Δεδομένου ότι ένα ζεύγος είναι επίσης και το πρωτόκολλο δρομολόγησης, περισσότερα ζεύγη σημαίνει περισσότερη κίνηση, άρα και περισσότερες διασυνδέσεις δρομολόγησης.



Εικόνα 3.1 Κέντρο δεδομένων δευτέρου επιπέδου

Το τρίτο επίπεδο συνδυάζει τα χαρακτηριστικά του πρώτου επιπέδου και του δεύτερου των αποθηκών δεδομένων, με την απαλοιφή πρόσθετων χαρακτηριστικών εξοπλισμού ενέργειας, προκειμένου να βελτιωθεί η διαθεσιμότητα, η προσβασιμότητα και η αντοχή στο χρόνο. Αποτελείται από μεταγωγείς πρόσβασης, συνδεδεμένους σε εξυπηρετητές. Οι μεταγωγείς συνάθροισης παρέχουν δρομολόγηση από και προς το κεντρικό δίκτυο. Τα επιπλέον χαρακτηριστικά του 3^{ου} επιπέδου περιλαμβάνουν επιπλέον διαδρομές, βοηθητικά προγράμματα και παθητική ή ενεργητική κατανομή φορτίου. Ο σχεδιασμός του τρίτου επιπέδου βασίζεται σε μία ιεραρχική σχεδίαση. Η προσθήκη νέων διακοπών συνάθροισης δεν απαιτεί την τροποποίηση των υφιστάμενων. Στα μειονεκτήματα ανήκει η λανθάνουσα κατάσταση, η πρόσθετη συμφόρηση, και η μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση.



Εικόνα 3.2 Κέντρο δεδομένων τρίτου επιπέδου

Τα κέντρα δεδομένων του τέταρτου επιπέδου συνδυάζουν το 1^ο, το 2^ο και το 3^ο επίπεδο με κύρια προσθήκη τη βελτίωση στην ανοχή σφαλμάτων του εξοπλισμού, και τα ανεξάρτητα βοηθητικά προγράμματα. Άλλα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν την πλεονάζουσα ισχύ, την ψύξη, την προσεκτικής επιλογή του τόπου (καιρικές συνθήκες) , τις εναλλακτικές τοποθεσίες για την επιχειρησιακή συνέχεια και την αποκατάσταση και επαναφορά των δεδομένων μετά από απώλειά τους, ενώ τέλος είναι καθοριστικής σημασίας το υψηλό επίπεδο φυσικής ασφάλειας, και η ικανότητα να λειτουργεί 96 ώρες σε διακοπή ρεύματος.

3.1.4 Απαραίτητα χαρακτηριστικά

Σε κάθε επίπεδο είναι απαραίτητο να υπάρχουν κάποια χαρακτηριστικά¹³.

Αξιοπιστία: Με τον όρο αξιοπιστία, θεωρείται η διαθεσιμότητα των δεδομένων όπως και η ακεραιότητά τους όλο το 24ωρο. Στα περισσότερα κέντρα δεδομένων, η αξιοπιστία επιτυγχάνεται με τη χρήση εφεδρικών συστημάτων αδιάλειπτης παροχής

¹³ Data Center Networking – Connectivity and Topology Design Guide, enterasys

ενέργειας, με δυνατότητες διαχείρισης μεγάλου σχετικά φορτίου. Ακόμη απαιτείται η ύπαρξη εφεδρικών ηλεκτρογεννητριών, πλήρους λειτουργίας οι οποίες θα πρέπει να ενεργοποιούνται από τη στιγμή διάγνωσης κάποιου προβλήματος.

Πλεονασμός: είναι αναγκαίο ένα κέντρο δεδομένων να προσφέρει στους πελάτες του τεχνολογίες πλεονασμού, δηλαδή εναλλακτικές λύσεις, τόσο σε επίπεδο λογισμικού, όσο και σε υλικού. Επομένως καθίσταται επιτακτική η ανάγκη ύπαρξης εφεδρικού εξοπλισμού.

Διαθεσιμότητα: Πρόκειται για το χρόνο στον οποίο ένα κέντρο δεδομένων μπορεί να προσφέρει αδιάλειπτα τις υπηρεσίες του. Εκτός από το υλικοτεχνικό κομμάτι, ένα κέντρο αποθήκευσης οφείλει μέσω των εξειδικευμένων εργαλείων διαχείρισης δικτύου να παρέχει συνεχή υποστήριξη, τόσο στις δικτυακές υποδομές, στις υποστηριζόμενες εφαρμογές και τους server προκειμένου να υπάρχει υψηλή διαθεσιμότητα.

Επεκτασιμότητα: Θα πρέπει να μπορούν να προβλέπονται αλλαγές στις δικτυακές τεχνολογίες, αλλά και αναβαθμίσεις των εφαρμογών που χρησιμοποιούνται ακολουθώντας τις τεχνολογικές εξελίξεις.

Ασφάλεια: Κάθε κέντρο δεδομένων θα πρέπει να περιλαμβάνει υποδομές υψηλών προδιαγραφών προκειμένου να προστατεύονται τα δεδομένα και ο εξοπλισμός τους. Για το σκοπό αυτό, θα πρέπει να λαμβάνονται κάποια μέτρα, όπως οι κτιριακές υποδομές να προστατεύονται από ηλεκτρομαγνητικά πεδία και παρεμβολές, να υπάρχουν συστήματα πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης αλλά και συστήματα προστασίας από φυσικούς παράγοντες. Ακόμη, η ασφάλεια αφορά και την προστασία των δεδομένων η οποία θα πρέπει να εξασφαλίζεται τόσο στο φυσικό χώρο αποθήκευσης όσο και στις χρησιμοποιούμενες εφαρμογές.

Διαχειρισσιμότητα: Η διαχειρισσιμότητα αφορά την ευκολία συνεργασίας του πελάτη με το κέντρο δεδομένων. Διαδικασίες όπως τα αντίγραφα ασφαλείας, η αναβάθμιση των εφαρμογών και η διαχείριση δεδομένων θα πρέπει να είναι προσιτές και καθοδηγούμενες από το υπεύθυνο προσωπικό του κέντρου αποθήκευσης.

Χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης κέντρου δεδομένων, αλλά και χαμηλό κόστος κατασκευής δικτύου.

Μακροχρόνια βιωσιμότητα: ένα κέντρο δεδομένων θα πρέπει να είναι σε θέση να καλύπτει τις ανάγκες των πελατών του χωρίς να επηρεάζεται η ποιότητα ζωής και εργασίας στο μέλλον.

Τα κριτήρια αυτά δεν μπορεί να είναι πλήρως εφαρμόσιμα από κάθε κέντρο αποθήκευσης δεδομένων. Ωστόσο είναι σημαντικό να ακολουθείται μία κατευθυντήρια γραμμή με στόχο τις ιδιαίτερες ανάγκες κάθε πελάτη ξεχωριστά. Ο αρχικός σχεδιασμός ενός κέντρου αποθήκευσης θα αναδείξει ανάγκες αλλά και πρότυπα που μπορούν να ακολουθηθούν.

Με τις αποθήκες δεδομένων να αυξάνονται συνεχώς, γίνονται λιγότερο απαραίτητες οι τεχνολογίες πελάτη εξυπηρετητή (client – server), καθώς αναπτύσσονται νέες τοπολογίες δικτύων. Τα κέντρα δεδομένων γίνονται περισσότερο ουσιαστικά, ενώ με τα εικονικά δίκτυα απαιτείται λιγότερο φυσικός εξοπλισμός επομένως και λιγότερες δαπάνες. Τα επίπεδα του κέντρου δεδομένων, είναι ο πυρήνας, το επίπεδο συνάθροισης και το επίπεδο πρόσβασης.

Επίπεδο πυρήνα: Παρέχει υψηλή ταχύτητα εναλλαγής επιπέδων για όλες τις ροές που εισέρχονται και εξέρχονται από το κέντρο δεδομένων. Ο πυρήνας παρέχει συνδεσιμότητα σε πολλαπλές μονάδες συνάθροισης και κατευθύνει τα σφάλματα στο tier 3. Επίσης, χρησιμοποιεί εσωτερικά πρωτόκολλα δρομολόγησης όπως το Open Shortest Path First (OSPF) ή Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) EIGRP.

3.2 Συνδεσιμότητα και τάσεις

Το πρωτόκολλο 40G / 100G Ethernet (IEEE 802.3bc) επικυρώθηκε τον Ιούνιο του 2010. Το 100G Ethernet χρησιμοποιείται για το bandwidth του πυρήνα μεταφοράς δεδομένων και την ομαδοποίηση των στοιχείων του δικτύου. Ακόμη, χρησιμοποιεί την πρότυπη μορφή πλαισίου Ethernet και είναι καθοδικά συμβατό με τις τεχνολογίες 10BASE-T και 100BASE-T. Αυτό επιτρέπει την εύκολη ενσωμάτωση του Gigabyte Ethernet με την υφιστάμενη εγκατεστημένη βάση του εξοπλισμού Ethernet. Άλλος ένας λόγος που το πρωτόκολλο αυτό χρησιμοποιείται με αυξανόμενο ρυθμό από τα κέντρα δεδομένων είναι ότι επιτρέπει ζεύξεις σημείου – προς – σημείο, καθώς και διαμοιρασμένα κανάλια εκπομπής. Οι ζεύξεις σημείου – προς – σημείο χρησιμοποιούν μεταγωγείς, ενώ τα κανάλια εκπομπής χρησιμοποιούν ομφαλούς, δηλαδή εκταμιευμένους κατανεμητές.

Επιπλέον χρησιμοποιεί πρωτόκολλο Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) για διαμοιρασμένα κανάλια εκπομπής. Για να υπάρχει αποδεκτή αποδοτικότητα η μέγιστη απόσταση ανάμεσα σε κόμβους πρέπει να περιορίζεται αυστηρά.

Η τεχνολογία 40G / 100G Ethernet εξακολουθεί να είναι νέα και θα χρειαστεί χρόνος μέχρι να είναι πλήρως χρηστική. Τέλος, το κόστος τους εξακολουθεί να είναι υψηλό και απαιτείται καιρός έως ότου γίνει αποδεκτό από την αγορά¹⁴.

3.2.1 Αποδοτικότητα κέντρων δεδομένων

Η αποτελεσματικότητα οποιασδήποτε συσκευής ή ενός συστήματος είναι το πηλίκο της εισόδου του (ηλεκτρική ενέργεια, τα καύσιμα, κτλ) , προς το επιθυμητό αποτέλεσμα. Το πηλίκο αυτό, εκφράζεται συνήθως σε ποσοστό¹⁵. Η συγκέντρωση και η συγκριτική αξιολόγηση των δεδομένων χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της αποτελεσματικότητας των εγκαταστάσεων. Τα δεδομένα πρέπει να είναι διαθέσιμα σε παγκόσμιο επίπεδο ενώ η συλλογή και η διανομή αυτών των δεδομένων μπορεί να πραγματοποιούνται αποκλειστικά μέσω διαδικτύου. Οι μετρήσεις αποδοτικότητας συνήθως περιλαμβάνουν:

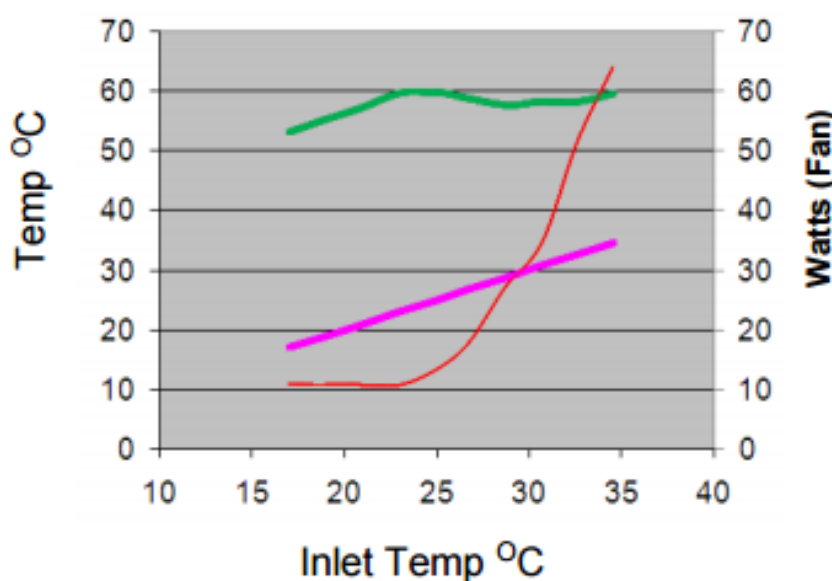
- Μέτρηση της υπολογιστικής ισχύς εξόδου ανά μονάδα.
- kW ανά rack για την παρακολούθηση των πακέτων
- Παραγωγή ή απώλεια kW στα UPS
- Πίνακες αναγραφής φορτίων και ενέργειας σε καταστάσεις χρήσης και αδράνειας
- Συνολική ζήτηση kW από τον εξοπλισμό
- Ψύξη kw/τόνο, ανά μονάδα επεξεργασίας δεδομένων
- Μέτρηση επανακυκλοφορίας αέρα
- Ισχύς απόδοσης μετασχηματιστή

¹⁴ Kurose Ross, 2014, Δικτύωση Υπολογιστών, Γκιούρδας, Αθήνα

¹⁵ Neil Rasmussen Electrical Efficiency Modeling of Data Centers 2006 American Power Conversion.

3.2.2 Θερμοκρασία και αξιοπιστία

Η έλλειψη έγκυρων δεδομένων σχετικά με οποιαδήποτε αλλαγή στην αξιοπιστία που ενδέχεται να παρουσιαστεί κατά τη λειτουργία του τεχνολογικού εξοπλισμού των κέντρων αποτέλεσαν εμπόδιο στην υιοθέτηση και κατασκευή νέων μοντέλων. Η μελέτη της Intel το 2008 ήταν η πρώτη μελέτη που χρησιμοποίησε διακομιστές βιομηχανικών προτύπων. Στη μελέτη αυτή διαπιστώθηκε ότι η αξιοπιστία δεν επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία και την υγρασία. Για πολλά χρόνια, τα συστήματα σχεδιάζονταν με γνώμονα τις απαιτήσεις υψηλής ισχύος για την ψύξη.



Εικόνα 3.3 Εσωτερική θερμοκρασία και ισχύ ανεμιστήρα

Στην εικόνα η πράσινη γραμμή αντιπροσωπεύει τα εξαρτήματα, η ροζ, τον ανεμιστήρα και η κόκκινη την είσοδο. Η ASHRAE με έγγραφο του 2008 αποδεικνύει ότι η εξωτερική θερμοκρασία του κουτιού του επεξεργαστή (TCASE) παραμένει

αρκετά σταθερή και εντός των προδιαγραφών σχεδιασμού του, λόγω της ταχύτητας του ανεμιστήρα του. Κατά συνέπεια, η αξιοπιστία αυτού του στοιχείου δεν επηρεάζεται άμεσα από τη θερμοκρασία εισόδου. Ο σχεδιασμός του server και της διαχείρισης ροής του αέρα είναι ζωτικής σημασίας. Οι περισσότεροι διακομιστές έχουν σχεδιαστεί για να μετριάσουν τις αλλαγές σε θερμοκρασίες εισόδου εφ' όσον αυτές οι αλλαγές παραμένουν εντός του καθορισμένου εύρους λειτουργίας του εξοπλισμού¹⁶.

¹⁶ Data Center efficiency and IT equipment reliability at wider operating temperature and humidity ranges Editor: Steve Strutt, IBM Contributors: Chris Kelley, Cisco Harkeeret Singh, Thomson Reuters Vic Smith, Colt Technology Services The Green Grid Technical Committee

Αυτό που προκύπτει από τα δεδομένα είναι ότι η κατανάλωση ρεύματος του ανεμιστήρα διακομιστή αυξάνεται προκειμένου να παρέχει απαραίτητη ποσότητα ψύξης στον επεξεργαστή, ώστε να διατηρείται το όριο θερμοκρασίας. Η αύξηση στην κατανάλωση ρεύματος του ανεμιστήρα γίνεται μόνο προς το όριο του συνιστάμενου εύρους. Συγκεκριμένα, η αύξηση της θερμοκρασία για τη λειτουργία του κέντρου δεδομένων δεν είχε καμία επίπτωση στην κατανάλωση ενέργειας στον server έως ότου η θερμοκρασία εισόδου φτάσει στο επιθυμητό εύρος.

3.3 Βελτίωση της απόδοσης των κέντρων δεδομένων, με τη χρήση Multipath TCP

Είναι χρήσιμο να εξετάσουμε τη χρήση των πολλαπλών TCP μέσα στα μεγάλα κέντρα δεδομένων. Με τη διερεύνηση πολλαπλών διαδρομών θα υπάρχουν διαφορετικά μονοπάτια για την αποφυγή της συμφόρησης, και έτσι θα πραγματοποιηθεί καλύτερη αξιοποίηση του δικτύου και δικαιότερη κατανομή των ροών

Σε μία αρχιτεκτονική δικτύωσης υπάρχουν τέσσερις κύριες συνιστώσες:

- Φυσική τοπολογία
- Δρομολόγηση πάνω από την τοπολογία
- Επιλογή μεταξύ πολλών διαδρομών που παρασχέθηκαν από τη δρομολόγηση
- Έλεγχος της συμφόρησης της κυκλοφορίας των επιλεγμένων διαδρομών

Η ικανότητα του MPTCP για την εξισορρόπηση φορτίου εξαρτάται τόσο από την επιλογή διαδρομής όσο και από τον έλεγχο της συμφόρησης. Χρησιμοποιώντας μόνο τις αποτελεσματικές διαδρομές, μπορούν να εφαρμοστούν τοπολογίες δικτύου στις οποίες η χρήση του μονού μονοπατιού ήταν αναποτελεσματική. Τα δύο βασικά ερωτήματα είναι:

1. Αν το MPTCP μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την απόδοση στα σημερινά κέντρα δεδομένων και υπό ποιες συνθήκες
2. Πως θα μπορέσουν τα κέντρα δεδομένων να αξιοποιήσουν αυτές τις δυνατότητες.

Εξετάζοντας διαφορετικές τοπολογίες το TCP πολλαπλής διαδρομής δεν εμφάνιζε κάποιο μειονέκτημα συγκριτικά με αυτό της μονής διαδρομής.

Το TCP πολλαπλών διαδρομών εκτείνεται έτσι ώστε μια μόνο σύνδεση να μπορεί κατευθύνεται σε πολλαπλές διαδρομές δικτύου. Σε αυτή τη φάση, ο πελάτης μαθαίνει κάποιες επιπλέον διευθύνσεις IP του διακομιστή. Μία πρόσθετη υποροή (subflow) μπορεί να υφίσταται μεταξύ του ίδιου ζεύγους IP και της πρώτης υποροής με διαφορετικές θύρες, ή μεταξύ οποιασδήποτε πρόσθετης διεύθυνσης IP του client ή του server. Στην πρώτη περίπτωση, το MPTCP βασίζεται στο πρωτόκολλο ισοδύναμου κόστους (ECMP) για τον κατακερματισμό των υποροών στα μονοπάτια ενώ στη δεύτερη περίπτωση τα μονοπάτια προσδιορίζονται εμμέσως από τις IP διευθύνσεις προέλευσης και προορισμού. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο τεχνικές, ανάλογα με το σύστημα δρομολόγησης του κέντρου δεδομένων. Από τη στιγμή που διαπιστωθούν πολλαπλές υποροές ο host στέλνει μέσω TCP τα δεδομένα σε στοίβες. Οι πρόσθετες επιλογές του TCP επιτρέπουν στο δέκτη να διαμορφώσει τα δεδομένα στην αρχική τους μορφή. Ο αλγόριθμος ορίζει τα εξής:

- Για κάθε ACK στην υποροή r αυξάνεται το παράθυρο w_r κατά $\min(a/w_{total}, 1/w_r)$.
- Για κάθε απώλεια στη υποροή r , μειώνεται το παράθυρο w_r κατά $w_r/2$.

W_{total} =άθροισμα παραθύρων υποροών

a =επιθετικότητα των υποροών

Το TCP πολλαπλών διαδρομών, προσφέρει καλύτερη συνολική απόδοση, και εξερεύνηση περισσότερων διαδρομών. Ακόμη διασφαλίζει καλύτερη αντοχή στη σύνδεση καθώς εάν μια σύνδεση αποτύχει, η δρομολόγηση θα ακολουθήσει τη διαδρομή γύρω από αυτή, ακόμα και χωρίς MPTCP¹⁷.

3.4 Ενοποίηση

Στο χώρο των κέντρων αποθήκευσης όλα τα κέντρα δεδομένων έχουν στόχευση στη δημιουργία ενός πρωτοκόλλου που έχει σαν στόχο τη μεταφορά δεδομένων και την αποθήκευσή τους, μειώνοντας έτσι το συνολικό κόστος. Η αποθήκευση και η συνδεσιμότητα επιτυγχάνεται μέσω iSCSI και NFC. Η τεχνολογία Near Field Communication (NFC) απαιτεί διαφορετικά σύνολα καλωδίων, εργαλείων και υλικών.

¹⁷ Raiciu C., Barre S., Pluntke C., etc, 2013 Improving datacenter performance and robustness with multipath TCP, University College London

Στο μέλλον, η συνδεσιμότητα θα βασίζεται σε ένα ενιαίο συγκλίνον δίκτυο, με ενδιάμεσα στάδια διασυνδέσεων από τον server, στο διακόπτη πρόσβασης, ώστε να απαιτούνται λιγότερα καλώδια, προσαρμογείς και κόμβοι, αλλά και να λειτουργεί πιο αποτελεσματικά το δίκτυο.

Τα κέντρα αποθήκευσης επικεντρώνονται κυρίως σε 3 προδιαγραφές του IEEE:

- IEEE 802.1 Qaz – ETS & DCBX (Πρωτόκολλο ανταλλαγής για να εξασφαλίσει τη συνεπή διαμόρφωση σε όλο το δίκτυο).
- IEEE 802.1 Qbb (Πρωτόκολλο δικτύου που αφήνει τους routers να κάνουν ανταλλαγή πληροφοριών πιο αποτελεσματικά).
- IEEE 802.1 Qau (Υποστηρίζει διαχείριση συμφόρησης εντός δικτύου περιορισμένου εύρους ζώνης).

Τα κέντρα δεδομένων κατευθύνονται από υπηρεσίες πληροφορικής μεγάλης κλίμακας, όπως η αναζήτηση στον παγκόσμιο ιστό, η απευθείας κοινωνική δικτύωση, κτλ. Έτσι αναμένεται ότι στο μέλλον ένα σημαντικό μέρος της επικοινωνίας μέσω Διαδικτύου, θα πραγματοποιείται στο πλαίσιο των DCNs (Digital California Network). Ωστόσο για να επωφεληθεί οικονομικά ένα κέντρο αποθήκευσης θα πρέπει να περιέχει δεκάδες ή εκατοντάδες χιλιάδες servers. Πολλές εφαρμογές κέντρων δεδομένων απαιτούν πολλά δεδομένα και εντατική επικοινωνία. Για παράδειγμα, μια απλή αίτηση αναζήτησης στο διαδίκτυο μπορεί να «περάσει» από 1000 servers, ενώ η επεξεργασία μπορεί να απαιτεί petabytes για τα μηχανήματα αυτά. Έτσι προκύπτουν διάφορα μοτίβα κυκλοφορίας, όπως ένα-προς-ένα, ένα-προς-όλα, και όλα-σε-όλα¹⁸.

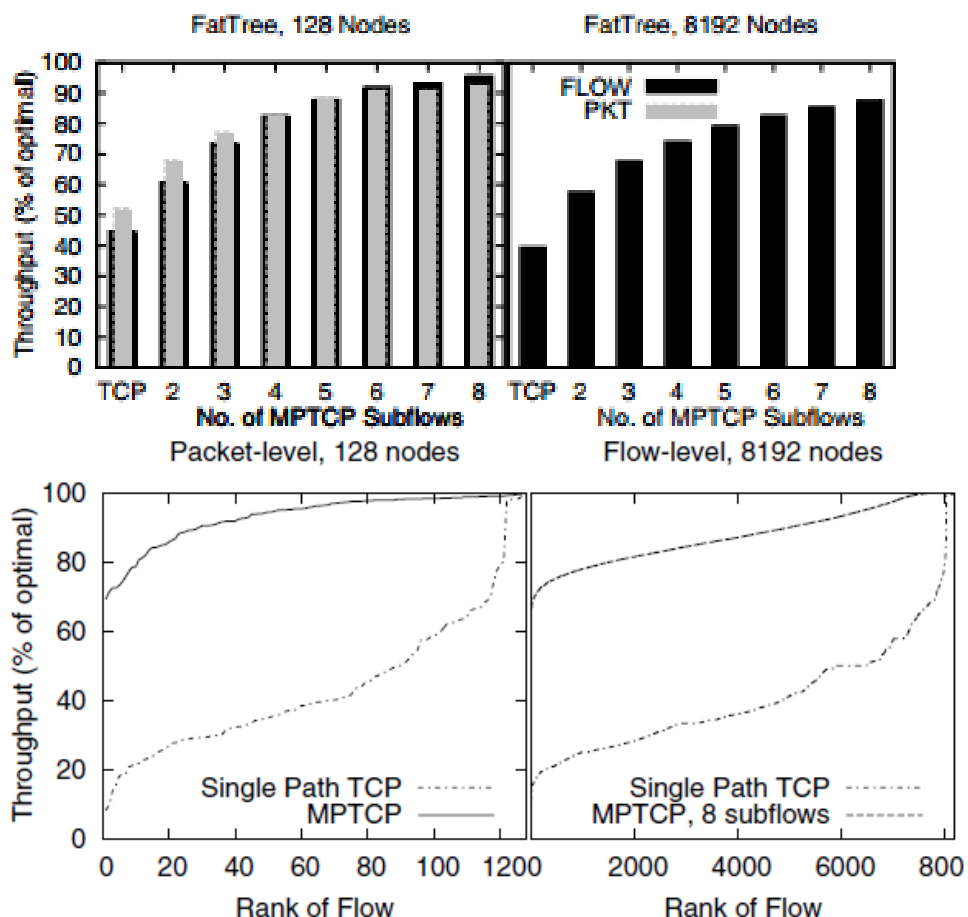
Ένα θεμελιώδες ερώτημα για το DCN¹⁹ είναι πώς να διασυνδέσει ένα μεγάλο αριθμό servers με απαιτήσεις σημαντικού συνολικού εύρους ζώνης. Για το σκοπό αυτό, έχουν γίνει πολλές ερευνητικές προσπάθειες. Σε γενικές γραμμές, οι προτεινόμενες δομές περιλαμβάνουν server κεντρικών δομών, διακόπτες-κεντρικών δομών και υβριδικά ηλεκτρικά / οπτικά. Προκειμένου να διερευνηθούν πλήρως οι δυνατότητες του δικτύου εντός των φυσικών δομών, οι ερευνητές έχουν προτείνει μια σειρά από DCN πρωτόκολλα δρομολόγησης, διαφορετικά από τα διαδικτυακά πρωτόκολλα δρομολόγησης όπως το OSPF / ISIS ή BGP.

¹⁸ R. N. Mysore *et al.*, "PortLand: A Scalable Fault-Tolerant Layer2 Data Center Network Fabric," *SIGCOMM*, 2009

¹⁹ Digital California Network

Πλεονεκτήματα

Απόδοση: Η εικόνα δείχνει το συνολικό ρυθμό εξυπηρέτησης (throughput) που επιτυγχάνεται με τη χρήση του πρωτοκόλλου μακράς διάρκειας TCP και MPTCP σε ένα δίκτυο FatTree. Το αριστερό ιστόγραμμα δείχνει το ρυθμό εξυπηρέτησης σε ένα δίκτυο FatTree με 128 κεντρικούς υπολογιστές, 80 διακόπτες 8 θυρών (eightport), και συνδέσεις των 100Mb / s. Οι γκρι ράβδοι παρουσιάζουν τα αποτελέσματα λεπτομερής προσομοίωσης του επιπέδου πακέτου, και οι μαύρες μπάρες είναι από την προσομοίωση του επιπέδου ροής (flowlevel). Το ακριβές ιστόγραμμα παρουσιάζεται στην τοπολογία 8192, και παρουσιάζει τα αποτελέσματα μόνο για τη ροή επιπέδου. Κάθε οικοδεσπότης, στέλνει σε έναν άλλον που επιλέγει τυχαία αλλά με τον περιορισμό, ότι ο δεύτερος δε θα λαμβάνει περισσότερες από μία ροές.



Εικόνα 3.4 Συνολικός ρυθμός εξυπηρέτησης TCP και MPTCP

Πηγή: <https://reproducingnetworkresearch.wordpress.com/2012/06/06/fairness-of-jellyfish-vs-fat-tree/>

Πρόκειται για ένα πρότυπο που μπορεί να αξιοποιηθεί πλήρως από fat tree δίκτυα. Από το πλήθος των συντομότερων μονοπατιών, το ένα επιλέγεται τυχαία για μία ταυτόχρονη υποροή (subflow) με βάση την ECMP δρομολόγηση²⁰.

Οι μπάρες μας δείχνουν τον αριθμό των MPTCP υποροών που χρησιμοποιούνται, η στην περίπτωση μίας υποροής δείχνει την απόδοση με την τακτική του μονού μονοπατιού TCP. Το μονό μονοπάτι TCP έχει λιγότερη απόδοση και επιτυγχάνει λιγότερη από τη μισή συνολική διαθέσιμη χωρητικότητα. Προφανώς και η πλήρης χωρητικότητα μπορεί να επιτευχθεί όταν η σύνδεση δεν διαμοιράζεται σε περισσότερες από μία ροές. Αν για παράδειγμα n ροές μοιράζονται μία σύνδεση, η σύνδεση επιτυγχάνει χωρητικότητα $1/n$. Στο ECMP ένας τυχαίος κατακερματισμός μειώνει την απόδοση στο 50%, ενώ καθιστά αδρανείς πολλές συνδέσεις. Με το MPTCP ακολουθούνται περισσότερες διαδρομές και έτσι ο κατακερματισμός στο ECMP καθιστά λιγότερες συνδέσεις αδρανείς αυξάνοντας τη συνολική απόδοση του δικτύου.

Συγκρίνοντας το αριστερό και το δεξί ιστόγραμμα βλέπουμε τη συμπεριφορά σε σταθερή κλίμακα. Σε αυτό και άλλα πειράματα διαπιστώνουμε ότι η αύξηση του μεγέθους του δικτύου μειώνει τη συνολική απόδοσή του τόσο για TCP και MPTCP.

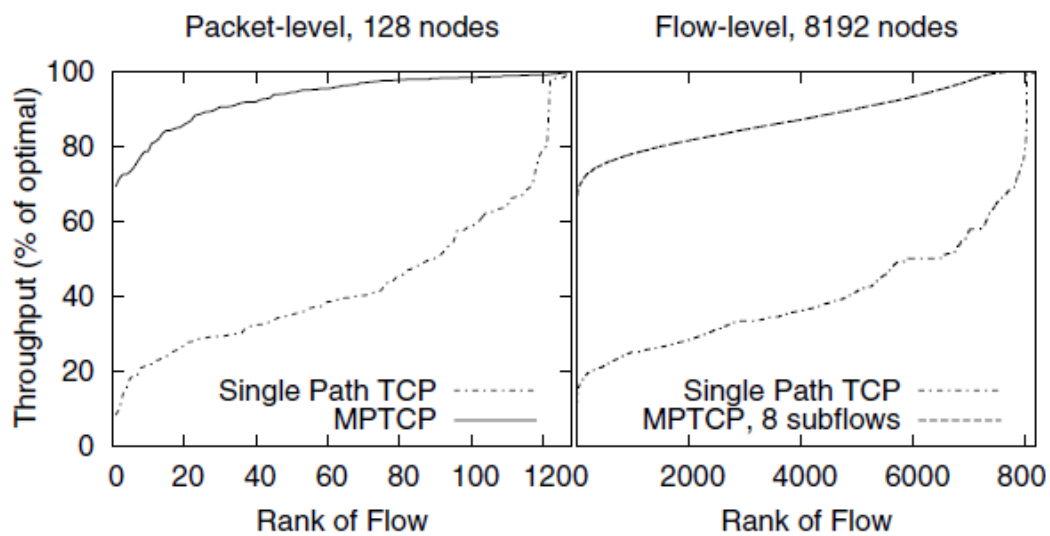
Συγκρίνοντας το γκρι και το μαύρο ιστόγραμμα, βλέπουμε ότι το πακέτο και το επίπεδο ροής έχουν παρόμοιες επιδόσεις επομένως και οφέλη, αλλά και παρόμοιο αριθμό απαιτούμενων υποροών.

Δίκαια κατανομή: Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την απόδοση των μεμονωμένων συνδέσεων από 128 hosts επιπέδου πακέτου και 8.192 επίπεδα ροών. Συγκρίνοντας την TCP απλής διαδρομής με τις οκτώ υποροές για την περίπτωση του MPTCP η απόδοση κάθε host εμφανίζεται κατά αύξουσα σειρά. Είναι σαφές ότι όχι μόνο βελτιώνεται με τη χρήση MPTCP, αλλά η κατανομή του δικτύου είναι πιο ορθή.

Με μονό μονοπάτι στο TCP, ορισμένες ροές αποδίδουν πολύ καλά αλλά πολλές έχουν χαμηλή απόδοση με κάποιες κάτω από το 10%. Με οκτώ υποροές, οι περισσότερες διαδρομές MPTCP αφήνουν το 90% της διαθέσιμης χωρητικότητας, και καμία λιγότερο από 50%²¹.

²⁰ Costin Raiciu, Sebastien Barre, Christopher Pluntke, Adam Greenhalgh, Damon Wischik, Mark Handley Improving Datacenter Performance and Robustness with Multipath TCP SIGCOMM'11, August 15–19, 2011, Toronto, Ontario, Canada. Copyright 2011

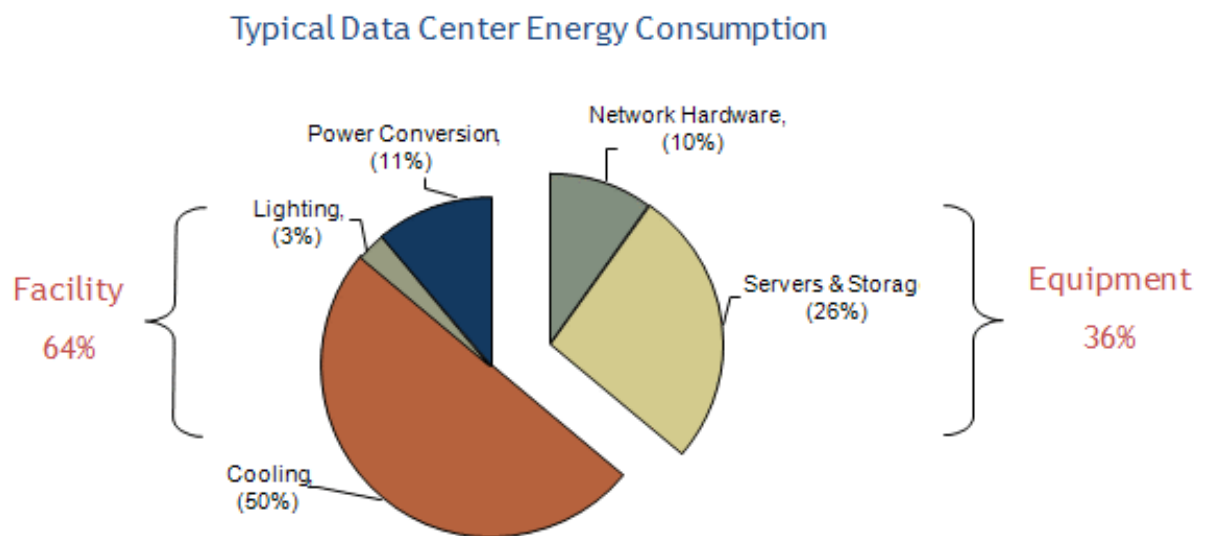
²¹ Raiciu C., Barre S., Pluntke C., etc, 2013 Improving datacenter performance and robustness with multipath TCP, University College London



Εικόνα 3.5 Κατανάλωση ενέργειας κέντρου δεδομένων

Πηγή: <https://reproducingnetworkresearch.wordpress.com/2012/06/06/fairness-of-jellyfish-vs-fat-tree/>

Οι αποθήκες δεδομένων διαχέονται καθημερινά από ένα μεγάλο όγκο δεδομένων ενώ φιλοξενούν εκατοντάδες έως χιλιάδες μηχανήματα. Είναι λογικό λοιπόν ότι καταναλώνουν ένα σημαντικό ποσό ενέργειας.



Εικόνα 3.6 Τυπική κατανομή ενέργειας σε κέντρο δεδομένων

Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε την κατανάλωση ενέργειας σε ένα μέσο τυπικό κέντρο αποθήκευσης δεδομένων. Όπως παρατηρούμε η ενέργεια που απαιτείται για

την ψύξη του εξοπλισμού είναι σχεδόν ίση με την ενέργεια που απαιτείται για όλες τις υπόλοιπες δραστηριότητες²².

Σύμφωνα με τους New York Times αφιερώθηκε χρόνος για τη μελέτη της ενέργειας που δαπανά ένα κέντρο δεδομένων. Αξίζει να αναφερθούμε στο σημαντικό αριθμό των 3.000.000 κέντρων δεδομένων που υπάρχουν περίπου ανά τον κόσμο. Σύμφωνα με την ίδια μελέτη, τα κέντρα δεδομένων αντιπροσωπεύουν το 1,5% της παγκόσμιας ενέργειας που δαπανάται. Αν και ο μέσος όρος των εταιρειών φαίνεται να έχουν δαπανήσει περίπου το 50% για την ψύξη του εξοπλισμού, ωστόσο η εταιρεία google, φαίνεται πως χρησιμοποιεί μόνο το 12%.

Αν και με τους τρόπους μείωσης της κατανάλωσης θα ασχοληθούμε εκτενέστερα παρακάτω, αξίζει να αναφερθούμε ότι η εταιρεία το πέτυχε βελτιώνοντας το σχεδιασμό των εγκαταστάσεων, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η αποτελεσματικότητά τους²³.

Επίσης αναλύοντας τα δεδομένα της εικόνας παρατηρούμε ότι το 3% της ενέργειας δαπανάται στο φωτισμό, το 10% στο υλικό του δικτύου, το 26% στους servers, και το 11% είναι οι απώλειες των συστημάτων τροφοδοσίας, διανομής και μεταφοράς.

Κεφάλαιο 4

4.1 Αρχιτεκτονικές κέντρων δεδομένων

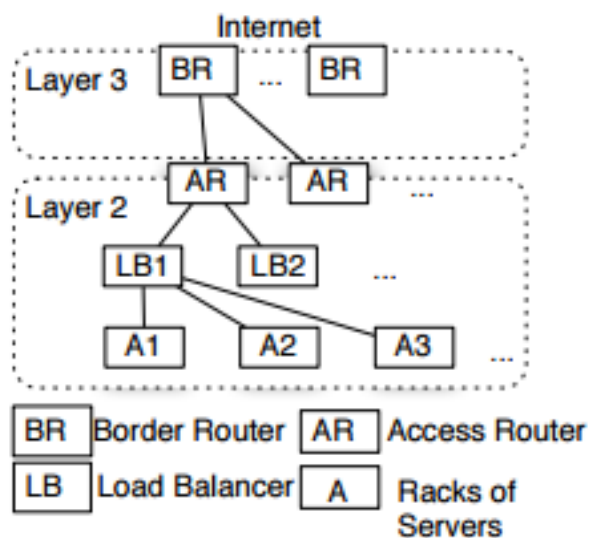
Monsoon

Η αρχιτεκτονική αυτή κάνει τα δίκτυα διαθέσιμα σε υπηρεσίες cloud όπου πολλοί εξυπηρετητές προσπαθούν να ανταπεξέλθουν στο μεγάλο φόρτο εργασίας. Σαν πλεονέκτημα είναι ότι μειώνει το κόστος της υποδομής των δικτύων ενώ η δυνατότητα υποστήριξης για εύρος ζώνης μεγαλώνει αλλά και η λειτουργικότητα των απαιτήσεων του. Υπάρχει ένα μεγάλο επίπεδο του δικτύου το οποίο ενώνει μεταξύ τους όλους τους εξυπηρετητές. Με αυτό τον τρόπο οι τελευταίοι διαμοιράζονται τα αιτήματά τους. Το άλλο επίπεδο είναι το επίπεδο IP ωστόσο η σύνδεση γίνεται μέσω του επιπέδου ethernet. Έτσι μειώνεται το κόστος ενώ περιορίζεται ο κατακερματισμός τους. Ωστόσο οι εξυπηρετητές πρέπει να είναι τοποθετημένοι σε μία ιεραρχία δικτύου σύμφωνα με την εφαρμογή. Έτσι πολλοί εξυπηρετητές χρησιμοποιούνται από πολλές εφαρμογές.

²² <http://blog.opower.com/2012/12/tech-companies-get-creative-in-keeping-data-centers-cool/>

²³ http://www.nytimes.com/2012/09/23/technology/data-centers-waste-vast-amounts-of-energy-belying-industry-image.html?pagewanted=all&_r=1

εφαρμόζοντας τη συγκεκριμένη αρχιτεκτονική τα συστήματα μπορούν να λειτουργούν χωρίς τροποποιήσεις καθώς όλοι οι εξυπηρετητές συνδέονται στο επίπεδο ethernet και κάθε εξυπηρετητής έχει τη δυνατότητα να επικοινωνεί με τον άλλον με ταχύτητα που φτάνει το 1Gbps. Το άλλο επίπεδο του IP συνδέει το κέντρο δεδομένων στο δίκτυο και χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο εύρεσης του συντομότερο μονοπατιού. Έτσι στέλνει τα μηνύματα που λαμβάνει σε όλους τους δρομολογητές πρόσβασης. Η εισαγωγή της αρχιτεκτονικής έγινε από τον Greenberg ο οποίος την καθιστά ως τη λύση που μπορεί να συνδέσει πάνω από 100.000 servers. Η αρχιτεκτονική Monsoon βελτιώνει την απόδοση (VLB), εξισορροπιστών φορτίου. Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει μια επισκόπηση της αρχιτεκτονικής Monsoon η οποία χωρίζεται στο Ethernet στρώμα 2 και το στρώμα IP, 3. Ωστόσο η Monsoon εστιάζει στο στρώμα 2. Τα οφέλη του στρώματος 2 περιλαμβάνουν τη μείωση του κόστους, την εξάλειψη του κατακερματισμού του server (όλες οι εφαρμογές μπορούν να μοιραστούν ένα τεράστιο χώρο) και την αποφυγή διατάραξης της λειτουργικότητας του IP-στρώματος.



Εικόνα 4.1 Αρχιτεκτονική Monsoon

Πηγή: www.compsciguy.com.au

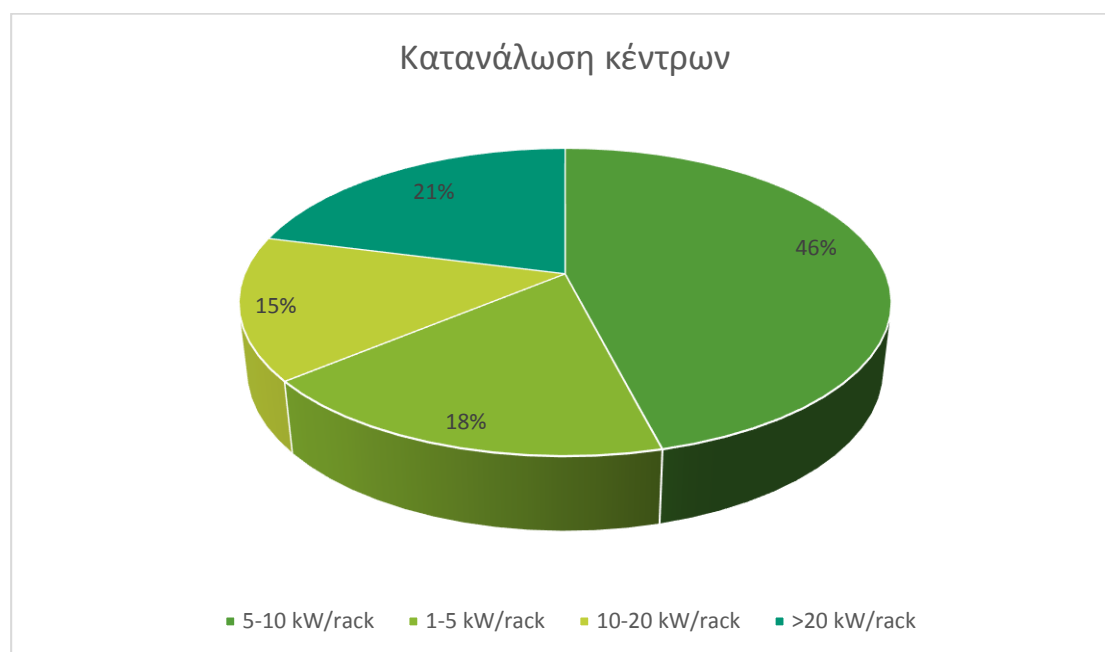
Επιπλέον στα πλεονεκτήματά της συγκαταλέγεται η αύξηση του αριθμού διαθέσιμων πόρων με χαμηλό κόστος, η υψηλή χωρητικότητα ενώ δεν χρειάζεται να αλλάξει η τοπολογία δικτύου για να προστεθεί ένας καινούργιος server.

VL2 αρχιτεκτονική

Η εικονική αρχιτεκτονική επιπέδου (virtual layer) 2, χρησιμοποιεί επίπεδη διευθυνσιοδότηση σε όλο το δίκτυο. Επιπλέον κάνει εξισορρόπησή φορτίου ώστε να κατανεμηθεί ομοιόμορφα στο δίκτυο. Αποτελείται από τρία επίπεδα. Οι μεταγωγείς του επιπέδου συνάθροισης εφαρμόζουν την τοπολογία δικτύου.

4.2 Τα κέντρα δεδομένων στην Ελλάδα

Η Schneider Electric σε συνεργασία με το portal Biztech πραγματοποίησαν πριν ένα χρόνο μία έρευνα. Σκοπός της ήταν η αποτύπωση βασικών πρακτικών που ακολουθούν οι Ελληνικές επιχειρήσεις σε επίπεδο λειτουργίας και τεχνολογίας. Επιπλέον στόχος ήταν να καταγραφούν αντιλήψεις από τα αρμόδια στελέχη σχετικά με το πώς βιώνουν το παρόν και πως βλέπουν το μέλλον των μηχανογραφικών τους κέντρων.



Γράφημα 4.1 Κατανάλωση ενέργειας κέντρων

Όπως παρατηρούμε και από το παραπάνω γράφημα το μεγαλύτερο ποσοστό των στελεχών IT απάντησαν ότι η κατανάλωση του κέντρου τους κυμαίνεται μεταξύ 5-10 kW/rack. Όσον αφορά τις προοπτικές του μέλλοντος, πιστεύεται ότι η ενεργειακή απόδοση των μελλοντικών racks θα είναι χαμηλότερη, ωστόσο μπορεί να απαιτείται περισσότερη ισχύς, δεδομένου ότι θα υπάρχει ανάγκη περισσότερων racks ανά κέντρο δεδομένων. Στα προβλήματα που έχουν καταγραφεί, είναι και η επάρκεια χώρου, η

προβληματική παροχή ψύξης και ενέργειας, όπως για παράδειγμα διακοπές, και αστάθεια δικτύου. Από τα σημαντικότερα προβλήματα καταγράφηκαν οι διακοπές στην τροφοδοσία οι οποίες ζημιώνουν και οικονομικά την επιχείρηση.

4.3 Cloud computing και επιδράσεις

Η έννοια του cloud computing εισήχθη το 2007. Πρόκειται ουσιαστικά για ένα σύννεφο, διαμοιραζόμενων πόρων. Η παροχή των πόρων γίνεται εικονικά (virtualization) και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μορφή υπηρεσιών. Οι πάροχοι υπηρεσιών, διαθέτουν τις υπηρεσίες στους χρήστες μέσω διασυνδέσεων βασισμένων στο ίντερνετ.

Οι υποσχέσεις για μείωση του κόστους, βελτιωμένη απόδοση και μεγαλύτερη επεκτασιμότητα αυξάνουν το ενδιαφέρον για το cloud computing. Ενώ υπόσχεται σημαντικά οφέλη, απαιτείται από τις επιχειρήσεις που προσβλέπουν σε αυτό, να αποκτήσουν μία νέα προσέγγιση στην Πληροφορική. Η Symantec διεξήγαγε το 2011 μία έρευνα για την κατάσταση του cloud (State of Cloud Survey) για να καταλάβει πως οι οργανισμοί υιοθετούν το cloud computing και πως διαχειρίζονται τις αλλαγές που επιβάλλει στις ακολουθητέες στρατηγικές πληροφορικής τους. Η έρευνα περιλάμβανε 5.300 οργανώσεις από μικρές μέχρι μεγάλες επιχειρήσεις σε 38 χώρες. Σύμφωνα με την έρευνα οι οργανισμοί βρίσκονται σε σύγκρουση για τα θέματα ασφαλείας. Τη μετάβαση στο cloud τη θεωρούν ως ένα κορυφαίο στόχο αλλά και ως κορυφαία ανησυχία. Το 87% των ερωτηθέντων είναι πεπεισμένοι ότι η μετακίνηση προς το cloud δε θα επηρεάσει ή θα βελτιώσει σημαντικά την ασφάλειά τους. Ωστόσο η επίτευξη ασφάλειας σε περιβάλλοντα cloud είναι επίσης μία κορυφαία ανησυχία για τους οργανισμούς αυτούς, που αναφέρουν πιθανούς κινδύνους, συμπεριλαμβανομένων των malware, κλοπή από hackers, και απώλεια εμπιστευτικών δεδομένων. Η έρευνα διαπίστωσε επίσης ότι ενώ πολλοί οργανισμοί αξιολογούν θετικά τη μετάβαση αυτή, λιγότερο από το 20% έχουν περάσει τη γραμμή τερματισμού με τις εφαρμογές τους σε cloud. Και για όσους τις έχουν εφαρμόσει υπάρχει ένα χάσμα μεταξύ των προσδοκιών και των αποτελεσμάτων. Η έλλειψη όσον αφορά την ετοιμότητα του IT προσωπικού είναι μία πιθανή εξήγηση για τα ευρήματα αυτά. Περίπου οι μισές από τις οργανώσεις που συμμετείχαν στην έρευνα δήλωσαν ότι το προσωπικό πληροφορικής τους δεν είναι έτοιμο για τη μετάβαση στο cloud²⁴.

²⁴ Symantec, 2011, State of Cloud Survey, www.symantec.com

Βασιζόμενοι στην ταξινόμηση του cloud computing όπως ορίστηκε από το National Institute of Standards and Technology (NIST), υπάρχουν τέσσερα αναπτυξιακά μοντέλα:

- Δημόσιο cloud (Public cloud): Αυτό το είδος cloud είναι διαθέσιμο στο ευρύ κοινό ή σε μία μεγάλη ομάδα μίας βιομηχανίας και ανήκει σε κάποιον οργανισμό που πουλάει υπηρεσίες cloud.
Οι πόροι του συνήθως προβλέπονται από μία δυναμική και κατ' απαίτηση βάση στο ίντερνετ. Οι μικρομεσαίες επιχειρήσεις επωφελούνται από τη χρήση του public cloud καθώς βοηθάει στην ελαχιστοποίηση των κέντρων δεδομένων τους.
- Κοινοτικό cloud (Community cloud): Αυτή η υποδομή είναι κοινή πολλών οργανισμών και βοηθάει μια συγκεκριμένη κοινότητα με την οποία μοιράζεται η εταιρία κοινές ανησυχίες. για παράδειγμα η αποστολή, θέματα ασφάλειας, πολιτική. Μπορεί να διαχειρίζεται από τους ίδιους τους οργανισμούς και από κάποιον άλλο και μπορεί να υπάρχει είτε με προϋποθέσεις είτε και χωρίς αυτές.
- Υβριδικό cloud (Hybrid cloud): Αυτή η υποδομή αποτελεί ένα συνδυασμό δύο ή περισσότερων (cloud) ιδιωτικό, δημόσιο, κοινοτικό, τα οποία παραμένουν ξεχωριστά ως οντότητες αλλά είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους με συγκεκριμένες τεχνολογίες οι οποίες επιτρέπουν τη μεταφορά υπηρεσιών και δεδομένων.
- Ιδιωτικό cloud (Private cloud): Αυτή η υποδομή λειτουργεί αποκλειστικά για έναν οργανισμό. Μπορεί να διαχειριστεί από τον ίδιο τον οργανισμό ή κάποιον άλλον. Μπορεί ακόμη να προσομοιώσει το δημόσιο cloud. Ο λόγος ύπαρξής του είναι η συνεισφορά του στην επίτευξη των στόχων του οργανισμού και όχι γενική υποστήριξη πολλών οργανισμών.

Καθώς όμως η τεχνολογία αυτή αναπτύσσεται, το ερώτημα των δημοσίων ή ιδιωτικών cloud καθίσταται ανούσιο. Πλέον νέα μοντέλα έχουν αναπτυχθεί και προσφέρουν περισσότερες επιλογές και μεγαλύτερη ευελιξία στις επιχειρήσεις. Εάν λοιπόν μια επιχείρηση ενδιαφέρεται ιδιαίτερα για την ασφάλεια και την προστασία των δεδομένων της και ταυτόχρονα δεν θέλει να χτίσει το δικό της ιδιωτικό cloud έχει πλέον την επιλογή του virtual private cloud.

Ανάλογα με τον τύπο του παρεχόμενου πόρου, η ιδέα του cloud υιοθετεί τρία επιχειρησιακά μοντέλα²⁵:

- Υποδομή ως υπηρεσία (Infrastructure as a service – IaaS). Σχετίζεται με τους υπολογιστικούς πόρους, όπως αποθηκευτικούς χώρους και επεξεργαστές.

Ο πελάτης μπορεί να διαχειριστεί τις διαδικασίες, την αποθήκευση, τα δίκτυα και άλλες κρίσιμες υπολογιστικές λειτουργίες. Μπορεί να αναπτύξει και να τρέξει δικό του λογισμικό, όπως λειτουργικά προγράμματα και συστήματα. Ο πελάτης δεν μπορεί να διαχειριστεί την υποδομή του cloud αλλά μπορεί να διαχειριστεί το λειτουργικό σύστημα, την αποθήκευση και τις δυνατότητες του προγράμματος όπως επίσης έχει και περιορισμένη δυνατότητα διαχείρισης του δικτύου.

- Ηλεκτρονική πλατφόρμα ως υπηρεσίας (Platform as a service – PaaS). Σχετίζεται με τις πλατφόρμες λογισμικού, όπως μηχανές με λειτουργικό σύστημα. ο πελάτης εδώ μπορεί να ανεβάσει και να χρησιμοποιήσει δικές του και αγορασμένες εφαρμογές στην υποδομή χρησιμοποιώντας εργαλεία που προσφέρει ο πάροχος της υποδομής. Ο πελάτης δεν μπορεί να διαχειριστεί την υποδομή του cloud που χρησιμοποιεί το οποίο συμπεριλαμβάνει το δίκτυο, το διακομιστή το λειτουργικό σύστημα και την αποθήκευση αλλά έχει τη δυνατότητα να παραμετροποίηση και να διαχειριστεί όπως θέλει τις εφαρμογές του μέσα από τα αντίστοιχα εργαλεία. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ένας πάροχος υπηρεσιών Internet που παρέχει στον πελάτη χώρο ώστε να ανεβάσει τις δικές τους ιστοσελίδες.

- Λογισμικό ως υπηρεσία (Software as a service). Σχετίζεται με την παροχή εφαρμογών λογισμικού που εκτελούνται στο cloud. Σε αυτό το μοντέλο ο πελάτης μπορεί να χρησιμοποιήσει τις εφαρμογές του προμηθευτή που υπάρχουν στην υποδομή του που το παρέχει. Αυτές οι εφαρμογές είναι προσβάσιμες από πολλές και διάφορες διεπαφές χρήστη όπως για παράδειγμα ένας φυλλομετρητής ιστού. Το μοντέλο αυτό παρέχει πρόσβαση σε εφαρμογές

²⁵ Leukel, J., Kirn, S., Schlegel, T., 2011, Supply Chain as a Service: A cloud perspective on supply chain systems, Systems Journal IEEE, Vol. 5, Issue 1

που τρέχουν στην υποδομή του cloud και ελέγχονται από τον πάροχο. Ο πελάτης δεν μπορεί να διαχειριστεί την υποδομή του cloud που χρησιμοποιεί, το οποίο συμπεριλαμβάνει το δίκτυο, τους διακομιστές το λειτουργικό σύστημα την αποθήκευση και τις δυνατότητες του προγράμματος. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Το Cloud Computing προσφέρει πολλές υπηρεσίες μέσα από τα κέντρα δεδομένων καθώς οι χρήστες – πελάτες μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση στα δεδομένα τους από οπουδήποτε.











Κεφάλαιο 5

5.1 Πράσινα κέντρα αποθήκευσης δεδομένων

Στα πράσινα κέντρα αποθήκευσης, η διαχείριση και ο διαμοιρασμός των δεδομένων, η δομή των υπολογιστικών συστημάτων και ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός, είναι σχεδιασμένα ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη ενεργειακή απόδοση. Με στόχο την ελάχιστη επιβάρυνση του περιβάλλοντος τόσο η λειτουργία, όσο και η κατασκευή τους ελαχιστοποιούν την ενεργειακή κατανάλωση ακόμη και των κτιρίων χρησιμοποιώντας υλικά με χαμηλό συντελεστή εκπομπής. Επιπλέον, η αρχιτεκτονική σχεδίαση είναι αποδοτική ενώ όλα τα απορρίμματα, ανακυκλώνονται. Επιπλέον χρησιμοποιούνται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως αντλίες θερμότητας, φωτοβολταϊκά συστήματα και εξατμιστική ψύξη.

Τα οικολογικά ή αλλιώς πράσινα υπολογιστικά κέντρα διαθέτουν χαρακτηριστικά εξοικονόμησης ενέργειας και επομένως είναι αποδοτικότερα ενεργειακά. Οι υπολογιστές που χρησιμοποιούνται σε τέτοια κέντρα έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία, ενώ οι υποδομές των κέντρων αξιοποιούν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η Greenpeace στα πλαίσια βαθμολόγησης των υπηρεσιών των κέντρων δεδομένων πραγματοποίησε μία έρευνα με τίτλο «How dirty is your data center». Η συγκεκριμένη αναφορά έδειξε ότι τα αποθηκευτικά κέντρα των μεγαλύτερων εταιρειών στον πλανήτη δεν ήταν φιλικά με το περιβάλλον. Έτσι έγιναν προσπάθειες αλλαγών και υιοθέτησης νέων καινοτομιών²⁶.

²⁶<http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2011/Cool%20IT/dirty-data-report-greenpeace.pdf/>

Company	Clean Energy Index*	Coal Intensity	Transparency	Infrastructure Siting	Mitigation Strategy
	N/A	N/A	B	D	C
	26.8%	28.5%	F	D	D
	6.7%	54.5%	C	F	C
	13.8%	53.2%	D	F	D
	36.4%	34.7%	F	C	B
	9.9%	49.4%	C	D	C
	10.9%	51.6%	C	C	B
	25%	34.1%	C	C	C
	21%	42.5%	F	F	F
	55.9%	18.3%	D	B	C

Εικόνα 5.1 Βαθμός αξιοποίησης ΑΠΕ στα κέντρα δεδομένων

Πηγή: <http://pixgood.com/straight-fs-report-card.html>

Το 2014 η εταιρεία LAMDA HELLIX ξεκινά την κατασκευή έργου για τη δημιουργία κέντρου δεδομένων στην Ελλάδα, το οποίο βασίζεται αποκλειστικά σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για λογαριασμό του Εθνικού Δικτύου Έρευνας και Τεχνολογίας. Το έργο περιλαμβάνει το σχεδιασμό, την υλοποίηση και τη διαχείριση ενός πρωτοποριακού κέντρου δεδομένων το οποίο θα επιτυγχάνει εξοικονόμηση ενέργειας πάνω από 70%.

Για να υλοποιηθεί το έργο επιλέχθηκε τοποθεσία κοντινή στον ποταμό Λούρο και σε κοντινή απόσταση από το τεχνητό φράγμα του υδροηλεκτρικού σταθμού 10.5 MW της ΔΕΗ στην περιοχή της Φιλιπιάδας. Στόχος του έργου είναι να αξιοποιηθούν στο μέγιστο οι υδάτινοι πόροι της περιοχής για την πλήρη κάλυψη των συνολικών ενεργειακών αναγκών του κέντρου δεδομένων αλλά ταυτόχρονα να αποτελέσει το κίνητρο για τη δημιουργία υψηλής προστιθέμενης αξίας και να οδηγήσει σε περαιτέρω επενδύσεις και αναβάθμιση της περιοχής.

Ο σχεδιασμός του κέντρου δεδομένων περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, πλήρως αυτοματοποιημένη λειτουργία σε οποιοσδήποτε συνθήκες, προηγμένα συστήματα φυσικής και ηλεκτρονικής ασφαλείας και περιμετρικής προστασίας, καθώς και

υπηρεσίες 24ωρης ηλεκτρονικής παρακολούθησης από το Κέντρο Ελέγχου Τεχνικών Λειτουργιών (Technical Operations Center - TOC). Το κέντρο δεδομένων θα λειτουργήσει εντός μεταλλικών φορητών, προκατασκευασμένων οικίσκων (containerized), ειδικά σχεδιασμένων ώστε να είναι απόλυτα εναρμονισμένοι με το φυσικό περιβάλλον.

Η σχεδίαση, η κατασκευή και η λειτουργία ενός κέντρου δεδομένων υψηλότερου συντελεστή ενεργειακής απόδοσης και ταυτόχρονα πλήρως τροφοδοτούμενου από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, είναι αναμφίβολα πρωτοποριακή και καινοτόμος τόσο για τα ελληνικά όσο και για τα διεθνή δεδομένα.

Από την άλλη η IBM είχε από την αρχή δώσει έμφαση στις πράσινες τεχνολογίες καθώς η πληροφορική και τηλεπικοινωνίες ολοκλήρωσαν τις επιχειρηματικές συναλλαγές και έκαναν ηλεκτρονικές τις πληροφορίες μέσω της επιτάχυνσης των διαδικασιών. Το 1997 η εταιρεία παρουσίασε μία νέα στρατηγική με το όνομα Big Green που στόχευε στη μείωση της κατανάλωσης φυσικών πόρων και ενέργειας. Σήμερα περισσότερες επιχειρηματικές διαδικασίες ολοκληρώνονται ηλεκτρονικά και απαιτούν έτσι μεγάλη υπολογιστική ισχύ από το σύγχρονο κέντρο δεδομένων τα οποία όπως προαναφέραμε έχουν στόχο την αδιάλειπτη παροχή υπηρεσιών. Έτσι τα επόμενα χρόνια η δομή και ο τρόπος λειτουργίας τους θα αλλάξει αξιοποιώντας την τεχνολογία demand computer που προσαρμόζει την παρεχόμενη υπολογιστική ισχύ στις μεταβαλλόμενες ανάγκες των πελατών. Θα προσφερθεί περισσότερη και ισχυρή υποδομή στους πελάτες αλλά και κυρίως λιγότερη κατανάλωση φυσικών πόρων . τα ίδια τα κέντρα δεδομένων διέρχονται από το πιο σημαντικό μετασχηματισμό τους εδώ και δεκαετίες. Σύμφωνα με στοιχεία της Gartner πάνω από το 70% των εταιρειών πρέπει να πραγματοποιήσουν σημαντικές αλλαγές στα κέντρα δεδομένων. Αυτό φυσικά δεν οφείλεται μόνο στο ότι εμφανίστηκαν νέες τεχνολογίες αλλά και στο ότι δημιουργήθηκαν νέες επιχειρησιακές ανάγκες ενώ τέθηκαν περιορισμοί στην ενέργεια και απαιτήθηκε περισσότερη ευελιξία. Οι φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις στα κέντρα δεδομένων αλλάζουν την ενεργειακή απόδοση και τους περιορισμούς χώρου βοηθώντας το περιβάλλον. πρώτη προτεραιότητα η ίδια η εταιρεία έθεσε τη μείωση της ενέργειας και κατ' επέκταση τη μείωση της θερμότητας που εκπέμπεται στα κέντρα δεδομένων η οποία επηρεάζει την αποδοτικότητά τους. Εξάλλου τα κέντρα δεδομένων είναι ιδιαίτερα ακριβά στην

κατανάλωση ενέργειας. σύμφωνα με υπολογισμούς που αφορούν την εταιρεία κάθε δολάριο που δαπανάται για τον εξοπλισμό ενός κέντρου δεδομένων κοστίζει στην επιχείρηση 50 cent μόνο για ενέργεια. Με την υλοποίηση επιπρόσθετων ενεργειών όπως η βελτιστοποίηση της ροής του αέρα στις καλωδιώσεις και η μεταφορά του κόστους ψύξης σε ώρες χωρίς φόρτο εργασίας οι επιχειρήσεις θα μπορούν να μειώσουν το ενεργειακό κόστος καθιστώντας φιλικά προς το περιβάλλον τα κέντρα δεδομένων. Οι μέθοδοι που έχουν υιοθετηθεί από την εταιρία ακολουθήθηκαν και από πολλές άλλες με σημαντικά αποτελέσματα. Κάποιες από αυτές είναι η φορητή τεχνολογία μέτρησης η οποία αξιολογεί με τρισδιάστατες εικόνες στην κατανομή της θερμοκρασίας ενώ περιλαμβάνει συστήματα παρακολούθησης θέσης μέσω ενός δικτύου το οποίο διαθέτει αισθητήρες. Η συσκευή αυτή εφαρμόστηκε σε τρία κέντρα δεδομένων της Pacific Gas και απεικόνισε με ακρίβεια τα θερμά σημεία, τη διαρροή αέρα και άλλες ανεπάρκειες. Συγκεκριμένα η θερμική ανάλυση βοηθά πελάτες να βελτιστοποιήσουν τις λύσεις για ψύξη και ενέργεια, ενώ μειώνει το κόστος βελτιστοποιώντας την αποτελεσματικότητα ψύξης και μειώνοντας παράλληλα την κατανάλωση ενέργειας. Τέλος αύξανε το χρονικό διάστημα που το σύστημα λειτουργεί χωρίς διακοπές. Ακόμη η βελτιστοποιημένη αξιολόγηση της ροής του αέρα στις καλωδιώσεις βελτίωσε την ενεργειακή αποτελεσματικότητα. Η αξιολόγηση ενεργειακής απόδοσης είναι ένα στάδιο που βασίζεται σε δεδομένα και στην ανάλυσή τους ενώ ορίζονται τα σχέδια και η τακτική που θα ακολουθήσει επιχείρηση. Η IBM το 2008 ορίστηκε ως η κορυφαία οικολογική εταιρεία. Καθώς υιοθέτησε έξυπνες και αποδοτικές στρατηγικές για την αποτελεσματικότερη αξιοποίηση της ενέργειας επιβαρύνοντας λιγότερο το περιβάλλον²⁷.

5.2 Τεχνικές διαχείρισης

Τα δεδομένα και οι πληροφορίες που διαχειρίζονται τα κέντρα δεδομένων είναι πολλά όπως προαναφέραμε ενώ αυτή η διαχείριση θα πρέπει να γίνεται συνεχόμενα γεγονός που επιφέρει την παραγωγή κάποιων θερμικών φορτίων. τα θερμικά φορτία, προκειμένου να λειτουργήσει ορθά ο εξοπλισμός θα πρέπει να απομακρύνονται. Είναι πολύ σημαντικό όταν ένα κέντρο δεδομένων κατασκευάζεται η προσοχή να εστιάζεται στον έλεγχο ροής του αέρα. Στην πλειοψηφία των κέντρων υπάρχει κλιματισμός για

²⁷ http://www-05.ibm.com/gr/gr_green/pdf/OPEN_JUNE_08_bara_16_color.pdf

την ψύξη των μηχανημάτων οποίο συνήθως βρίσκεται στο κέντρο του δαπέδου. Ο κλιματισμός περιλαμβάνει ανεμιστήρες, πηνία και φίλτρα ψύξης. στόχος είναι να αποφεύγεται ο ψυχρός αέρας ο οποίος παρέχεται στον τεχνολογικό εξοπλισμό να έρχεται σε επαφή με το θερμό αέρα που παράγεται από αυτόν²⁸.

5.3 Μέγεθος πόρων

Σημαντικό ρόλο στο να διαμορφώνεται το οριακό κόστος λειτουργίας της πληροφορικής διαδραματίζει το μέγεθος των πόρων. Προκειμένου να καθοριστεί το μέγεθος των πόρων πληροφορικής, θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν οι εξής παράγοντες:

1. Οι servers που διατηρούνται στα κέντρα δεδομένων
2. Η πελατειακή βάση μίας εταιρείας, δηλαδή πόσους πελάτες έχει

Ανάλογα με το πόσους servers διατηρεί ένας οργανισμός στα κέντρα δεδομένων, κατηγοριοποιείται όπως περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.1 Κατηγορίες κέντρων δεδομένων

Ομάδα	Αριθμός διακομιστών	Κατηγορία
A	>100	Μικρή
B	101-2000	Μεσαία
C	2001-10000	Μεγάλη
D	10001-50000	Πολύ μεγάλη
E	50001-100000	Τεράστια
F	100001>	Γιγαντιαία

5.4 Πράσινα κέντρο δεδομένων

Τα σημερινά κέντρα δεδομένων προσπαθούν να μειώσουν τα λειτουργικά τους έξοδα μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας και αυξάνοντας την αξιοπιστία όσον αφορά την παροχή ενέργειας αλλά και την απόδοση. Τα τελευταία χρόνια οι βιομηχανίες χρησιμοποιούν τις μετρικές Power Usage Effectiveness (PUE) και Κέντρου δεδομένων Infrastructure Efficiency (DCiE). Οι μετρικές αυτές επιτρέπουν τη μέτρηση της αποδοτικότητας της διαχείρισης ενέργειας ενώ ταυτόχρονα γίνεται σύγκριση των τιμών

²⁸ Ebrahimi K., Jones G.F., Fleischer A.S., 2014. A Review of Data Center Cooling Technology, Operating Conditions and the Corresponding Low-Grade Waste Heat Recovery Opportunities. Renewable and Sustainable Energy

για την εταιρεία με τις αντίστοιχες άλλων εταιρειών. Ο εξοπλισμός των κέντρων δεδομένων όσον αφορά την τροφοδοσία αλλά και την ψύξη είναι σαράντα φορές πιο απαιτητικός ενεργειακά από ότι σε ένα τυπικό κτήριο ²⁹.

Με τον όρο πράσινο κέντρο δεδομένων εννοούμε έναν χώρο αποθήκευσης, διαχείρισης και μετάδοσης δεδομένων, στον οποίο τα υπολογιστικά συστήματα έχουν σχεδιαστεί για να εξασφαλίζεται η μέγιστη ενεργειακή αποδοτικότητα με λιγότερες περιβαντολλογικές επιπτώσεις. Είναι απαραίτητο λοιπόν, να χρησιμοποιηθούν τεχνολογίες και στρατηγικές ώστε να επιτευχθεί αυτό.

5.4.1 Δείκτης χρήσης ενέργειας

Ο δείκτης αυτός, (Power Usage Effectiveness, PUE) είναι μία μονάδα μέτρησης που εγκαθίδρυσε ο οργανισμός Green Grid, και εκφράζει την ενεργειακή απόδοση ενός κέντρου δεδομένων, δηλαδή μιας κεντρικής υπολογιστικής εγκατάστασης, σε όρους βασικής υποδομής. Το PUE εκφράζει δηλαδή τον λόγο της συνολικής απαιτούμενης ενέργειας προς την ενέργεια που πραγματικά καταναλώνεται από τους υπολογιστικούς πόρους. Στη συνολική ενέργεια προσμετράται οτιδήποτε απαιτείται για να υποστηρίξει τον φόρτο υπό κανονικές συνθήκες, όπως UPS, κλιματιστικά κ.ά. Για παράδειγμα, σε ένα κέντρο δεδομένων που καταναλώνονται 1000 watts συνολικής ενέργειας και τα 500 αφορούν τον εξοπλισμό IT τότε το PUE που προκύπτει έχει τιμή 2 ($1.000/500=2$). Όσο πιο κοντά είναι η τιμή στη μονάδα, όπου ιδανικά το 100% της ενέργειας διοχετεύεται στην υπολογιστική υποδομή, τόσο πιο ενεργειακά αποδοτικό είναι το Κέντρο Δεδομένων, το οποίο με τη σειρά του συνεπάγεται λιγότερα λειτουργικά έξοδα.

5.4.2 Παράδειγμα πράσινων κέντρων δεδομένων στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, ο υπολογισμός και η δημόσια διάθεση πραγματικών τιμών του PUE δεν είναι συνηθισμένη πρακτική. Το Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης καινοτομεί σε αυτή την κατεύθυνση. Σε παγκόσμιο επίπεδο σύμφωνα με την έρευνα Uptime Institute's 2012 Survey (<http://uptimeinstitute.com/2012-survey-results>) ο μέσος όρος των PUE από τα μεγαλύτερα Datacenter κυμαίνεται μεταξύ 1,8 και 1,89.

²⁹ Ebrahimi K., Jones G.F., Fleischer A.S., 2014. A Review of Data Center Cooling Technology, Operating Conditions and the Corresponding Low-Grade Waste Heat Recovery Opportunities. Renewable and Sustainable Energy

Τα καλύτερα PUE που έχουν επιτευχθεί από εταιρείες όπως οι Yahoo, Google, Facebook, Microsoft έχουν τιμές κοντά στη μονάδα και μικρότερες από 1,2. Ο λόγος για τον οποίο έχουν επιτευχθεί τέτοιες τιμές είναι ότι πρόκειται για ειδικά σχεδιασμένες εγκαταστάσεις οι οποίες πολλές φορές τοποθετούνται σε πολύ ευνοϊκότερα κλίματα για την λειτουργία ενός αποδοτικού κέντρου δεδομένων. Σε πολλές περιπτώσεις, χρησιμοποιείται εξ' ολοκλήρου ο εξωτερικός ψυχρός αέρας για την ψύξη των κέντρων δεδομένων αποφεύγοντας έτσι ένα από τα πιο ενεργοβόρα τμήματα των παραδοσιακών κέντρων δεδομένων, τον κλιματισμό, ενώ σε ειδικά σχεδιασμένα κέντρα δεδομένων χρησιμοποιείται υδρόψυξη από το ψυχρό νερό των ωκεανών με επίσης θετικές συνέπειες στην προκύπτουσα τιμή του PUE. Δεδομένων λοιπόν των κλιματολογικών συνθηκών της Ελλάδας και της Αθήνας ειδικότερα, είναι θετικό ότι το PUE του κέντρου δεδομένων του EKT είναι κάτω του παγκόσμιου μέσου όρου, ενώ οι προσπάθειες βελτίωσης και οι μελέτες διαρκώς συνεχίζονται.

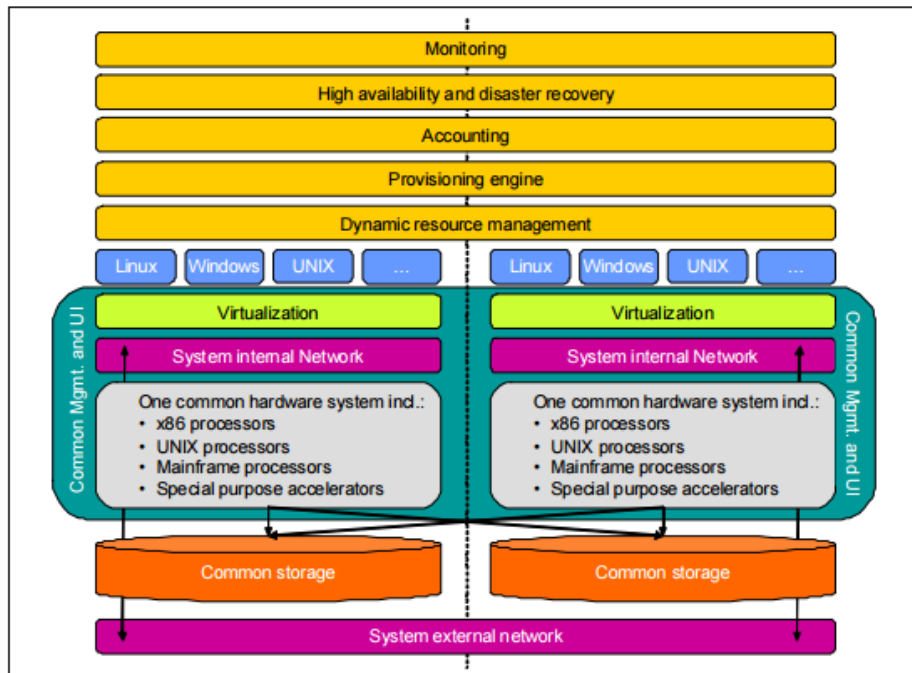
5.5 Τεχνολογίες πράσινων κέντρων δεδομένων

Ενοποίηση server: Server consolidation ή ενοποίηση server είναι μία τεχνική για αποτελεσματική χρήση των πόρων του διακομιστή με ταυτόχρονη μείωση του συνολικού αριθμού των servers. Η τεχνική αυτή δίνει λύση στο πρόβλημα χρήσης πολλών server, δηλαδή σε μία κατάσταση κατά την οποία πολλαπλοί υποχρησιμοποιούμενοι servers καταλαμβάνουν περισσότερο χώρο και καταναλώνουν περισσότερους πόρους απ' ό,τι μπορεί να δικαιολογηθεί από το φόρτο εργασίας τους. Οι στόχοι της ενοποίησης είναι αρχικά η μείωση του χώρου που καταλαμβάνουν οι πολλοί servers, η μείωση του κόστους ενέργειας και του κόστους άδειας χρήσης λογισμικού, οι οποίοι φιλοξενούν πολλούς servers εικόνες σε ένα φυσικό server.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική του server consolidation. Παρατηρούμε ότι οι απαιτήσεις των εφαρμογών υποστηρίζονται από πολλαπλούς τύπους επεξεργαστών³⁰. Επιπλέον, παρέχονται διάφορες ποιότητες υπηρεσίας από πολλαπλά λειτουργικά συστήματα. Ακόμη υπάρχει αναπαράσταση σε όλα τα επίπεδα με διακομιστές συμπεριλαμβανομένης της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας, το δίκτυο και τον αποθηκευτικό χώρο³¹.

³⁰ Dr. Mike Parker Prof. Stuart Walker An Absolute Network Energy Efficiency Metric Access Networking Laboratory University of Essex, UK Green Grids 2009, Athens, 8th September 2009

³¹ Kooilmans A., etc, 2012, Taking Back Control of Your IT Infrastructure Consolidating to a Data Center in a Box, IBM, RedBooks



Εικόνα 5.2 Ιδανικό περιβάλλον ενοποίησης

Πηγή: www.codeproject.com

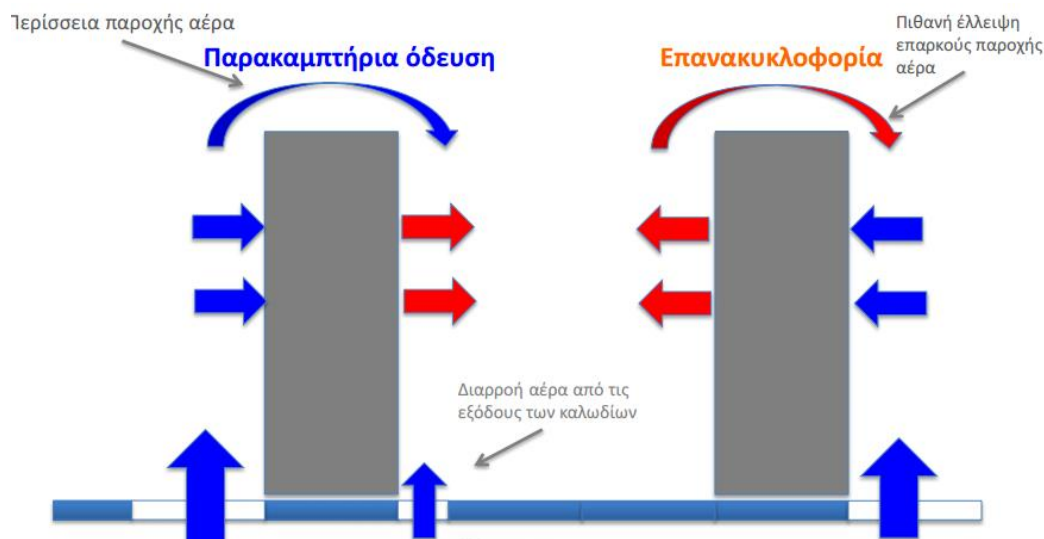
5.5.1 Συστήματα ψύξης

Λόγω της αύξησης των πυκνοτήτων ισχύος και θερμότητας, οι στρατηγικές ψύξης των κέντρων δεδομένων έχουν αλλάξει. Μέχρι πρόσφατα, τα περισσότερα συστήματα ψύξης αφορούν τη διανομή του αέρα, κυρίως περιμετρικά της αίθουσας υπολογιστών μέσω κλιματισμού (CRAC). Πρόκειται για μονάδες από τις οποίες αντλούνται τεράστιες ποσότητες κρύου αέρα για την ψύξη του εξοπλισμού. Ωστόσο, οι λύσεις αυτές οδηγούν συνήθως σε ένα ευρύ φάσμα σημαντικών ανεπαρκειών, συμπεριλαμβανομένων:

Την επανακυκλοφορία του ζεστού αέρα, αν για παράδειγμα ο κρύος αέρας δεν επαρκεί για τα racks ή ο θερμός αέρας εξατμίζεται και θερμαίνει τον εξοπλισμό.

Διαστρωμάτωση αέρα. Σε μια προσπάθεια να παρέχεται πιο δροσερός αέρας στο επάνω μέρος του rack, και επειδή ο αέρας θα συναντήσει διαφορετικά στρώματα θερμοκρασίας μπορεί να αναγκάσει τον εξοπλισμό ψύξεως να πετύχει χαμηλότερη θερμοκρασία από τη συνιστώμενη. Συχνά, σε μια προσπάθεια για την αποκατάσταση τέτοιου προβλήματος οι τεχνικοί αυξάνουν την ταχύτητα του ανεμιστήρα των μονάδων.

Παράκαμψη αέρα. Στην περίπτωση αυτή, μεγάλη ποσότητα του διαθέσιμου κλιματισμένου αέρα επιστρέφει στις κλιματιστικές μονάδες χωρίς να περάσει από τον προς ψύξη εξοπλισμό. Η ταχύτητα του αέρα ψύξης μπορεί να υπερβαίνει την ικανότητα των ανεμιστήρων του διακομιστή να τον τραβήξουν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ο δροσερός αέρας να κατευθύνεται πέρα από τα ράφια, ενώ μπορεί να ενταχθεί στο ρεύμα αέρα που επιστρέφεται αποδυναμώνοντας την απόδοση της ψύξης, ενώ τέλος μπορεί να οδηγήσει σε εγκατάσταση επιπλέον η αναγκαίων κλιματιστικών μηχανημάτων³².



Εικόνα 5.3 Προβλήματα διαχείρισης αέρα

Πηγή: <http://www.datacenterdynamics.com/critical-environment/the-evolution-of-design-and-data-center-cooling/80398.fullarticle>

Στόχος είναι να επιτυγχάνεται η σωστή ολική ποσότητα ψυχρού αέρα. Θα πρέπει να προβλέπεται η παροχή κατάλληλης ποσότητας ψυχρού αέρα σε συγκεκριμένες περιοχές. Ο αέρας ψύξης καλό είναι να περνά μέσα από τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό μόνο μία φορά πριν από την επιστροφή του στο κλιματιστικό, ενώ ο θερμός αέρας θα πρέπει να επιστρέφει χωρίς να αναμειγνύεται με τον ψυχρό.

³² <http://www.datacenterdynamics.com/critical-environment/the-evolution-of-design-and-data-center-cooling/80398.fullarticle>

Για να διαχειρίζεται αποτελεσματικά ο αέρας, θα πρέπει να γίνεται έλεγχος της ροής του, στην αίθουσα ενώ καλό είναι να γίνεται πλάνο για την τοποθέτηση των ραφιών. Θα πρέπει να δημιουργούνται διάδρομοι και αεριζόμενα ράφια ενώ καλό είναι να τοποθετούνται ευέλικτα εμπόδια για την ανάμειξη του αέρα. Είναι σημαντικό να επιδιώκεται ο φυσικός αερισμός του χώρου ενώ τα πλακίδια που τοποθετούνται να προνοείται να είναι διάτρητα.

5.5.2 Κατηγορίες ψύξης

Υπάρχουν πολλές κατηγορίες ψύξης. Οι κυριότερες είναι:

Φυσική ψύξη ή free cooling. Πρόκειται για τον φυσικό κλιματισμό στον οποίο και δεν χρησιμοποιούνται κλιματιστικές μονάδες. Ο αέρας ή το νερό έχουν χαμηλή θερμοκρασία και βοηθούν στην ψύξη του υπολογιστικού κέντρου. Στην περίπτωση αυτή ο αέρας περνάει απευθείας μέσω φίλτρων ή έμμεσα μέσω εναλλακτών θερμότητας.

Η μέθοδος της ελεύθερης ψύξης του αέρα είναι μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική μέθοδος ψύξης για κέντρα δεδομένων που βρίσκονται σε καλές κλιματικές περιοχές (με τις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας εντός των συνιστάμενων ή επιτρεπόμενων περιθωρίων). Η μέθοδος αυτή έχει ήδη υιοθετηθεί από ορισμένες κορυφαίες εταιρείες κέντρων δεδομένων. Η προσέγγιση για τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της ψύξης σε συνδυασμό με τη μείωση κατανάλωσης την καθιστούν ιδανική λύση³³

Εξοικονομητές: Στην ορολογία των κέντρων δεδομένων ένας εξοικονομητής αέρα είναι μέρος του κέντρου δεδομένων. Έχει τη δυνατότητα να μειώσει την κατανάλωσης ενέργειας με την αξιοποίηση της εξωτερικής θερμοκρασίας του αέρα για την ψύξη του υλικού και των εγκαταστάσεων.

Σε ένα τυπικό σενάριο, ο εξοικονομητής παίρνει δροσερό αέρα από έξω και αποβάλλει τον θερμό (που παράγεται στο εσωτερικό της εγκατάστασης) σε εξωτερικούς χώρους, αντί να ψύχει και να επανακυκλοφορεί τον θερμό αέρα στους διακομιστές. Επιπλέον υπάρχουν και εξοικονομητές νερού που χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση της θερμότητας.

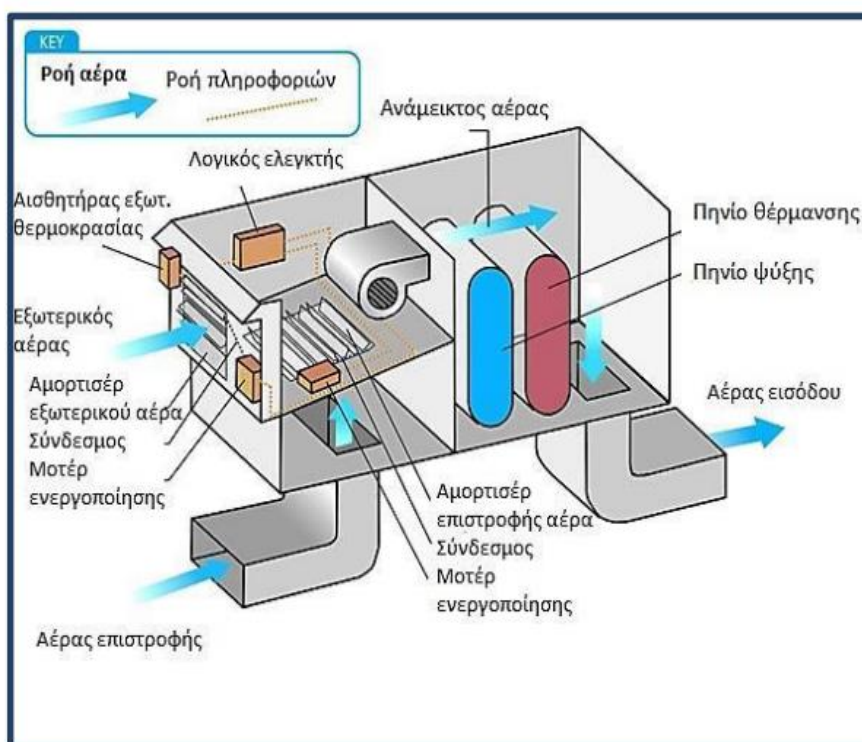
³³ <http://www.datacenterdynamics.com/critical-environment/the-evolution-of-design-and-data-center-cooling/80398.fullarticle>

Σύμφωνα με το διεθνή οργανισμό The Green Grid (TGG), που εργάζεται για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των πόρων των κέντρων δεδομένων υπάρχουν δύο κύριες τεχνολογίες εξοικονομητή που χρησιμοποιούνται συνήθως σε κέντρα δεδομένων:

Οι εξοικονομητές παροχής αέρα (air side systems): Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν τον φρέσκο αέρα και τον διοχετεύουν στο κέντρο δεδομένων.

Ουσιαστικά πρόκειται για ένα σύνολο αεραγωγών, διαφραγμάτων, αισθητηρίων και συστημάτων ελέγχου, μέσω των οποίων ρυθμίζεται η παροχή φρέσκου αέρα. Με αυτή τη διαδικασία, ο θερμός αέρας εξάγεται ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε βοηθητικά είτε για την εξ' ολοκλήρου ψύξη των κέντρων δεδομένων.

Οι εξοικονομητές παροχής νερού (water side systems): Τα συστήματα αυτά χαμηλώνουν τη θερμοκρασία μέσω ενός κυκλώματος νερού³⁴.



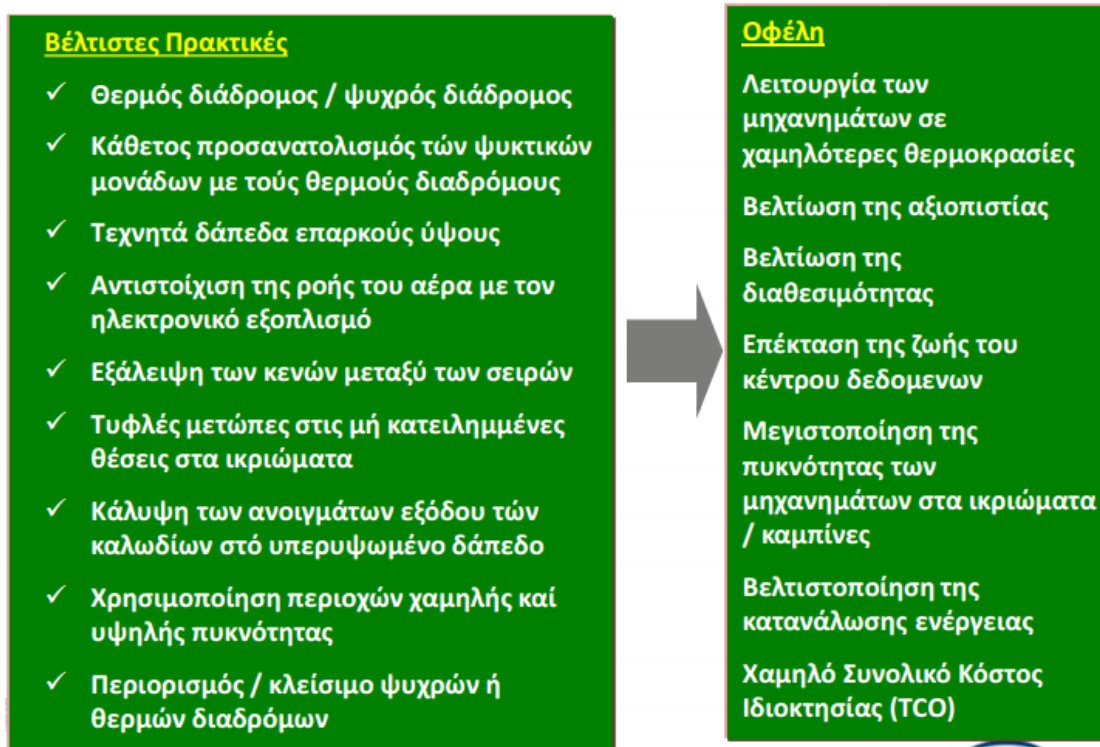
Εικόνα 5.4 Εξοικονομητής παροχής νερού

Πηγή: <http://www.wasocal.com/general/economizers-free-cooling/>

³⁴ https://www.energystar.gov/index.cfm?c=power_mgt.datacenter_efficiency_economizer_airside

Άμεσος φυσικός αερισμός

Ο άμεσος φυσικός αερισμός (direct airside free cooling) είναι μία απλή μέθοδος για την ψύξη με αέρα. Ουσιαστικά διοχετεύει τον φυσικό αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος μέσα στο υπολογιστικό κέντρο, χρησιμοποιώντας ανεμιστήρες. Στη συγκεκριμένη μέθοδο δεν χρησιμοποιούνται αντλίες και πύργοι ψύξης ωστόσο το αποτέλεσμα της είναι αμφισβητήσιμο από πολλούς λόγω των σωματιδίων και των ρύπων που εισέρχονται μέσω του αέρα.



Εικόνα 5.5 Βέλτιστες πρακτικές διαχείρισης ροής αέρα

Άμεση φυσική ψύξη με νερό

Η μέθοδος αυτή που ονομάζεται Direct Waterside Free Cooling χρησιμοποιεί μία μονάδα κλιματισμού. Η μονάδα κλιματισμού καθορίζει τα επίπεδα θερμοκρασίας και τα επίπεδα υγρασίας στο κέντρο δεδομένων. Θα πρέπει τα επίπεδα αυτά να ελέγχονται προκειμένου να λειτουργεί σωστά ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός. Πολλά από τα κέντρα δεδομένων που χρησιμοποιούσαν συστήματα ψύξης με αέρα, τα αντικατέστησαν με συστήματα ψύξης νερού. Αυτό συνέβη γιατί το επίπεδο ροής θερμότητας δεν μπορεί να απομακρυνθεί μόνο με τον αέρα.

Έμμεση φυσική ψύξη με νερό

Σε ένα σύστημα Indirect Waterside Free Cooling όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλή μπαίνει σε λειτουργία ένας ψύκτης αέρα, που τον επανακυκλοφορεί στις μονάδες κλιματισμού.

5.5.3 Σκληροί Δίσκοι *Green Technology*

Μία τυπική μονάδα σκληρού δίσκου σχεδιάζεται με σκοπό να λειτουργεί κατά προσέγγιση για 8 ώρες την ημέρα σε εβδομαδιαία βάση. Ένα σύστημα DVR ή ένα σύστημα παρακολούθησης τελευταίας τεχνολογίας συνήθως λειτουργεί 24 ώρες την ημέρα, χρησιμοποιώντας εφαρμογές οι οποίες απαιτούν άλλον τύπο μονάδας. Πολλές εταιρείες όπως η WD σχεδίασαν μονάδες αποθήκευσης με πολλές παραμέτρους που σχετίζονται με το περιβάλλον και την εφαρμογή. Τέτοιες μονάδες δίσκου επιτρέπουν στα συστήματα να προσφέρουν εκτεταμένο εύρος δυνατοτήτων και λειτουργιών, όπως η υψηλή ανάλυση εικόνας, η αναπαραγωγή βίντεο με συνεχή ροή από πολλές κάμερες, η αρχειοθέτηση βίντεο με εξαιρετικά γρήγορη πρόσβαση στα δεδομένα και η αναπαραγωγή βίντεο on-demand. Τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι η χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας έως και 40% με τους κοινούς σκληρούς δίσκους αλλά και οι τεχνολογίες χαμηλότερου θορύβου και έκλυσης λιγότερης θερμότητας κατά τη λειτουργία, τεχνολογίες ρύθμισης ταχύτητας περιστροφής για μείωση κατανάλωσης ενέργειας³⁵.

5.5.4 Πύργος ψύξης

Ο πύργος ψύξης, cooling tower είναι μία συσκευή στην οποία συναντιέται ο αέρας του περιβάλλοντος με το θερμό αέρα των μηχανημάτων. Έτσι, το θερμό νερό ψύχεται από τον αέρα του περιβάλλοντος. Στην περίπτωση που η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι κατάλληλη, το νερό μεταφέρεται από τις αντλίες σε έναν εναλλάκτη θερμότητας, προκειμένου στη συνέχεια να γίνει ψύξη του νερού για την αίθουσα.

5.6 Δείκτες ενεργειακής απόδοσης

Για να κατανοηθεί η απόδοση αλλά και η ενεργειακή κατανομή ενός κέντρου δεδομένων υπάρχουν κάποιοι συντελεστές και δείκτες από την επιστημονική κοινότητα:

³⁵ http://www.securitymanager.gr/newsite/news_article.php?id=718

IT-PEW: (IT productivity per embedded Watt είναι η παραγωγικότητα ως προς τα Watt). Πρόκειται για έναν δείκτη που δείχνει την απόδοση των υπολογιστών.

PUE: ο Power Usage Effectiveness (PUE) είναι μία μονάδα μέτρησης που εγκαθίδρυσε ο οργανισμός Green Grid, και εκφράζει την ενεργειακή απόδοση ενός Κέντρου δεδομένων, δηλαδή μιας κεντρικής υπολογιστικής εγκατάστασης, σε όρους βασικής υποδομής. Το PUE εκφράζει δηλαδή τον λόγο της συνολικής απαιτούμενης ενέργειας προς την ενέργεια που πραγματικά καταναλώνεται από τους υπολογιστικούς πόρους.

Είναι το αντίστροφο της αποδοτικότητας της υποδομής του κέντρου δεδομένων (DCIE). Ένα ιδανικό PUE είναι 1,0. Οτιδήποτε δεν θεωρείται μια υπολογιστική συσκευή σε ένα κέντρο δεδομένων (δηλ φωτισμός, ψύξη, κλπ) εμπίπτει στην κατηγορία της ενεργειακής κατανάλωσης της εγκατάστασης.

Η μετρική PUE είναι η πιο δημοφιλής μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης. Αλλά έχει κάποιες ατέλειες. Μία ατέλεια που χρησιμοποιείται πιο συχνά είναι το πόσο ενεργειακά αποδοτικό είναι το κτίριο του κέντρου δεδομένων εταιριών που παρουσιάζεται από μηχανικούς Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί «τυχαία» να μην υπολογίζεται η ενέργεια που χρησιμοποιείται για φωτισμό, με αποτέλεσμα χαμηλότερες PUE. Αυτό το πρόβλημα συνδέεται περισσότερο με ένα ανθρώπινο λάθος. Άλλο πρόβλημα είναι το κλίμα μέσα στις πόλεις και το πώς έχουν κατασκευαστεί τα κέντρα δεδομένων. Για παράδειγμα, ένα κέντρο δεδομένων που βρίσκεται στην Αλάσκα δεν μπορεί να συγκριθεί αποτελεσματικά σε ένα κέντρο δεδομένων στο Μαϊάμι λόγω αναγκών ψύξης Επιπλέον, σύμφωνα με μια μελέτη περίπτωσης για το Science Direct, υπολογίζεται ότι το PUE είναι πρακτικά χωρίς νόημα, εκτός αν το IT λειτουργεί σε πλήρη δυναμικότητα³⁶.

ERE: (Energy Reuse Effectiveness), είναι ένας δείκτης για την απόδοση ενεργειακά του υπολογιστικού κέντρου και ορίζεται από το πηλίκο της ενέργειας που επαναχρησιμοποιείται σε μία εφαρμογή με το άθροισμα της ενέργειας της ψύξης και του κέντρου δεδομένων ως προς την ενέργεια όλου του εξοπλισμού.

³⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Power_usage_effectiveness

Κεφάλαιο 6^ο

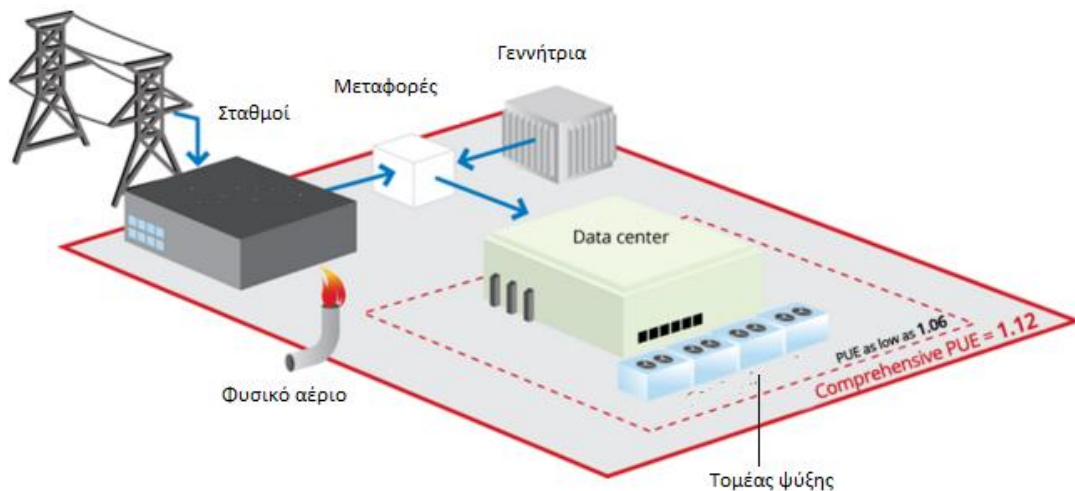
6.1 Μελέτες περίπτωσης

6.1.1 Google

Μέτρηση και βελτίωση της χρήσης της ενέργειας μας

Η εταιρεία της Google έχει εστιάσει στη μείωση της χρήσης ενέργειας λόγω των ραγδαίων εξελίξεων του διαδικτύου. Τα περισσότερα κέντρα δεδομένων χρησιμοποιούν σχεδόν μη-υπολογιστική ή «εναέρια» ενέργεια (όπως ψύξη). Στην Google κατάφεραν να πετύχουν μείωση έως 12%. Με αυτόν τον τρόπο, το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας το χρησιμοποιούν οι μηχανές αναζήτησης επιτυγχάνοντας ταχύτητα. Επιπλέον, καταγράφουν λεπτομερείς μετρήσεις ώστε να σπαταλούν λιγότερη ενέργεια και να εξυπηρετούν ταυτόχρονα περισσότερους χρήστες. Ακόμη, η Google, ακολουθεί μία πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη μέτρηση της ενέργειας χρησιμοποιώντας το δείκτη PUE. Οι υπολογισμοί περιλαμβάνουν την απόδοση ολόκληρου του εξοπλισμού των κέντρων δεδομένων σε όλο τον κόσμο, κατά τη διάρκεια όλου του έτους.

Επιπλέον, η μέτρηση περιλαμβάνει όλες τις πηγές μετρικών απόδοσης. Ακόμη και η πιο απαιτητική ιστοσελίδα της εταιρείας παρουσιάζει μέτρηση μικρότερη από 1,06 ³⁷



Εικόνα 6.1 Μετρήσεις PUE από την Google

³⁷ https://www.google.com/about/datacenters/efficiency/internal/#q3_2015

Επιπλέον χρησιμοποιεί το δείκτη WUE για την αποτελεσματικότητα κατανάλωσης νερού. Η επιτυχία του συστήματος ενεργειακής μείωσης οφείλεται:

- Στα κεντρικά συστήματα αδιάλειπτης τροφοδοσίας UPS με υπάρχον σύστημα αναμονής 48VDC UPS με ξεχωριστό σύστημα ψύξης των διακομιστών.
- Τα PDUs αξιοποιούν διανομή 277VAC στον εξοπλισμό.
- Χρησιμοποιούνται ψύκτες για την απόρριψη θερμότητας

Αύξηση ηλεκτρικής απόδοσης

Το παραδοσιακό κέντρο δεδομένων χάνει 21% έως 27% της δύναμής του, λόγω της αναποτελεσματικότητας του ενσωματωμένου συστήματος. Οι απώλειες εισέρχονται στο σύστημα κατά τη διάρκεια κάθε σταδίου της μετατροπής ισχύος:

Όταν χρησιμοποιείται μέση τάση, αυτή μετατρέπεται σε 480VAC, και υπάρχει απώλεια 2%. Στο πλαίσιο της κεντρικής μονάδας UPS, υπάρχουν δύο μετατροπές ρεύματος:

- AC σε DC και
- DC στο AC, η οποία οδηγεί σε απώλεια 6% έως 12%.

Τα αμφίδρομα τροφοδοτικά έχουν δύο τάσεις, ενώ η μετατροπή των 208 VAC σε διάφορες τάσεις DC οδηγεί σε απώλεια 10%. Η μεταφορά των UPS για είναι πιο κοντά στο επίπεδο των server εξαλείφει τα ενιαία σημεία αποτυχίας. Η σύζευξη αυτή με το γεγονός ότι δεν χρειάζεται πλέον συγχρονισμός μεταξύ των κεντρικών UPS και του PDUs, αυξάνει τη διαθεσιμότητα σε 99,9999.

DC εφεδρικές περιπτώσεις

Για την Facebook οι διακομιστές Prineville παρέχουν 45 δευτερόλεπτα εφεδρικής ισχύος σε πλήρες φορτίο προσαρμοσμένο στα 48VDC. Κάθε μονάδα είναι 56 kW ή 75kW, 480 / 277V. Κάθε καμπίνα περιέχει 20 σφραγισμένες μπαταρίες VRLA σε πέντε στοιχειοσειρές. Τα καλώδια τροφοδοσίας DC συνδέονται απευθείας με τα ράφια server. Το UPS λειτουργεί σαν ένα σύστημα αναμονής, και όχι ένα online σύστημα. Κατά την κανονική λειτουργία, υπάρχει αμελητέα απώλεια ενέργειας. Η μόνη ενέργεια που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας είναι για τη φόρτιση της μπαταρίας. Η καμπίνα έχει ένα σύστημα παρακολούθησης μπαταριών, η οποία μετρά την αντίσταση, την τάση και τη θερμοκρασία.

Ο πίνακας ισχύς του αντιδραστήρα μειώνει το ρεύμα βραχυκύκλωσης σε λιγότερο από 10kA. Ακόμη διορθώνει τον υψηλότερο συντελεστή ισχύος παρέχοντας βελτίωση κατά 3%. Επίσης επιτυγχάνει να μειώνει την τρέχουσα συνολική αρμονική παραμόρφωση, για τη βελτίωση της ηλεκτρικής απόδοσης του συστήματος κατά 2%. Η υψηλή αρμονική παραμόρφωση (total harmonic distortion,) ή η συχνότητα καθίζησης (Precipitation Frequency, PF) μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τις εφεδρικές γεννήτριες, κατά την εκκίνησή τους.

Ψύξη, Καινοτομίες ροής αέρα

Η Facebook χρησιμοποιεί ένα εξωτερικό σύστημα ψύξης και ύγρανσης του αέρα. Κατά την χειμερινή περίοδο πραγματοποιείται ανακύκλωση του αέρα. Η χαμμένη θερμότητα ανακυκλώνεται για τη θέρμανση του χώρου γραφείου και αναμιγνύεται με τον εξωτερικό αέρα, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία πριν τη λειτουργία του κέντρου δεδομένων ³⁸.

Συγκριτική μελέτη κέντρων δεδομένων

Το Εργαστηριακό ερευνητικό κέντρο του Λόρενς (Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL) αξιολόγησε τρία κέντρα δεδομένων για πιθανή βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού του 2012. Η γεωγραφική θέση, η εγκατάσταση, η χωρική διαμόρφωση του κέντρου, η τεχνολογία των πληροφοριών (ΤΠ), η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος και οι απαιτήσεις, μηχανικές και ηλεκτρικές όπως και το σύστημα ψύξης του εξοπλισμού ποικίλλει μεταξύ των τριών κέντρων.

Τα κέντρα δεδομένων χρησιμοποιούν νέες και παλιές συσκευές υποστήριξης των υποδομών, πλατφόρμες πληροφορικής και server αποθήκευσης και μεταφοράς των δεδομένων. Ο παρακάτω πίνακας απεικονίζει τα αποτελέσματα των κέντρων συμπεριλαμβανομένων της εξοικονόμηση ενέργειας, το δυναμικό μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG), και τη μέση περίοδο απόσβεσης. Το συνολικό εκτιμώμενο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας ήταν 11.500 μεγαβάτ ανά ώρα (MWh). Αυτό το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας είναι ισοδύναμο με ετήσια μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 10.800 τόνους.

³⁸ <https://www.facebook.com/notes/facebook-engineering/designing-a-very-efficient-data-center/10150148003778920/>

Εκτός από τη μειωμένη κατανάλωση καυσίμου και τη μείωση των αερίων θερμοκηπίου επιτυγχάνεται ετήσια εξοικονόμηση κόστους ενέργειας κατά \$ 700.000.

Όλα τα αναφερόμενα μπορούν να επιτευχθούν με τα κατάλληλα μέτρα ενεργειακής απόδοσης και τα οποία έχουν μέση περίοδο απόσβεσης δύο χρόνων.

6.1.2 Σύστημα ενεργειακής απόδοσης και αναβαθμίσεις

Οι διαχειριστές του κέντρου δεδομένων και οι φορείς θέλουν να λειτουργούν τις εγκαταστάσεις τους πιο αποτελεσματικά, αλλά ταυτόχρονα ανταγωνίζονται για να δικαιολογήσουν την επιχειρηματική απόδοση των διαφόρων επενδύσεων εξοικονόμησης ενέργειας. Η Green Grid και μια εταιρεία μέλος της η MC, έχουν αξιολογηθεί και έχουν πραγματοποιήσει μια σειρά από αναβαθμίσεις της ενεργειακής απόδοσης στο κέντρο δεδομένων τους. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής μπορούν να βοηθήσουν τους χειριστές του κέντρου δεδομένων να προσδιορίσουν την απόδοση της επένδυσης (ROI).

Τα Green Grid που καθορίζονται από τον PUE σαν μετρική χρησιμοποιούν μετρήσεις αποτελεσματικότητας της ενέργειας. Οι αναβαθμίσεις και οι βελτιώσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά σειρά είναι:

1. Η τοποθέτηση δίσκων OEM μεταβλητής ταχύτητας (VSDs Variable Speed Drives) στην αίθουσα υπολογιστών σε όλους τους χειριστές αέρα (CRAHs).
2. Η αναβάθμιση παλαιών μονάδων CRAH με νεότερα πιο αποδοτικά μοντέλα.
3. Η βελτίωση της διαχείρισης της ροής του αέρα στα rack με την προσθήκη διαφραγμάτων και τυφλών πάνελ τα οποία βελτιώνουν την απομόνωση του ζεστού και του κρύου αέρα στους διαδρόμους.
4. Η επανατοποθέτηση αισθητήρων θερμοκρασίας / υγρασίας CRAH από τις εισόδους των μονάδων CRAH στο μπροστινό μέρος των ραφιών όπου είναι ο εξοπλισμός πληροφορικής.
5. Η ρύθμιση επιθυμητών τιμών θερμοκρασίας των αισθητήρων CRAH και των μονάδων ψύξης.

Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας υπολογίστηκε στο 9,1%, που ισοδυναμεί με 300 kW και μια κατά προσέγγιση ετήσια εξοικονόμηση οικονομικών που υπολογίζεται στα \$ 300.000. Επιπλέον έγινε εγκατάσταση συστημάτων μεταβλητής ταχύτητας για

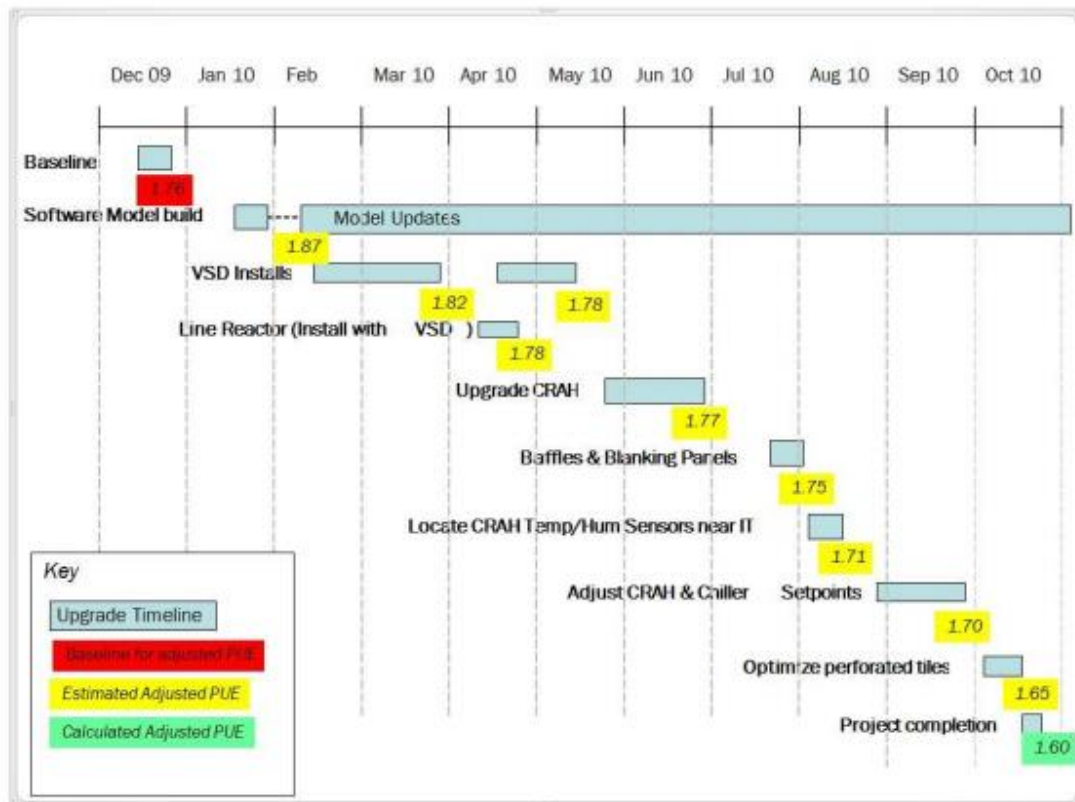
προσαρμογή σε επιθυμητές τιμές θερμοκρασίας. Συνολικά, η απόσβεση της επένδυσης γίνεται μέσα σε δύο έτη. Επιπλέον υπάρχουν τεκμήρια για περισσότερες δυνατότητες εξοικονόμησης.

Οι διαχειριστές του κέντρου δεδομένων είναι υπεύθυνοι για την παροχή ενός περιβάλλοντος που επιτρέπει την τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών ώστε να λειτουργεί αξιόπιστα και σε μέγιστα επίπεδα απόδοσης ανεξάρτητα από το εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου. Η ισχύς μετατρέπεται στο επιθυμητό επίπεδο τάσης που απαιτεί ο εξοπλισμός. Ακόμη χρησιμοποιείται το νερό για την αφαίρεση θερμότητας του κέντρου, στο εξωτερικό περιβάλλον.

Η εξοικονόμηση ενέργειας δεν πρέπει να θέτει τον εξοπλισμό πληροφορικής σε κίνδυνο. Πολλοί επιχειρηματίες πιστεύουν ότι η ενέργεια μπορεί να ρυθμιστεί στο κέντρο δεδομένων με τη σωστή επένδυση κεφαλαίου και εργασίας. Το κόστος της ενέργειας, η διαθεσιμότητα και η βιωσιμότητα αποτελούν θέματα συζήτησης για πολλές επιχειρήσεις. Η εταιρεία MC θεωρούσε ότι έπρεπε να χρησιμοποιηθούν πιο αποδοτικές τεχνικές και έπρεπε να ποσοτικοποιηθεί η αποτελεσματικότητα με το άνοιγμα του κέντρου δεδομένων τους στο Green Grid ώστε να μπορούν να πραγματοποιούνται ανεξάρτητες μελέτες πωλητή. Για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων το Δεκέμβριο του 2009 ξεκίνησε σταδιακά ένα πρόγραμμα αναβαθμίσεων και αντίστοιχων μετρήσεων³⁹.

Οι βασικές μετρήσεις για τη συλλογή των αποτελεσμάτων, αναφέρουν τα στοιχεία που απαιτούνται για τον προσδιορισμό του γραφήματος, μαζί με τις εξωτερικές συνθήκες του περιβάλλοντος του κέντρου δεδομένων. Πραγματοποιήθηκαν πέντε αναβαθμίσεις οι οποίες πραγματοποιούνταν μεμονωμένα κάθε φορά. Το ακόλουθο γράφημα δείχνει την βελτίωση του δείκτη PUE μετά τις αναβαθμίσεις.

³⁹ Brey T., etc, (2010), Case Study: The ROI of Cooling System Energy Efficiency Upgrades, The Green Grid



Εικόνα 6.2 Μελέτη περίπτωσης αναβαθμίσεων

6.1.3 Διάταξη και περιεχόμενο του Κέντρου δεδομένων

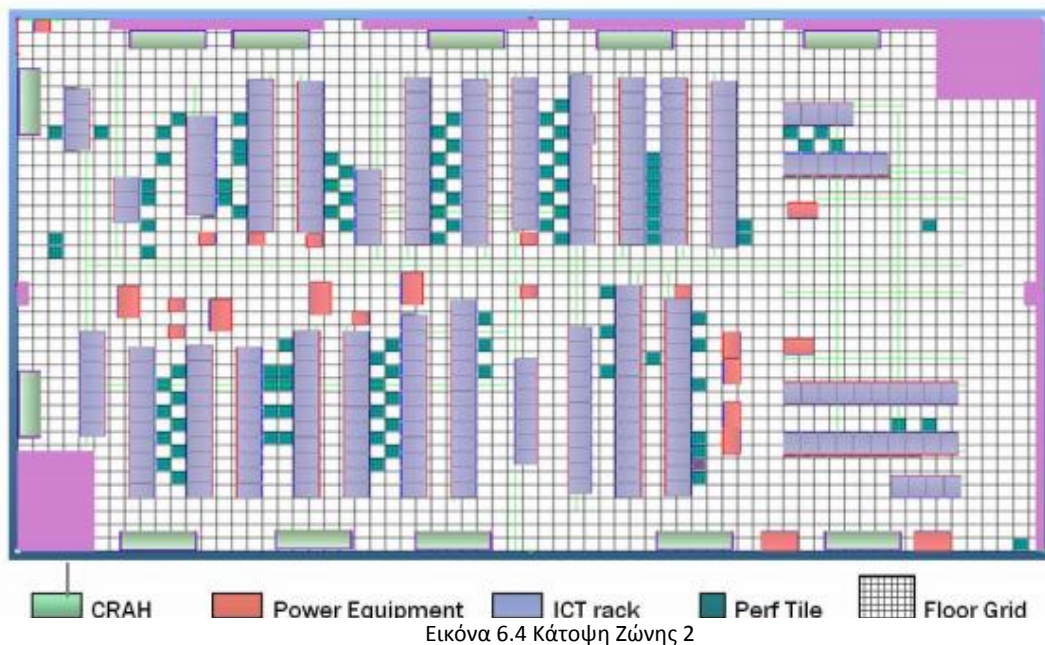
Το συνολικό διαθέσιμο εμβαδόν δαπέδου του κέντρου δεδομένων είναι περίπου 33.000 τετραγωνικά μέτρα και αποτελείται από πολλαπλές απομονωμένες περιοχές. Οι κύριοι τομείς αποτελούνται από τη Ζώνη 1 (περίπου 16.000 τετραγωνικά μέτρα) και τη Ζώνη 2 (περίπου 12.000 τετραγωνικά μέτρα). Η απόδοση της επένδυσης σε αυτή τη μελέτη μετράται σε σχέση με τις προσπάθειες που εκτελούνται μέσα σε ολόκληρο το κέντρο δεδομένων, ενώ τοποθετήθηκαν επιπλέον αισθητήρες και έγινε μοντελοποίηση στη Ζώνη 2. Η ύπαρξη ενός μηχανισμού επικύρωσης κρίθηκε απαραίτητη για την υποστήριξη των αλλαγών που πραγματοποιήθηκαν.

Το υπερυψωμένο δάπεδο πρέπει να συμπίπτει με το ύψος της οροφής του κέντρου δεδομένων. Υπάρχουν περίπου 900 ράφια των ΤΠΕ, Η μέση ισχύς ανά ράφι (rack) ΤΠΕ, καθώς και τα πλαίσια του δικτύου / επικοινωνιών, είναι 2.1kW.

Η παρακάτω εικόνα δείχνει την κάτοψη της Ζώνης 1 ενώ η μεθεπόμενη της Ζώνης 2. Και οι δύο βρίσκονται στο ίδιο κτίριο, αλλά είναι δύο ξεχωριστές περιοχές στον κάτω επίπεδο του κτιρίου. Βελτιώσεις πραγματοποιήθηκαν και στις δύο ζώνες, ωστόσο η πλειοψηφία των αλλαγών έγινε στη Ζώνη 2.



Εικόνα 6.3 Κάτοψη Ζώνης 1



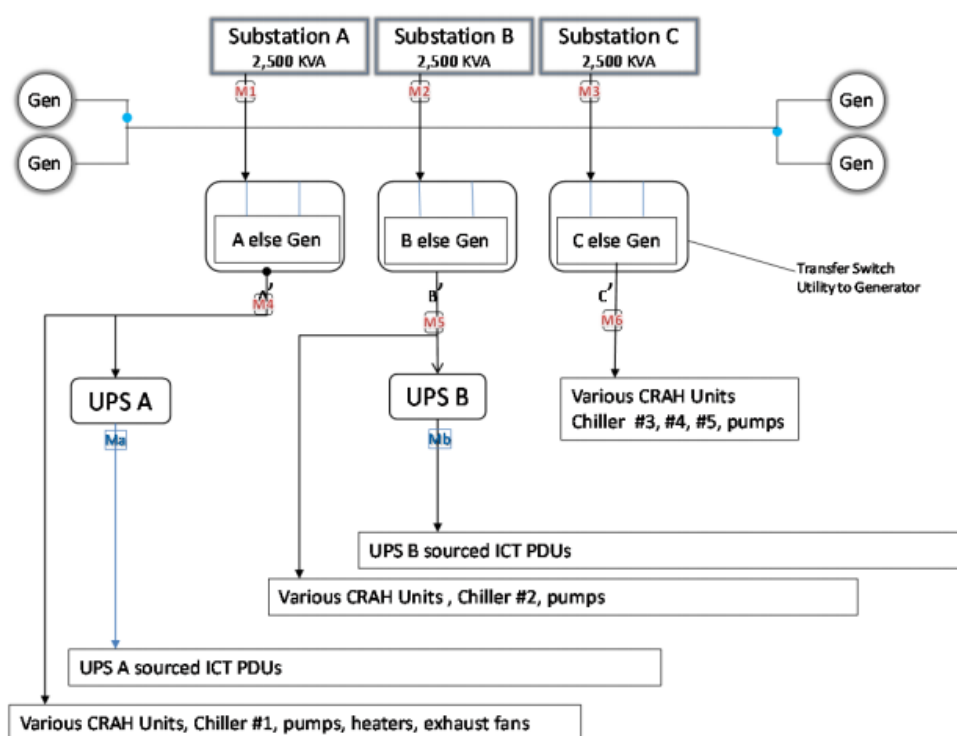
Εικόνα 6.4 Κάτοψη Ζώνης 2

Πηγή: www.energystar.gov/sites/default/files/asset/document/CaseStudy_TheROIofCoolingSystemEnergyEfficiencyUpgrades.pdf

Η ισχύς παρέχεται στο κέντρο δεδομένων με τρεις εισόδους που χρησιμοποιούνται ως εφεδρικές γεννήτριες και συνδέονται μέσω ενός αυτόματου διακόπτη μεταφοράς (ATS). Η ισχύς διανέμεται στον εξοπλισμό ψύξης μέσω των μονάδων διανομής (PDUs). Η διαδρομή που περιέχει τον εξοπλισμό των ΤΠΕ είναι μονάδες αδιάλειπτης

παροχής ισχύος (UPS), οι οποίες όπως αναφέραμε παρέχουν εφεδρική ισχύ σε περιπτώσεις διακοπής τροφοδοσίας.

Για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης, το κέντρο δεδομένων PUE μετράται χρησιμοποιώντας πέντε μεταβλητές, δηλαδή $PUE = (M4 + M5 + M6) / (Ma + Mb) = \text{Σύνολο Ισχύς Κέντρου δεδομένων} / \text{ΤΠΕ Εξοπλισμός τροφοδοσίας}$. M1, M2, και M3 δεν ήταν διαθέσιμα ενώ η διαφορά μεταξύ των δύο υπολογισμών είναι μικρότερη από 1% κατά μέσο όρο.



Εικόνα 6.5 Διάγραμμα υψηλού επιπέδου ισχύος

Πηγή: www.energystar.gov/sites/default/files/asset/document/CaseStudy_TheROlofCoolingSystemEnergyEfficiencyUpgrades.pdf

Θερμικό φορτίο ΤΠΑ (Information Computer Technology, ICT): Περίπου 900 ράφια με 2.1kW μέσος όρος = περίπου 1.900 kW συνολικό φορτίο ισχύος. Υποθέτοντας πως η αισθητή ψύξη η οποία αντιπροσωπεύει την υγρασία, 3,5 kW απαιτεί 1 τόνο της ψύξης προκύπτει ότι απαιτούνται 543 τόνοι (1.900 / 3.5) ψύξης.

Διαχείριση αέρα στους υπολογιστές (Computer Room Air Handler, CRAH): Κατά την έναρξη της μελέτης το κέντρο δεδομένων περιείχε συνολικά 44 μονάδες CRAH, σε ένα δωμάτιο. Η περιοχή των ΤΠΕ περιείχε 32 μονάδες CRAH 30 τόνων και 6 μονάδες 20 τόνων. Το δωμάτιο UPS περιείχε 6 μονάδες CRAH. Κάθε μονάδα CRAH είχε στατικούς κινητήρες για τον έλεγχο της βαλβίδας νερού και την ανατροφοδότηση του δωματίου με βάση τη θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα. Κατά τη διάρκεια της μελέτης είχαν αναβαθμιστεί όλες οι μονάδες CRAH σε συστήματα μεταβλητής ταχύτητας (VSD) και σε κάθε μονάδα πραγματοποιούνταν έλεγχος της ταχύτητας του ανεμιστήρα και έλεγχος τοποθέτηση της βαλβίδας. Επιπλέον, ο αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας μεταφέρθηκε από τη μονάδα CRAH στη μονάδα VSD. Δύο επιπλέον μονάδες διαχείρισης αέρα προστέθηκαν στη Ζώνη 2.

Ψύκτες (Chillers):

Το συγκρότημα κέντρου δεδομένων περιλαμβάνει επίσης 5 ψύκτες με 225 τόνους ψυχρού αέρα σε διαμόρφωση N + 1. Κατά κανόνα λειτουργούν τέσσερις ψύκτες. Όταν η εξωτερική θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλή, τότε λειτουργούν μόνο τρεις.

Εφεδρικές γεννήτριες (Backup Generators): Τέσσερις γεννήτριες των 1750 kW με N+1.

6.1.4 Η περίπτωση της Hitachi

Άλλη μία περίπτωση, αφορά την εταιρεία Hitachi και τις μεθόδους που εφαρμόζει στα δικά της Κέντρα δεδομένων. Στην Ιαπωνία, σε γενικές γραμμές, ο κύκλος ζωής των προϊόντων για τον εξοπλισμό πληροφορικής είναι 3-5 χρόνια, ωστόσο ο κύκλος ζωής των δεδομένων στα Κέντρα δεδομένων είναι περισσότερο από 10 χρόνια. Λόγω αυτής της διαφοράς στη διάρκεια του κύκλου ζωής, τα κέντρα δεδομένων δεν συμβαδίζουν πάντα με την ανάπτυξη του πληροφοριακού εξοπλισμού και των συστημάτων κλιματισμού.

Η Hitachi επέλεξε ένα μοναδικό σχεδιασμό του κέντρου χρησιμοποιώντας μία μονάδα 180 τετραγωνικών μέτρων για την υποστήριξη των ραφιών, με μέγιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 25 κιλοβάτ (kW). Ακόμη, η εταιρεία σχεδίασε το τοπικό σύστημα ψύξης με έναν πίνακα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και ένα κλιματιστικό τοποθετημένα στο εσωτερικό της μονάδας, προκειμένου να βοηθήσουν στην επίτευξη απόδοσης ψύξης. Ο σχεδιασμός αυτός αποτρέπει την στασιμότητα αέρα και δροσίζει

το σύνολο της μονάδας. Ως αποτέλεσμα, οι διακομιστές μπορούν να τοποθετηθούν πυκνότερα μειώνοντας έτσι τον αριθμό των χρησιμοποιούμενων ραφιών.

Κατά τη διάρκεια του πειραματισμού της, η Hitachi διαπίστωσε ότι η χρήση αυτού του τοπικού συστήματος ψύξης μείωσε την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 67%. Η εταιρεία μείωσε επίσης τον χρησιμοποιούμενο χώρο του κέντρου δεδομένων κατά 80% ⁴⁰.

Υγεία και ασφάλεια

Αυξάνοντας τη ροή του αέρα αυξάνεται ο θόρυβος των ανεμιστήρων έχοντας συνολικές επιπτώσεις στον παραγόμενο ήχο λόγω της ταχύτητας περιστροφής. Οι Ευρωπαϊκές κατευθυντήριες γραμμές για την υγεία και την ασφάλεια υπαγορεύουν το μέγιστο επίπεδο θορύβου για εξοπλισμό πληροφορικής, και τυχόν μελλοντικές βελτιώσεις ψύξης. Μια προφανής λύση για τον περιορισμό του θορύβου και την αύξηση της ροής του αέρα σε servers είναι η χρήση μεγαλύτερων ανεμιστήρων και διακομιστών. Η επιπλέον ισχύ που, έχει επακόλουθη συνέπεια την αύξηση στην ταχύτητα φέρει ως αποτέλεσμα την αύξηση του θορύβου.

Ένας δεύτερος προβληματισμός για την υγεία και την ασφάλεια είναι η θερμοκρασία του αέρα, η οποία και πάλι μπορεί να αναστείλει την υψηλότερη θερμοκρασία λειτουργίας. Η θερμοκρασία αερίων εξαγωγής εξαρτάται από την θερμοκρασία εισόδου, την ισχύ που καταναλώνει ο server, και τη ροή αέρα-σε ακραίες περιπτώσεις η θερμοκρασία εξαγωγής μπορεί να είναι περισσότερο από 20 °C από την θερμοκρασία εισόδου. Σε μια διάταξη διάδρομο, αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε υψηλές θερμοκρασίες στο διάδρομο πάνω από 50 °C.

Αυξημένη θερμοκρασία του αέρα εξαγωγής έχει σημαντικές επιπτώσεις για τις επιχειρησιακές πρακτικές εργασίας στα κέντρα δεδομένων σε σχέση με τη συντήρηση και την εγκατάσταση της συσκευής.

⁴⁰ Abe, A., et.all, (2011), Energy Efficiency Measures In Japan: Case Studies, The Green Grid

Συμπεράσματα

Τα κέντρα δεδομένων αφορούν τη σημερινή οικονομία. Προσφέρουν ευρείες υπηρεσίες οι οποίες χρησιμοποιούνται από επιχειρήσεις και οργανισμούς σε καθημερινή βάση. Είναι λογικό στα πλαίσια των τεχνολογικών εξελίξεων να πρέπει να αναπτύσσονται συνεχώς, να προσαρμόζονται στις ανάγκες του τεχνολογικού κόσμου και να βελτιστοποιούν τις βασικές υποδομές τους. Από την παρούσα εργασία μελετήθηκαν στοιχεία των κέντρων δεδομένων αρχιτεκτονικές προβλήματα θέματα ενέργειας και ασφάλειας. Μελετήθηκαν χαρακτηριστικά που αφορούν τα κέντρα δεδομένων αλλά και τα κριτήρια τα οποία πρέπει να πληρούν. Ωστόσο θα μπορούσε στο μέλλον να ασχοληθεί κανείς με κάποια προσομοίωση πάνω στα θέματα εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και με μετρικές των συστημάτων ψύξης. Σίγουρα το virtualization, η διαχείριση συστημάτων, η αυτοματοποιημένη εγκατάσταση, η διαχείριση ταυτότητας των επιχειρήσεων, η ολοκληρωμένη προστασία των πληροφοριών και η διαχείριση της πρόσβασης απαιτούν και άριστες υποδομές. Τα οφέλη θα είναι ασφαλείς υπολογιστές, κεντρική διαχείριση με χαμηλό κόστος, απομακρυσμένες εφαρμογές, ενοποιημένες υποδομές server (με cloud, virtualization) και από άκρο σε άκρο (end-to-end) λύσεις ασφαλείας για τη στήριξη ηλεκτρονικής ή μη διακυβέρνησης μα κυρίως περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

Βιβλιογραφία

- [1] Αλεξόπουλος Α., Λαγογιάννης Γ., 2012, Τηλεπικοινωνίες και δίκτυα υπολογιστών, Γιαλός, Αθήνα
- [2] Γκρίτζαλη Σ., Δ., Κάτσικα Σ., 2003, Ασφάλεια δικτύων υπολογιστών, Παπασωτηρίου, Αθήνα
- [3] Arregoces, M., Portolani, 2004, s Fundamentals, Cisco Press, USA
- [4] Data Center Networking – Connectivity and Topology Design Guide, Enterasys
- [5] Ebrahimi K., Jones G.F., Fleischer A.S., 2014. A Review of Data Center Cooling Technology, Operating Conditions and the Corresponding Low-Grade Waste Heat Recovery Opportunities. Renewable and Sustainable Energy
- [6] Jun Dai etc, 2014, Optimum Cooling of data centers, Springer, New York
- [7] Kooilmans A., etc, 2012, Taking Back Control of Your IT Infrastructure Consolidating to a Data Center in a Box, IBM, RedBooks
- [8] Kurose, Ross, 2013, Δικτύωση Υπολογιστών, προσέγγιση από πάνω προς τα κάτω, Γκιούρδας, Αθήνα
- [9] Leukel, J., Kirn, S., Schlegel, T., 2011, Supply Chain as a Service: A cloud perspective on supply chain systems, Systems Journal IEEE, Vol. 5, Issue 1
- [10] Matthew Strebe, 2005, Ασφάλεια δικτύων, Γκιούρδας, Αθήνα
- [11] Meisner D., Gold B. T., and Wenisch T. F., (2009) Eliminating Server Idle Power, in Proceeding of the 14th ACM International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems ASPLOS, Washington
- [12] Mysore *et al.*, “PortLand: A Scalable Fault-Tolerant Layer2 Data Center Network Fabric,” *SIGCOMM*, 2009
- [13] Raiciu C., Barre S., Pluntke C., etc, 2013 Improving datacenter performance and robustness with multipath TCP, University College London

- [14] Dr. Mike Parker Prof. Stuart Walker An Absolute Network Energy Efficiency MetricAccess Networking Laboratory University of Essex, UK Green Grids 2009, Athens, 8th September 2009
- [15] Costin Raiciu, Sebastien Barret, Christopher Plunket, Adam Greenhalgh, Damon Wischik, Mark Handley Improving Datacenter Performance and Robustness with Multipath TCP SIGCOMM'11, August 15–19, 2011, Toronto, Ontario, Canada. Copyright 2011
- [16] G. Koutitas and P. Demestichas Challenges for Energy Efficiency in Local and Regional Data Center Journal of Green Engineering, 1–32. © 2010 River Publishers
- [17] Albert Greenberg, Parantap Lahiri, David A. Maltz, Parveen Patel, Sudipta Sengupta Microsoft Research, Redmond, WA, USA Towards a Next Generation Data Center Architecture: Scalability and Commoditization PRESTO'08, August 22, 2008, Seattle, Washington, USA. Copyright 2008
- [18] Data Center Networking – Connectivity and Topology Design Guide Enterasys secure networks
- [19] Kai Chen, Northwestern University Chengchen Hu, Xi'an Jiaotong University Xin Zhang, Carnegie Mellon University Kai Zheng, IBM Research Yan Chen, Northwestern University Athanasios V. Vasilakos, National Technical University of Athens Survey on Routing in Data Center: Insights and Future Directions IEEE Network • July/August 2011
- [20] Paul Scheihing DOE Data Center Energy Efficiency Program April 2009
- [21] George Koutitas, *Member, IEEE*, and Panagiotis Demestichas, *Member IEEE* A Review of Energy Efficiency in Telecommunication Networks
- [22] Neil Rasmussen Electrical Efficiency Modeling of Data Center 2006 American Power Conversion.

- [23] Jon Haas, Intel Mark Monroe, Sun Microsystems John Pflueger, Dell Jack Pouchet, Emerson Peter Snelling, Sun Microsystem Andy Rawson, AMD Freeman Rawson, IBM White paper #17 Proxy proposals for measuring data center productivity 2009 The Green Grid
- [24] Christophe Garnier, Schneider Electric ITB Contributors: Mark Aggar, Microsoft Marc Banks, Deutsche Bank Jay Dietrich, IBM Bob Shatten, Individual Member Markus Stutz, Dell Emmanuel Tong-Viet, IBM Data centre life cycle assessment guidelines, 2012 The Green Grid
- [25] Data Center efficiency and IT equipment reliability at wider operating temperature and humidity ranges Editor: Steve Strutt, IBM
Contributors: Chris Kelley, Cisco Harkeeret Singh, Thomson Reuters Vic Smith, Colt Technology Services The Green Grid Technical Committee
- [26] Abe, A., et.all, (2011), Energy Efficiency Measures In Japan: Case Studies, The Green Grid
- [27] Hill, M., (2009), High Performance Datacenter Network, Synthesis network computer application, University of Wisconsin

Διαδικτυακές πηγές

1. www.webopedia.com/TERM/D/data_center_tiers.html
2. www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Enterprise/Data_Center/DC_Infra2_5/DCInfra_1.html
3. www.sapdatacenter.com/article/data_center_functionality/
4. www.blog.opower.com/2012/12/tech-companies-get-creative-in-keeping-data-centers-cool/
5. www.nytimes.com/2012/09/23/technology/data-centers-waste-vast-amounts-of-energy-belying-industry-image.html?pagewanted=all&_r=1
6. www.symantec.com
7. www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2011/Cool%20IT/dirty-data-report-greenpeace.pdf/
8. www-05.ibm.com/gr/gr_green/pdf/OPEN_JUNE_08_bara_16_color.pdf
9. www.energystar.gov/index.cfm?c=power_mgt.datacenter_efficiency_economizer_airside
10. www.securitymanager.gr/newsite/news_article.php?id=718
11. https://www.google.com/about/datacenters/efficiency/internal/#q3_2015
12. Brey T., etc, (2010), Case Study: The ROI of Cooling System Energy Efficiency Upgrades, The Green Grid