

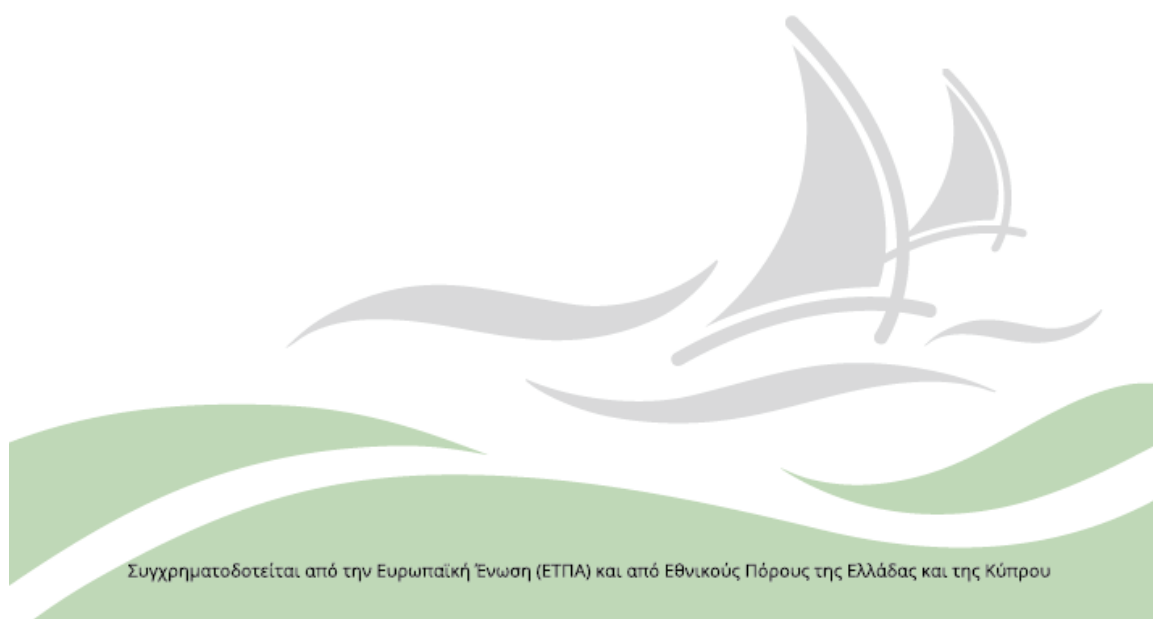


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 3.2.3γ

ΕΝΔΙΑΜΕΣΟ ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ: Αναφορά λειτουργίας συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων κέντρων δεδομένων

2020

Ημερομηνία: 31 - 3 -



Συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΤΠΑ) και από Εθνικούς Πόρους της Ελλάδας και της Κύπρου

Υπεύθυνος Συντάκτης Παραδοτέου: Ιωάννης Φραγκιαδάκης (editor)

Ομάδα Εργασίας: Γιώργος Βασιλόπουλος
Γιώργος Παπαδοκαλάκης
Βασίλης Παπακωνσταντίνου
Ιωάννης Πατεράκης

Έκδοση: 1

Ημερομηνία: 31/3/2020

Abstract: Παραδοτέο 3.2.3γ – Το παρόν έγγραφο αποτελεί μία αναφορά για τη λειτουργία του συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων δεδομένων, το οποίο έχει εγκατασταθεί σε κατάλληλη υποδομή του Κέντρου Δεδομένων του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Η Πράξη “Εξοικονόμηση ενέργειας σε δημόσια Πανεπιστημιακά κτίρια με κέντρα δεδομένων - ΕΝΕΔΗ” του Προγράμματος Συνεργασίας INTERREG V-A Ελλάδα – Κύπρος 2014-2020 με κωδικό MIS 5028274 συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΤΠΑ) και από Εθνικούς πόρους της Ελλάδας και της Κύπρου.

Η Πράξη ΕΝΕΔΗ συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων που καθορίζονται στο Πρόγραμμα Συνεργασίας. Η ακαδημαϊκή/ερευνητική κοινότητα παγκόσμια χρησιμοποιεί μεγάλα κέντρα δεδομένων που αυξάνουν το ενεργειακό αποτύπωμα. Στην Ελλάδα η ΕΔΕΤ λειτουργεί τα τρία μεγαλύτερα datacenters, αν και λαμβάνει όλα τα δυνατά μέτρα για μείωση της κατανάλωσης τους, αυτή παραμένει υψηλή. Δεδομένης της πρόβλεψης για αύξηση ζήτησης σε πόρους είναι απαραίτητο να παρθούν ειδικά μέτρα. Οι ενεργειακές ανάγκες των πανεπιστημίων Κρήτης και Κύπρου αποτελούν σημαντικό τμήμα του λειτουργικού τους κόστους. Για τις ανάγκες τους τα πανεπιστήμια λειτουργούν κέντρα δεδομένων και επιπλέον η ΕΔΕΤ έχει εγκαταστήσει μεγάλο κέντρο δεδομένων που εξυπηρετεί τις ανάγκες δεκάδων νοσοκομείων της Ελλάδος σε κτήριο του Παν. Κρήτης στο Ηράκλειο.

Οι τρεις δημόσιοι φορείς από κοινού προτείνουν να προχωρήσουν σε παρεμβάσεις εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας και παραγωγής ΑΠΕ, ενταγμένες σε μια ευρύτερη στρατηγική εξοικονόμησης ενέργειας και περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης της ακαδημαϊκής κοινότητας και του ευρύτερου δημόσιου τομέα. Η συλλογή/ανάλυση δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας αποτελεί εξαιρετικά σημαντικό στάδιο στην λήψη ορθών αποφάσεων. Θα βοηθήσει τον στρατηγικό σχεδιασμό και την αποφυγή αποσπασματικών παρεμβάσεων για μεγιστοποίηση του καθαρού οφέλους και επίτευξη των απαραίτητων συνεργιών σε ένα ευρύτερο σύνολο των δημόσιων κτηρίων. Η γεωγραφική θέση των περιοχών ευνοεί τις υψηλές θερμοκρασίες το μεγαλύτερο μέρος του έτους κάνοντας αναγκαία την χρήση σχετικά μεγαλύτερων συστημάτων απαγωγής θερμότητας στα κέντρα δεδομένων αλλά ταυτόχρονα οι μεγάλες περίοδοι ηλιοφάνειας ευνοούν την παραγωγή ρεύματος μέσω φωτοβολταϊκών.

Η διασύνδεση των κέντρων μεταξύ τους και ο συνδυασμός των μεθόδων και μηχανισμών βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης και μείωσης του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να έχει πολλαπλασιαστικά οφέλη. Θα μελετηθούν και θα εφαρμοστούν νεωτερικά συστήματα ενεργής διαχείρισης της κατανομής υπολογιστικού φορτίου ανάμεσα στις εγκαταστάσεις σε Ηράκλειο και Λευκωσία που θα έχουν ως αποτέλεσμα την συνολική μείωση της κατανάλωσης, και θα συντονιστεί η παραγωγή ενέργειας των φωτοβολταϊκών και μέσω της έξυπνης κατανομής φορτίου.

Document Revision History

| Date | Issue | Author/Editor/Contributor | Summary of main changes |
|-------------|--------------|--|--------------------------------|
| 31/3/2020 | 1.0 | Ιωάννης Φραγκιαδακης, Γιώργος Βασιλόπουλος, Γιώργος Παπαδοκαλάκης, Βασίλης Παπακωνσταντίνου, Ιωάννης Πατεράκης | Πρώτη έκδοση παραδοτέου |
| | | | |

Περιεχόμενα

| | |
|---|-----------|
| 1. Εισαγωγή | 7 |
| 1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΕΓΓΡΑΦΟΥ | 7 |
| 1.2 ΔΟΜΗ ΕΓΓΡΑΦΟΥ | 7 |
| 2. Διαμόρφωση υποδομής | 8 |
| 2.1 OPENSTACK CLUSTER | 8 |
| 2.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑ | 9 |
| 3. Σύστημα έξυπνης διαχείρισης φορτίων | 11 |
| 4. Περιγραφή πειράματος επιβεβαίωσης λειτουργίας | 13 |
| 4. Επίλογος | 15 |

Επιτελική Σύνοψη

Το παραδοτέο αποτελεί μία αναφορά σχετικά με τη λειτουργία του συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων κέντρων δεδομένων, το οποίο έχει εγκατασταθεί στο Κέντρο Δεδομένων του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Σημειώνεται ότι το παρόν κείμενο συσχετίζεται με το παραδοτέο 3.3.3γ - «Αναφορά λειτουργίας συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων κέντρων δεδομένων», του Πανεπιστημίου Κύπρου και αποτελεί το τελευταίο μέρος του παραδοτέου 3.2.3 - «Σχεδιασμός και υλοποίηση συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων κέντρων δεδομένων».

Το παραδοτέο περιλαμβάνει την συνοπτική περιγραφή της υποδομής του Κέντρου Δεδομένων του Πανεπιστημίου Κρήτης η οποία αναπτύχθηκε για την πειραματική λειτουργία του ΠΣ, καθώς και των χαρακτηριστικών της λειτουργίας του Φ/Β συστήματος που λαμβάνονται υπόψη.

Το σύστημα έξυπνης διαχείρισης φορτίων συλλέγει πληροφορία από την υποδομή του Κέντρου Δεδομένων (servers, αισθητήρες ατμοσφαιρικών συνθηκών, μετρητές ενέργειας) καθώς και από σχετικά με την παραγωγή ενέργειας από το Φ/Β σύστημα, το οποίο συνδέεται απευθείας στο κτίριο Επιστήμης Υπολογιστών όπου βρίσκεται και το Κέντρο Δεδομένων. Μέρος του εξοπλισμού του Κέντρου Δεδομένων είναι προμήθεια μέσα από το διαγωνισμό της ενεργειακής αναβάθμισης του ΚΔ (Π5.2.2) ενώ το Φ/Β σύστημα εγκαταστάθηκε επίσης στα πλαίσια του παρόντος έργου (Π4.2.1).

1. Αναφορά λειτουργίας του συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων κέντρων δεδομένων

1.1 Υποκείμενη υποδομή -Openstack cluster

Το πληροφοριακό σύστημα έξυπνης διαχείρισης φορτίων εγκαταστάθηκε και διαμορφώθηκε έτσι ώστε να παρακολουθεί και να παίρνει αποφάσεις αναφορικά με μέρος της υπολογιστικής υποδομής του Κέντρου Δεδομένων του Πανεπιστημίου Κρήτης, το οποίο περιγράφεται παρακάτω. Επίσης, έχει σχεδιαστεί ώστε να λαμβάνεται υπόψη πληροφορία σχετικά με την παραγωγή ενέργειας από το Φ/Β σύστημα το οποίο εγκαταστάθηκε στην Πανεπιστημιούπολη Βουτών στα πλαίσια του παρόντος έργου.

Για τη λειτουργία του πληροφοριακού συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων δημιουργήθηκε μία υπολογιστική υποδομή αξιοποιώντας την τεχνολογία διαχείρισης εικονικών μηχανών Openstack.

Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκε ένα cluster, αποτελούμενο από 5 εξυπηρετητές, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την εγκατάσταση του Openstack. Οι IP διευθύνσεις των εξυπηρετητών είναι οι ακόλουθες:

| Hostname | IP |
|----------|---------------|
| enedi01 | 147.52.204.72 |
| enedi02 | 147.52.204.67 |
| enedi03 | 147.52.204.68 |
| enedi04 | 147.52.204.69 |
| enedi05 | 147.52.204.70 |

Σε όλους τους εξυπηρετητές, έχει πραγματοποιηθεί εγκατάσταση του agent του Πληροφοριακού Συστήματος για τη συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών. Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση του Openstack και ο τρόπος που οι λειτουργίες του έχουν διαμοιραστεί στους φυσικούς εξυπηρετητές.

| Hostname | Openstack service στη φυσική μηχανή | Openstack service σε container |
|----------|---|--|
| enedi01 | Ceph-osd, neutron-gateway, nova-compute | Ceph-mon, glance, keystone, neutron-api, openstack-dashboard, percona-cluster |
| enedi02 | Ceph-osd, nova-compute | Ceph-mon, keystone, memcached, neutron-api, nova-cloud-controller, rabbitmq-server |

| | | |
|---------|---|--|
| enedi03 | Ceph-osd, neutron-gateway, nova-compute | Cinder, nova-cloud-controller, openstack-dashboard, percona-cluster, rabbitmq-server |
| enedi04 | Ceph-osd, neutron-gateway, nova-compute | Ceph-mon, cinder, glance, neutron-api, percona-cluster, openstack-dashboard |
| enedi05 | Ceph-osd, nova-compute | Rabbitmq-server, nova-cloud-controller, memcached, keystone, glance, cinder |

1.2 Στοιχεία για Φ/Β σύστημα

Για την καταγραφή των δεδομένων από τη λειτουργία του Φ/Β έχει εγκατασταθεί σύστημα με τις παρακάτω συσκευές:

- Fronius Datamanager 2.0.
- Fronius Sensor Box.

Οι δύο συσκευές προσφέρουν δυνατότητα συνεχούς καταγραφής δεδομένων. Οι μετρήσεις καταγράφονται σε ρυθμιζόμενα τακτά χρονικά διαστήματα και το σύστημα αποθηκεύει τα δεδομένα για περίοδο τουλάχιστον ενός έτους. Τα δεδομένα που καταγράφονται από το σύστημα περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

- Μέτρηση της DC ενέργειας, DC ρεύματος και DC τάσης (Inverter Symo 20.0-3-M)
- Μέτρηση της AC ενέργειας, AC ρεύματος και AC τάσης (Inverter Symo 20.0-3-M).
- Μέτρηση της συνολικής παραγόμενης ενέργειας του Φ/Β συστήματος (Fronius Datamanager 2.0).
- Μέτρηση του δείκτη διαθεσιμότητας του Φ/Β πάρκου αλλά και των αντιστροφών τάσης (Fronius Datamanager 2.0).
- Μέτρηση του δείκτη υγείας του πάρκου (Fronius Datamanager 2.0).
- Μέτρηση Grid Injected Power (Fronius Smart Meter).
- Μέτρηση της θερμοκρασίας κυψέλης. Μέτρηση θερμοκρασίας περιβάλλοντος (Fronius Sensors).
- Μέτρηση ηλιακής ακτινοβολίας (Kipp & Zonen SMP3).
- Μέτρηση ταχύτητας ανέμου (Fronius Sensors).

Η πρόσβαση στα παραπάνω δεδομένα μετρήσεων που αποθηκεύονται στο Datamanager είναι εφικτή μέσω JSON API (Fronius Solar API).

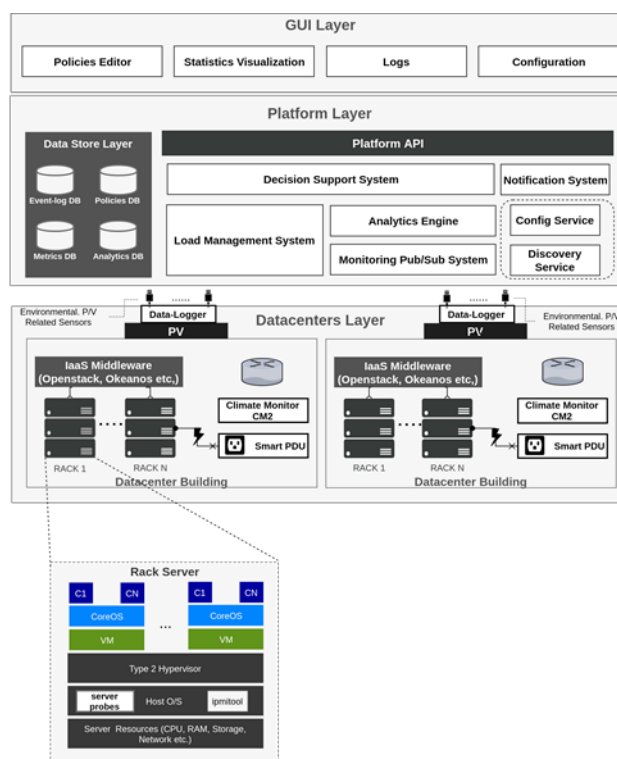
Σημειώνεται ότι το Φ/Β σύστημα δεν διασυνδέεται απευθείας με το Κέντρο Δεδομένων. Διασυνδέεται στο ηλεκτρικό δίκτυο - στον κεντρικό πίνακα - του

κτιρίου του Τμήματος Επιστήμης Υπολογιστών (που φιλοξενεί το Κέντρο Δεδομένων).

1.3 Σύστημα έξυπνης διαχείρισης φορτίων

Ο σχεδιασμός και η αρχιτεκτονική του πληροφοριακού συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων έχει αναλυθεί εκτενώς σε άλλα παραδοτέα του παρόντος έργου (Π3.3.3, Π3.2.3α). Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί μία σύνοψη της εγκατάστασης και διαμόρφωσής του για το Κέντρο Δεδομένων του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Η συνολική αρχιτεκτονική του ΠΣ έξυπνης διαχείρισης φορτίων παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 1: Αρχιτεκτονική ΠΣ έξυπνης διαχείρισης φορτίων

Η λειτουργία του συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων περιλαμβάνει τη διασύνδεση των κατά τύπους agents σε ένα κεντρικό σύστημα το οποίο προτείνει ενέργειες βάσει των δεδομένων που λαμβάνει από τα Κέντρα Δεδομένων, κυρίως αναφορικά με παράγοντες φόρτου εργασίας, ατμοσφαιρικούς παράγοντες, και στοιχεία που προσβλέπουν στην εξοικονόμηση ενέργειας. Η κεντρική πλατφόρμα ΕΝΕΔΗ, όπως την ονομάζουμε, και οι μικρουπηρεσίες της έχουν εγκατασταθεί σε εικονική υποδομή εντός της cloud υποδομής του Πανεπιστημίου Κύπρου.

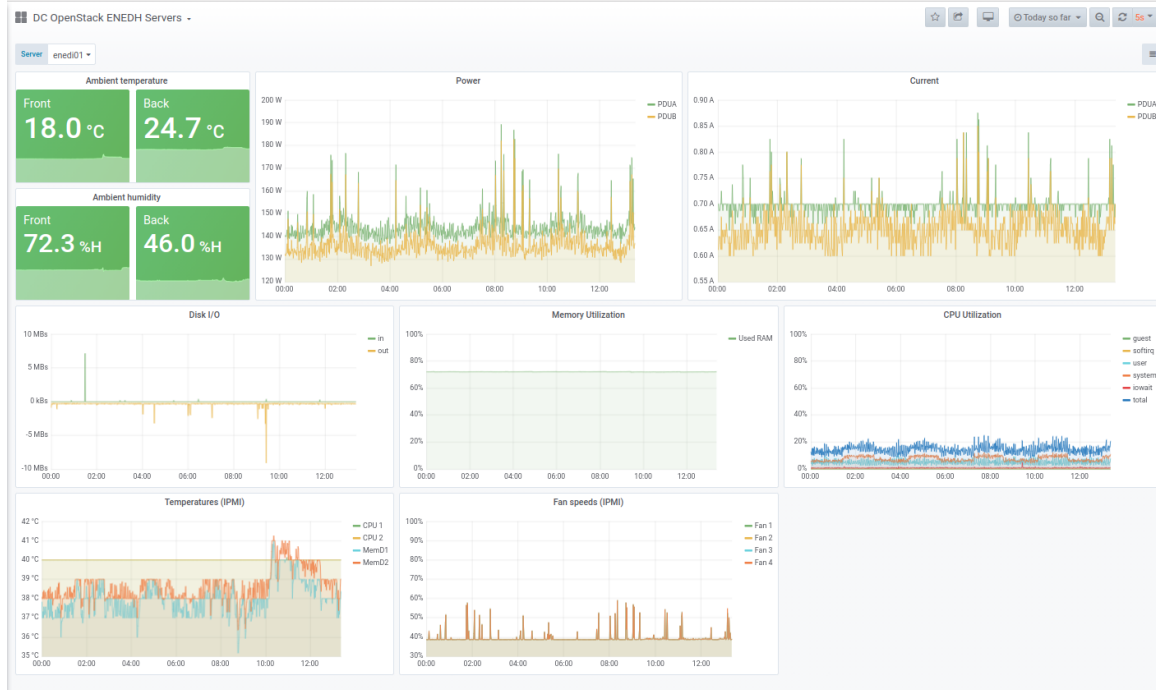
Στο Πανεπιστήμιο Κρήτης, το ΠΣ συλλέγει δεδομένα από τα παρακάτω:

- Εξυπηρετητές (όσοι έχουν εγκατεστημένους agents)
- smart PDUs
- Φωτοβολταϊκά πάνελς
- Κλιματιστικά του Κέντρου Δεδομένων.

Οι υπηρεσίες οι οποίες έχουν εγκατασταθεί στην υποδομή του ΚΔ του Πανεπιστημίου Κρήτης και είναι απαραίτητες ώστε να λειτουργήσει η συνολική υποδομή ΕΝΕΔΗ είναι οι ακόλουθες:

| Όνομα υπηρεσίας | Τύπος | Σκοπος |
|-----------------|--------------------|---|
| Prometheus | Βάση Δεδομένων | Αποθήκευση μετρικών που προέρχονται από την φυσική και εικονική υποδομή του ΕΝΕΔΗ |
| InfluxDB | Βάση Δεδομένων | Βάση Δεδομένων Χρονοσειρών για μόνιμη αποθήκευση των μετρικών |
| Postgres | Βάση Δεδομένων | Χρησιμοποιείται από το ΕΝΕΔΗ API για αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων της υποδομής |
| Consul | Service Discovery | Κατάλογος εγγραφών των διαθέσιμων εξυπηρετητών και συσκευών που συμμετέχουν στο ΕΝΕΔΗ |
| Netdata | Συλλέκτης Μετρικών | Συλλογή μετρικών από την φυσική και εικονική υποδομή του ΕΝΕΔΗ |

Στην ακόλουθη εικόνα παρουσιάζεται η πληροφορία η οποία λαμβάνει το σύστημα από ένα συγκεκριμένο εξυπηρετητή στο Κέντρο Δεδομένων. Συγκεκριμένα, λαμβάνονται στοιχεία για τη λειτουργία του, συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας (από τους αντίστοιχους αισθητήρες στο rack) καθώς και στοιχεία για την τροφοδοσία του (από τα αντίστοιχα PDU).



Εικόνα 1: Στοιχεία λειτουργίας για τον εξυπηρετητή enedi01, όπως παρουσιάζονται στο γραφικό περιβάλλον του συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων.