



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

Πτυχιακή εργασία 1453:

«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΥΦΥΟΥΣ ΕΛΕΓΚΤΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ
ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗΣ»

Εισηγητές:
ΚΑΨΑΛΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ - ΤΟΠΑΛΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

Φοιτητές:
ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΣ ΟΔΥΣΣΕΥΣ (5660)
ΜΠΙΛΙΑΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (5756)

ΠΑΤΡΑ 2015

Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός ευφυούς ελεγκτή ηλεκτρικών φορτίων ο οποίος λαμβάνοντας ορισμένα δεδομένα από τον χρήστη, μέσω μιας ιστοσελίδας, να μπορεί να υπολογίσει το βέλτιστο πρόγραμμα λειτουργίας των συσκευών της μελέτης, σε περιβάλλον δυναμικής τιμολόγησης.

Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται
βασίζεται στην Δυναμική Κοστολόγηση
(Dynamic Pricing) ή αλλιώς
Κοστολόγηση Πραγματικού Χρόνου
(Real-Time Pricing).

Εισαγωγή

Στην εργασία μας αναπτύσσεται ένας ευφυής ελεγκτής για τη μελέτη κάποιων ηλεκτρικών φορτίων σε μία κατοικία, σε περιβάλλον δυναμικής τιμολόγησης.

Συγκεκριμένα,

θα μελετήσουμε **το πλυντήριο** που είναι ένα φορτίο μη διακοπτόμενης λειτουργίας και έχει συγκεκριμένη και σταθερή κατανάλωση.

Αυτό σημαίνει πως από τη στιγμή που θα ξεκινήσει να λειτουργεί και μέχρι να ολοκληρωθεί το επιλεγμένο πρόγραμμα, η λειτουργία του πλυντηρίου δεν μπορεί να διακοπεί και να ξεκινήσει πάλι από το σημείο όπου σταμάτησε.

Εξίσου θα μελετηθεί και η λειτουργία του **Air-condition** (μόνο για περιπτώσεις θέρμανσης), το οποίο είναι ένα φορτίο διακοπτόμενο, υπάρχει δηλαδή η δυνατότητα διακοπής και επανεκκίνησης της λειτουργίας του οποιαδήποτε στιγμή το επιθυμούμε.

Σκοπός του αλγορίθμου που αναπτύξαμε, όσον αφορά και τα δύο φορτία, είναι το να εξετάσει όλες τις πιθανές λύσεις στο πρόβλημά μας, να τις συγκρίνει μεταξύ τους και να βρει τη βέλτιστη, λαμβάνοντας υπόψη του τις επιλογές, αλλά και τα επίπεδα άνεσης που έχει ορίσει ο χρήστης σε κάθε περίπτωση.

Τα αποτελέσματα αυτού του αλγορίθμου, δηλαδή οι βέλτιστες λύσεις των προβλημάτων μας, θα απεικονίζονται μέσω των LEDs τα οποία θα είναι συνδεδεμένα κατάλληλα σε ένα breadboard, το οποίο με την σειρά του θα συνδέεται στις θύρες I/O του Raspberry Pi.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 : Θεωρητικό υπόβαθρο

Κεφάλαιο 2 : Βάση δεδομένων – Πίνακες

Κεφάλαιο 3 : Το λογισμικό μέρος της εργασίας

Κεφάλαιο 4 : Συγκρίσεις και συμπεράσματα

Κεφάλαιο 1: Θεωρητικό υπόβαθρο

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει τα προγράμματα και τις λειτουργίες που χρησιμοποιήθηκαν για

- ✓ τη δημιουργία, την επεξεργασία και την παρουσίαση των ιστοσελίδων,
- ✓ τη διαχείριση των βάσεων δεδομένων,
- ✓ το hardware (Raspberry pi).

Τέλος, αναλύεται και το μοντέλο κοστολόγησης, το οποίο λήφθηκε υπόψη στον υπολογισμό των αλγορίθμων.

1.1 Γλώσσες Προγραμματισμού και διαδικτυακά προγράμματα

1.1.1 PHP - Τι είναι και γιατί επιλέχθηκε έναντι άλλων γλωσσών προγραμματισμού

- ✓ Συμβατή με όλα τα λογισμικά λειτουργίας (Windows/Mac Os/Linux κ.α.)
- ✓ Εύκολη στην κατανόηση και τη μάθηση.
- ✓ Απλή και φιλική προς τον χρήστη.
- ✓ Γρήγορη και αξιόπιστη.
- ✓ Μεγάλη και ενεργή κοινότητα.
- ✓ Είναι μια γλώσσα προγραμματισμού ανοιχτού κώδικα.



1.1.2 XAMPP



1.1.3 MySQL



1.1.4 Apache



1.1.5 phpMyAdmin



1.1.6 HTML



1.1.7 CSS



1.1.8 PUTTY



1.1.9 FileZilla



1.1.10 Adobe Dreamweaver



1.2 Raspberry Pi

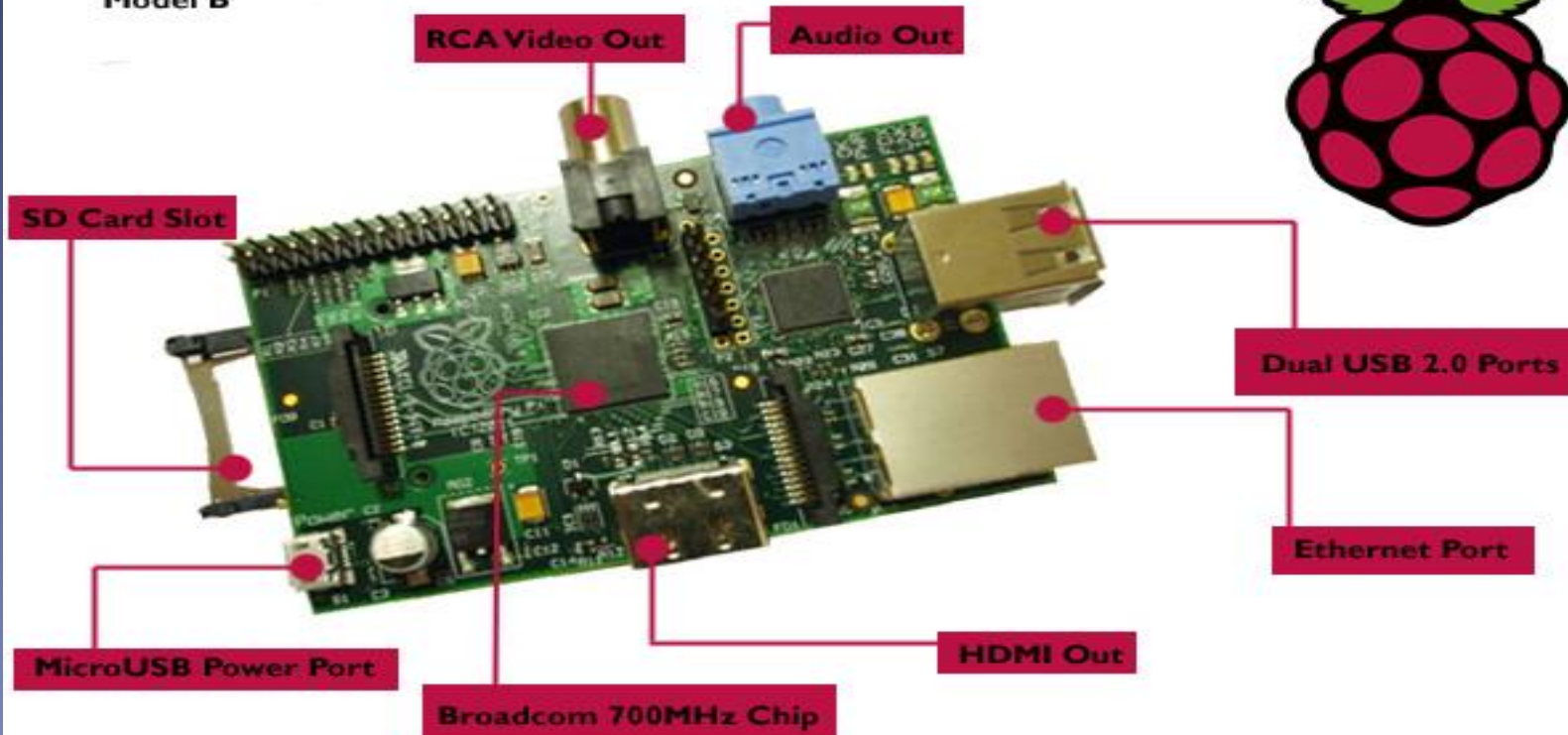
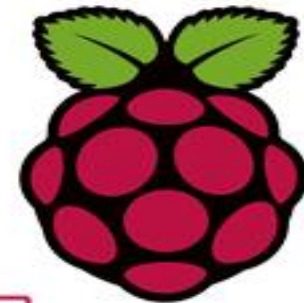
Τι είναι, ποιά η αρχιτεκτονική του και γιατί επιλέχθηκε

Το Raspberry Pi είναι ένας πλήρης υπολογιστής στο μέγεθος μιας πιστωτικής κάρτας.

Στην εργασία μας, χρησιμοποιήθηκε ως ένας **webserver**, όπου περιέχονται οι databases, αλλά και σαν **controller**, με τη βοήθεια του οποίου ανοιγοκλείνουν τα συνδεδεμένα στο breadboard LEDs.

Αρχιτεκτονική Raspberry Pi

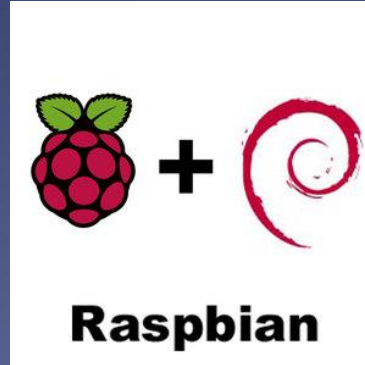
Raspberry Pi Model B



Τεχνικά Χαρακτηριστικά

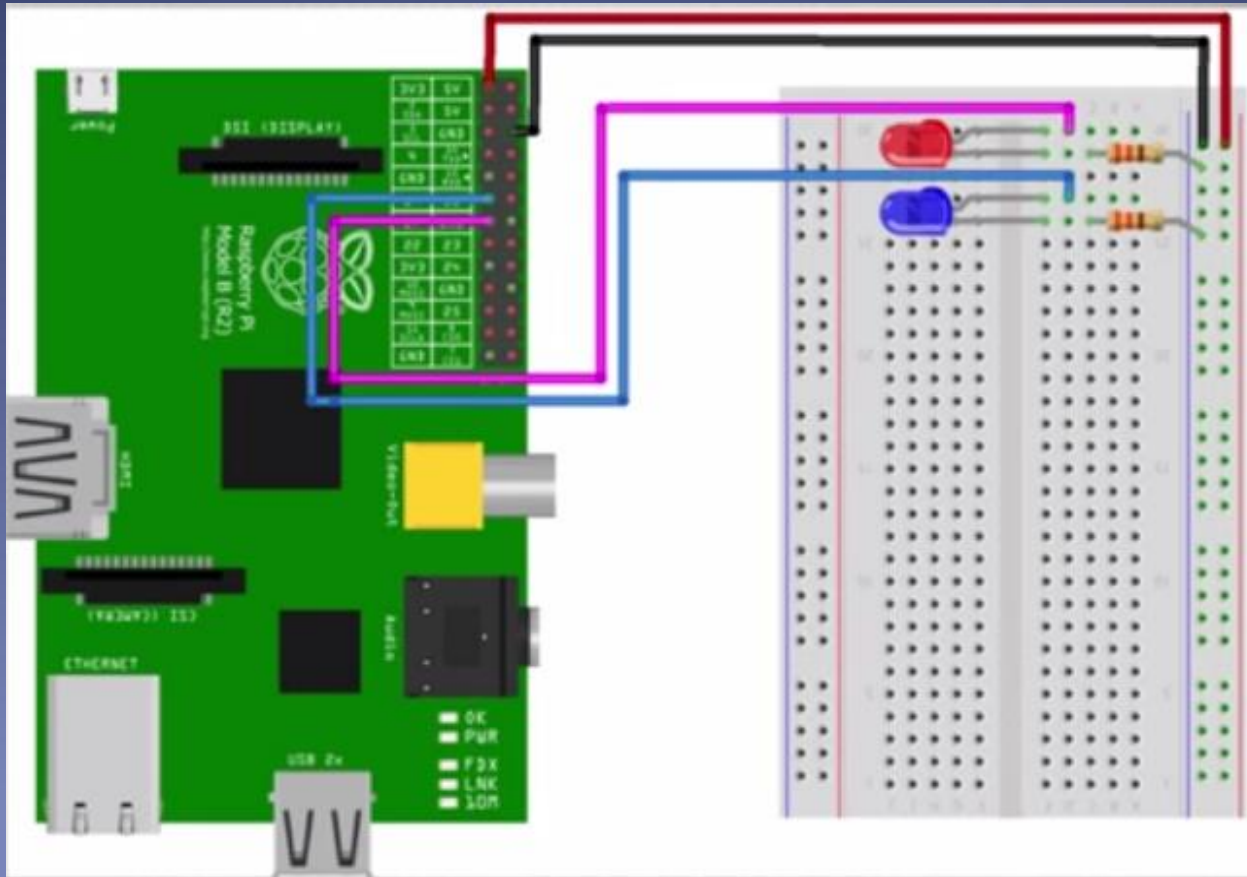
- Επεξεργαστής: 700MHz Broadcom BCM2835, Videocore 4 GPU με ανάλυση έως 1920x1200 pixels και υποστήριξη full HD video @ 30 FPS (H.264).
- Μνήμη: 512MB RAM, υποδοχή microSD
- Υποδοχές εισόδου/εξόδου: 2xUSB 2.0, stereo audio 3,5", GPIO (40-pin), HDMI out, 100MBps Ethernet, microUSB (για τροφοδοσία), DSI και CSI cable υποδοχές.
- Διαστάσεις: 85.6x56mm.
- Λειτουργικό: Linux (Raspbian).

Raspbian



Το Raspbian είναι ένα ελεύθερο λειτουργικό σύστημα βασισμένο στο Debian και τροποποιημένο για το hardware του Raspberry Pi.

Σύνδεση Raspberry Pi με LEDs μέσω Breadboard



RTP (Real-Time Pricing)

Το μοντέλο κοστολόγησης που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία μας είναι γνωστό ως

“κοστολόγηση πραγματικού χρόνου” (Real Time Pricing) ή αλλιώς

“δυναμική κοστολόγηση”.

Πρόκειται για ένα μοντέλο το οποίο δεν χρησιμοποιείται προς το παρόν στην Ελλάδα, αλλά είναι ευρέως διαδεδομένο στην Αμερική.

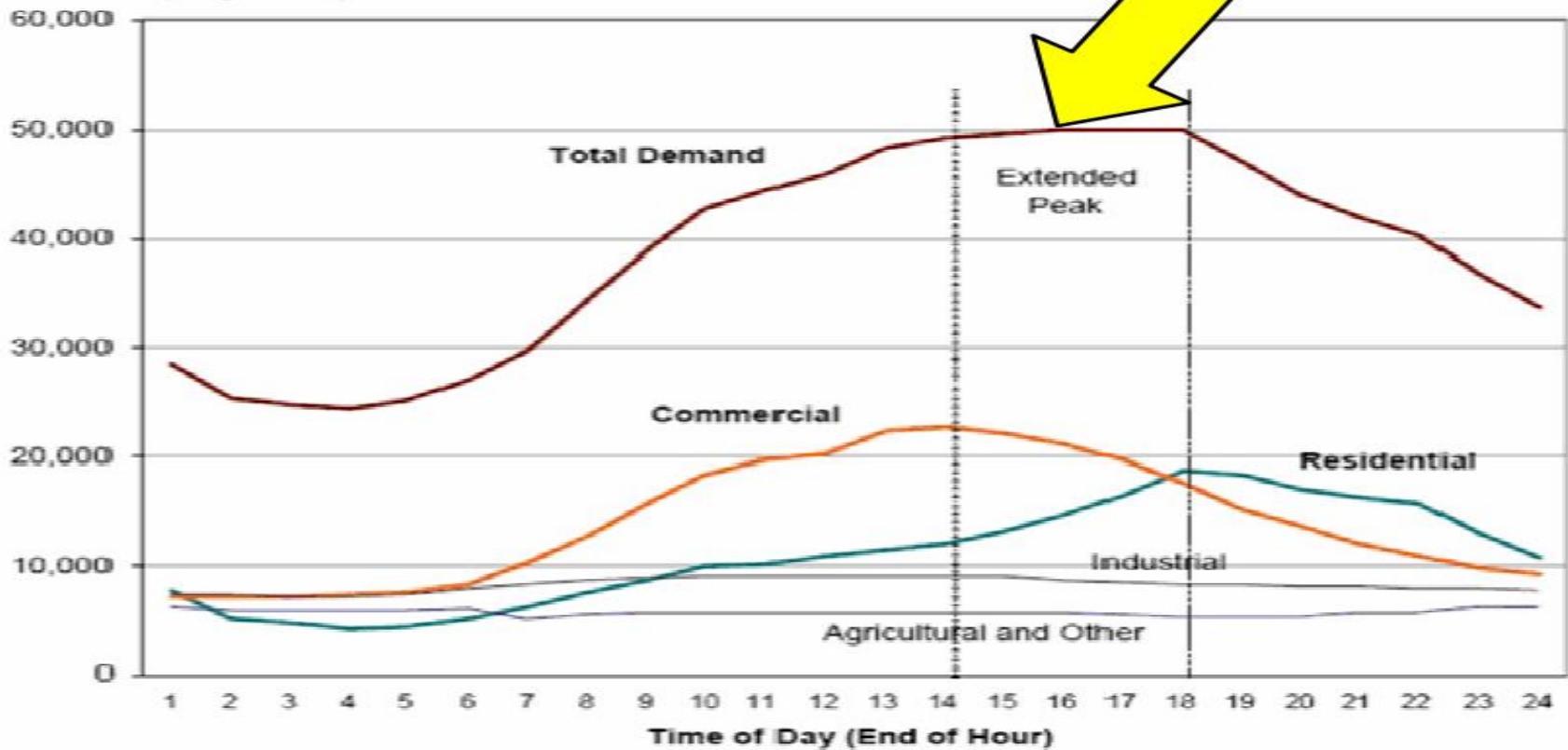
1.3.1 Τι είναι το RTP

1.3.2 Επιπτώσεις στο τιμολόγιο

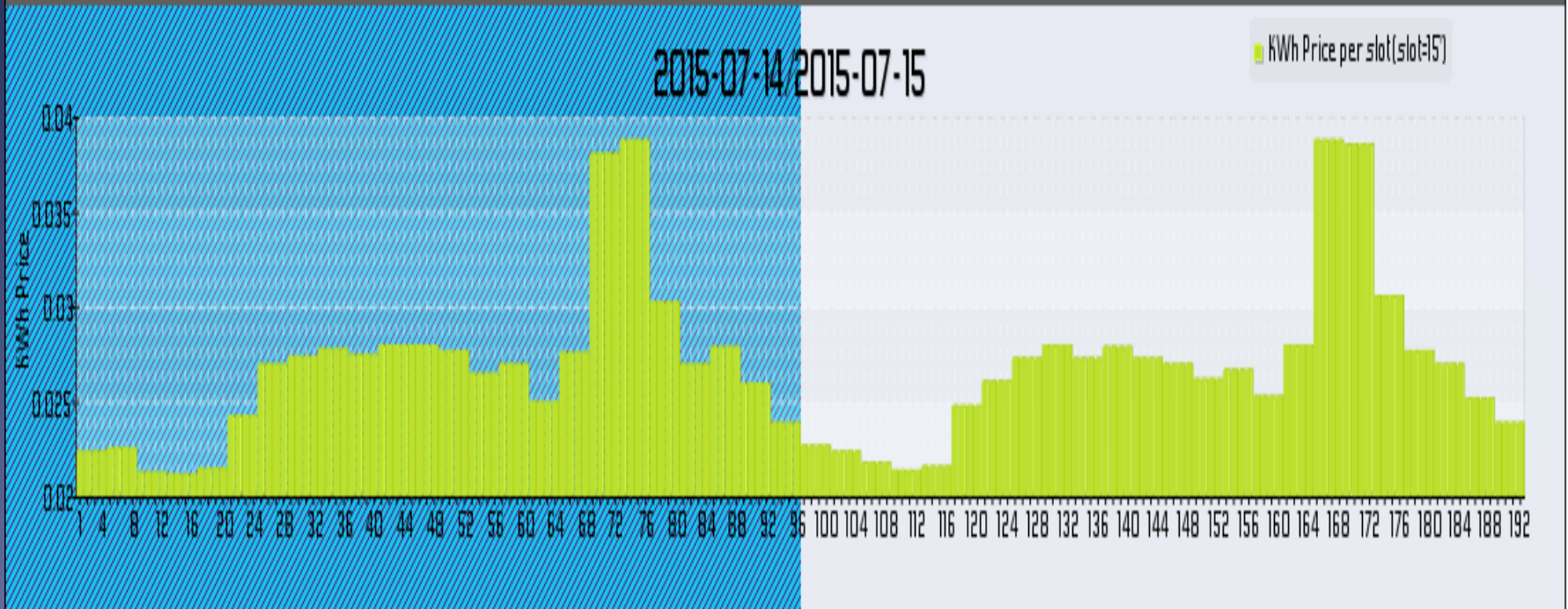
1.3.3 Πώς και πότε μεταβάλλονται οι τιμές

1.3.4 Χρήση του RTP στην εργασία μας.

Demand (Megawatts)



REAL-TIME PRICING



Κεφάλαιο 2: Βάση δεδομένων – Πίνακες

Οι πίνακες της βάσης δεδομένων περιλαμβάνουν:

- τα δεδομένα τα οποία καταχωρούν οι χρήστες,
- τα στοιχεία τα οποία προκύπτουν μετά τον ορισμό ενός event από έναν χρήστη,
- οι πληροφορίες που αφορούν την κατοικία καθώς και τις θερμικές ιδιότητες αυτής,
- δεδομένα και πληροφορίες οι οποίες λαμβάνονται αυτόματα από άλλους ιστότοπους μέσω των api (καιρός)
- προκαθορισμένες λίστες που αφορούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τη συμπεριφορά των συσκευών μας
- τα αποτελέσματα των πράξεων του αλγορίθμου για την βέλτιστη επιλογή της λύσης στο κάθε πρόβλημα.

localhost / 127.0.0.1 / my_ x

localhost/phpmyadmin/db_structure.php?db=my_db&table=&server=1&target=&token=73d0a4d824c14e52d6533a622c632e08#PMAURL-0:db_structure.php?db=my_db&table=&server=1&target=&token=73d0a4d824c14e52d6533a

phpMyAdmin

Recent Favorites

New

calendar

cdcol

data

information_schema

mysql

my_db

- Events
- Tables
 - New
 - acevents
 - aceventtemp
 - acslots
 - acslotsrtp
 - aircondition
 - finales1
 - metavolh
 - plintiria
 - programs
 - results
 - rtp
 - rtp1
 - rtp2
 - users
 - washing
 - washingevents
 - weather
 - weathertest

performance_schema

phpmyadmin

test

webauth

Server: 127.0.0.1 » Database: my_db

StructureSQLSearchQueryExportImportOperationsPrivilegesRoutinesEventsTriggersTrackingDesigner

Table	Action	Rows	Type	Collation	Size	Overhead
acevents		2	InnoDB	greek_bin	16 KiB	-
aceventtemp		283	InnoDB	greek_bin	288 KiB	-
acslots		322	InnoDB	greek_bin	304 KiB	-
acslotsrtp		1	InnoDB	greek_bin	16 KiB	-
aircondition		13	InnoDB	greek_bin	32 KiB	-
finales1		27	InnoDB	greek_bin	16 KiB	-
metavolh		4,836	InnoDB	greek_bin	400 KiB	-
plintiria		32	InnoDB	greek_bin	16 KiB	-
programs		427	InnoDB	greek_bin	80 KiB	-
results		105	InnoDB	greek_bin	16 KiB	-
rtp		2	InnoDB	greek_bin	16 KiB	-
rtp1		2	InnoDB	greek_bin	16 KiB	-
rtp2		2	InnoDB	greek_bin	16 KiB	-
users		41	InnoDB	greek_bin	16 KiB	-
washing		38	InnoDB	greek_bin	32 KiB	-
washingevents		22	InnoDB	greek_bin	48 KiB	-
weather		2	InnoDB	greek_bin	16 KiB	-
weathertest		2	InnoDB	latin1_swedish_ci	16 KiB	-
18 tables	Sum	6,159	InnoDB	greek_bin	1.3 MiB	0 B

☐ Check All With selected:

Print view

Data Dictionary

Create table

Name: Number of columns: 4

Go

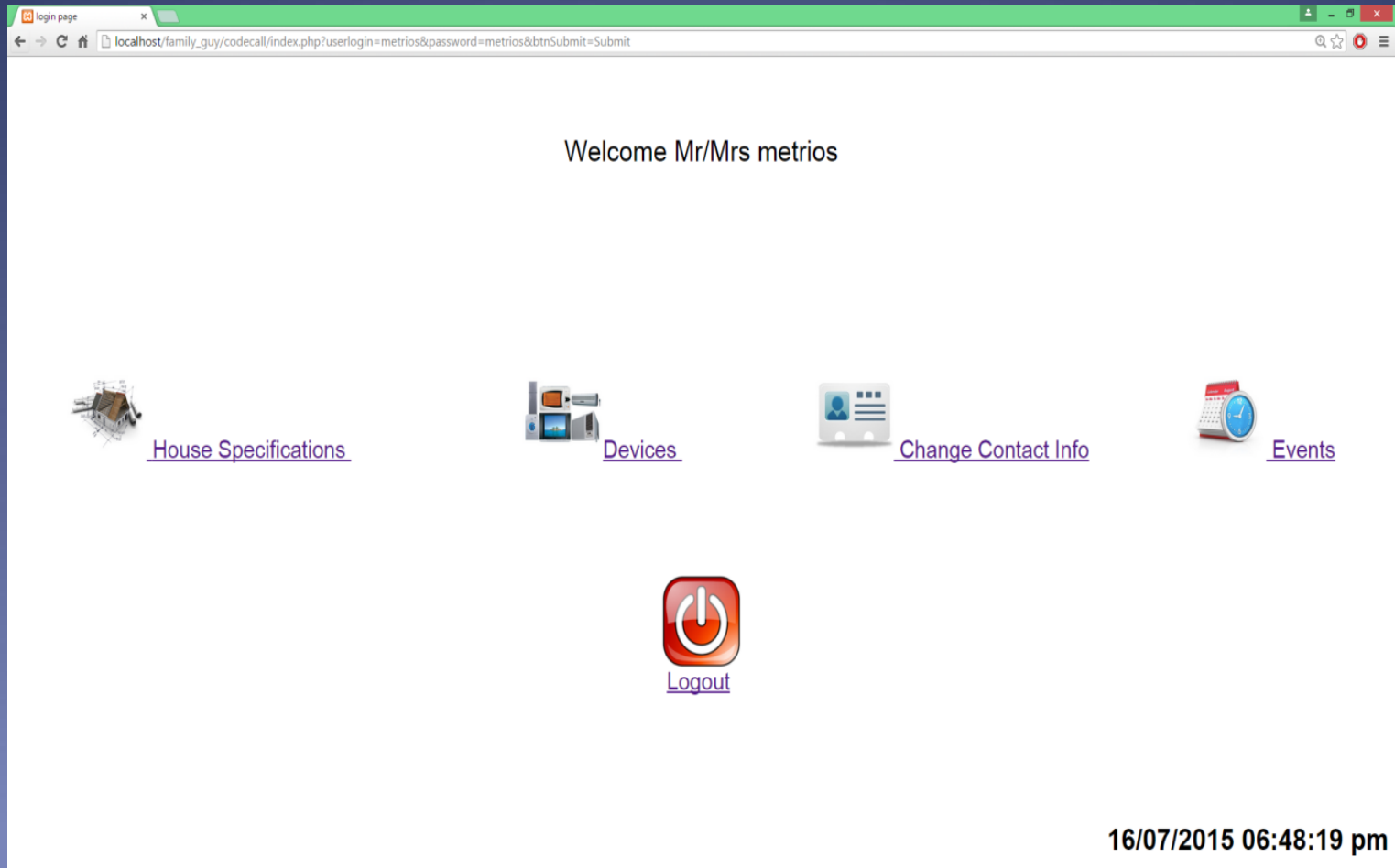
Κεφάλαιο 3 : Λογισμικό μέρος

Στο κεφάλαιο αυτό βλέπουμε:

τις ιστοσελίδες που δημιουργήθηκαν, ώστε να εισαχθούν δεδομένα για συσκευές και events από το χρήστη

τους αλγορίθμους και το πώς λειτουργούν, με σκοπό τον υπολογισμό της βέλτιστης λειτουργίας των συσκευών αυτών.

3.1 Η ιστοσελίδα και η δομή της



Air-condition Units

ACName	BTU	Space (m^2)	EnergyClass
Aircondition Krebatokamar	6000	23	A++
Aircondition Saloni	8000	25	A+
Aircondition Kouzina	10000	26	A+



[Add A/C Unit.](#)



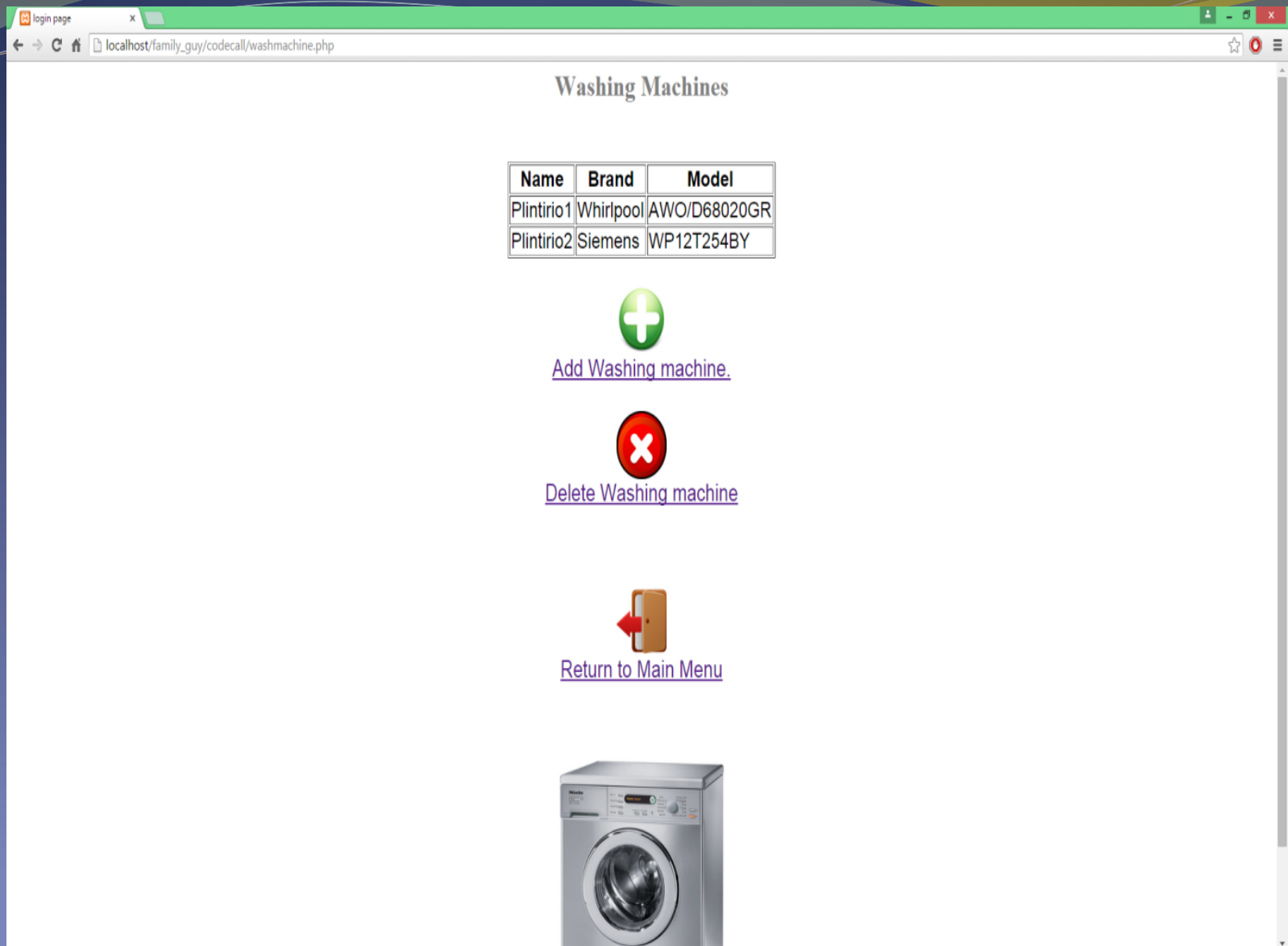
[Delete A/C Unit](#)



[Manage A/C Unit](#)



[Return to Main Menu](#)



Please set the preferred conditions.

Event Name:	
Program:	1

Whirlpool:

- 1:Βαμβακερά 30
- 2:Βαμβακερά 60
- 3:Βαμβακερά 90
- 4:Έξτρα οικονομικό
- 5:Συνθετικά 30
- 6:Συνθετικά 60
- 7:Συνθετικά 90
- 8:Ευαίσθητα 30
- 9:Ευαίσθητα 40
- 10:Καθημερινή πλύση
- 11:Μάλλινα Κρύο
- 12:Μάλλινα 40
- 13:Πλύσιμο 40
- 14:Εσώρουχα
- 15:Ξέβγαλμα & στύψιμο
- 16:στύψιμο
- 17:Γρήγορη πλύση
- 18:Αποστράγγιση

Start

Hour:	Minutes:	Day:	Month:	Year:
0	00	1	January	2015

End

Hour:	Minutes:	Day:	Month:	Year:
0	00	1	January	2015

Update

Update and add a new event



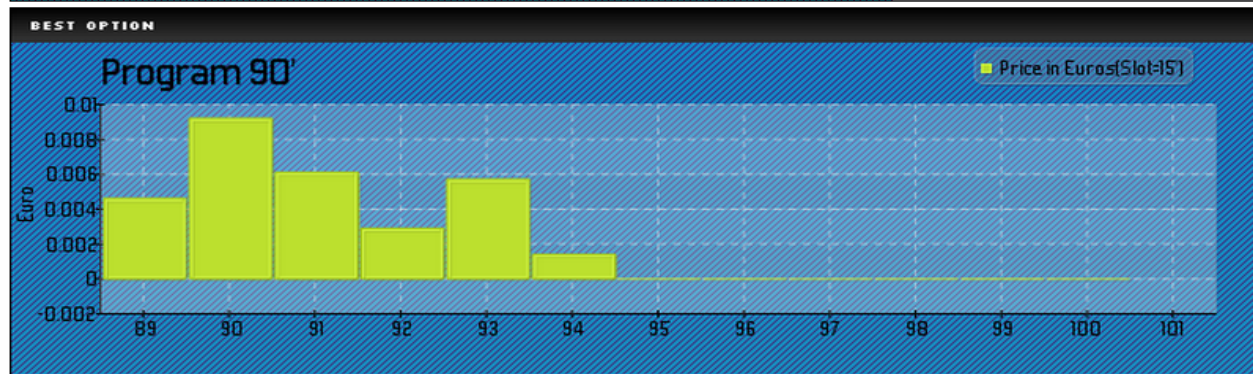
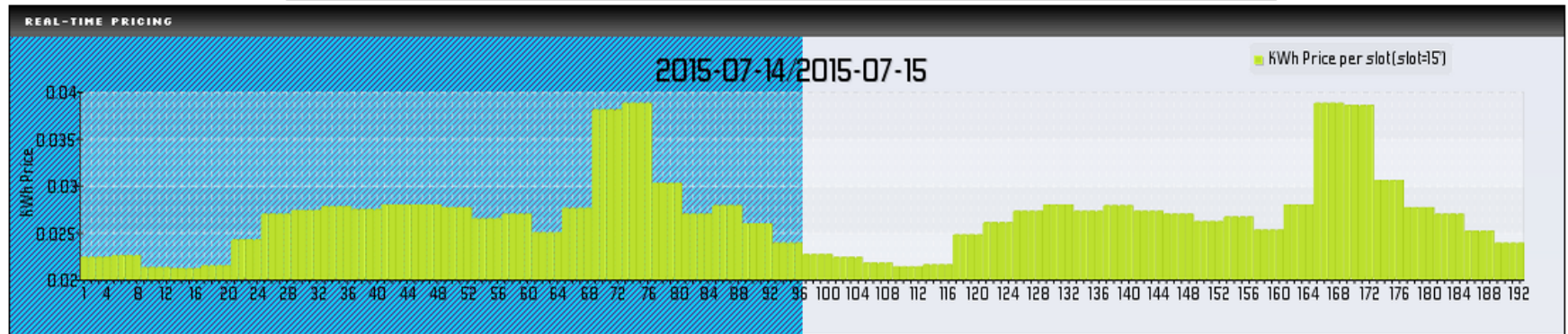
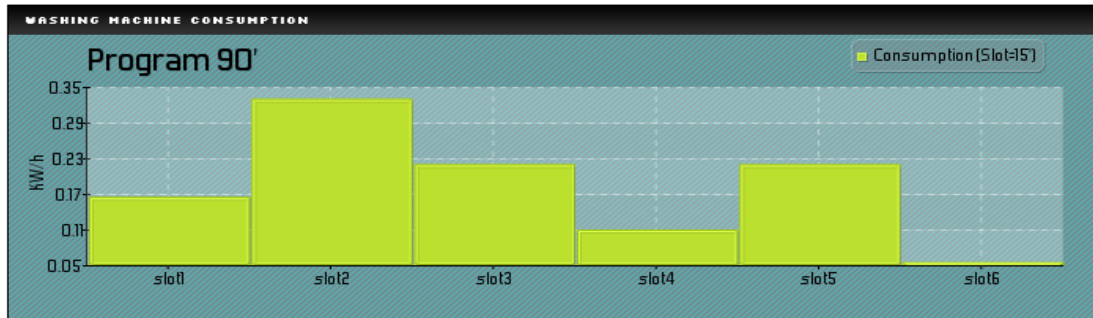
[Return to AC Events](#)

-Event Name: Το όνομα που θέλει να δώσει ο χρήστης στο event. Το όνομα αυτό πρέπει να είναι μοναδικό.

-Program: Επιλογή του επιθυμητού προγράμματος απο την λίστα.

-Start: Η ώρα έναρξης του event.

-End: Η ώρα λήξης του event.



Please set the preferred conditions.

Event Name:	
Temperature:	°C
Tolerance : (Temperature limits)	+/- °C
Current Internal Temperature:	5

Start

Hour:	Minutes:	Day:	Month:	Year:
0	00	1	January	2015

End

Hour:	Minutes:	Day:	Month:	Year:
0	00	1	January	2015

Update

Update and add a new event



[Return to AC Events](#)

- Event Name: Το όνομα που θέλει να δώσει ο χρήστης στο event. Το όνομα αυτό πρέπει να είναι μοναδικό.
- Temperature : Η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία.
- Tolerance : Η ανοχή της θερμοκρασίας , δηλαδή πόσους βαθμούς επιτρέπεται να απέχει η θερμοκρασία του χώρου από την επιθυμητή θερμοκρασία.
- Current Internal Temperature : Η θερμοκρασία του χώρου την στιγμή που ο χρήστης ορίζει το event.
- Start: Η ώρα έναρξης του event.
- End: Η ώρα λήξης του event.



3.2 Ο αλγόριθμος που υπολογίζει την βέλτιστη λύση στα events των συσκευών μας.

Αρχή προγράμματος

Βρίσκει τον αριθμό
των πιθανών λύσεων

Βρίσκει το ολικό
κόστος σε κάθε
πιθανή λύση

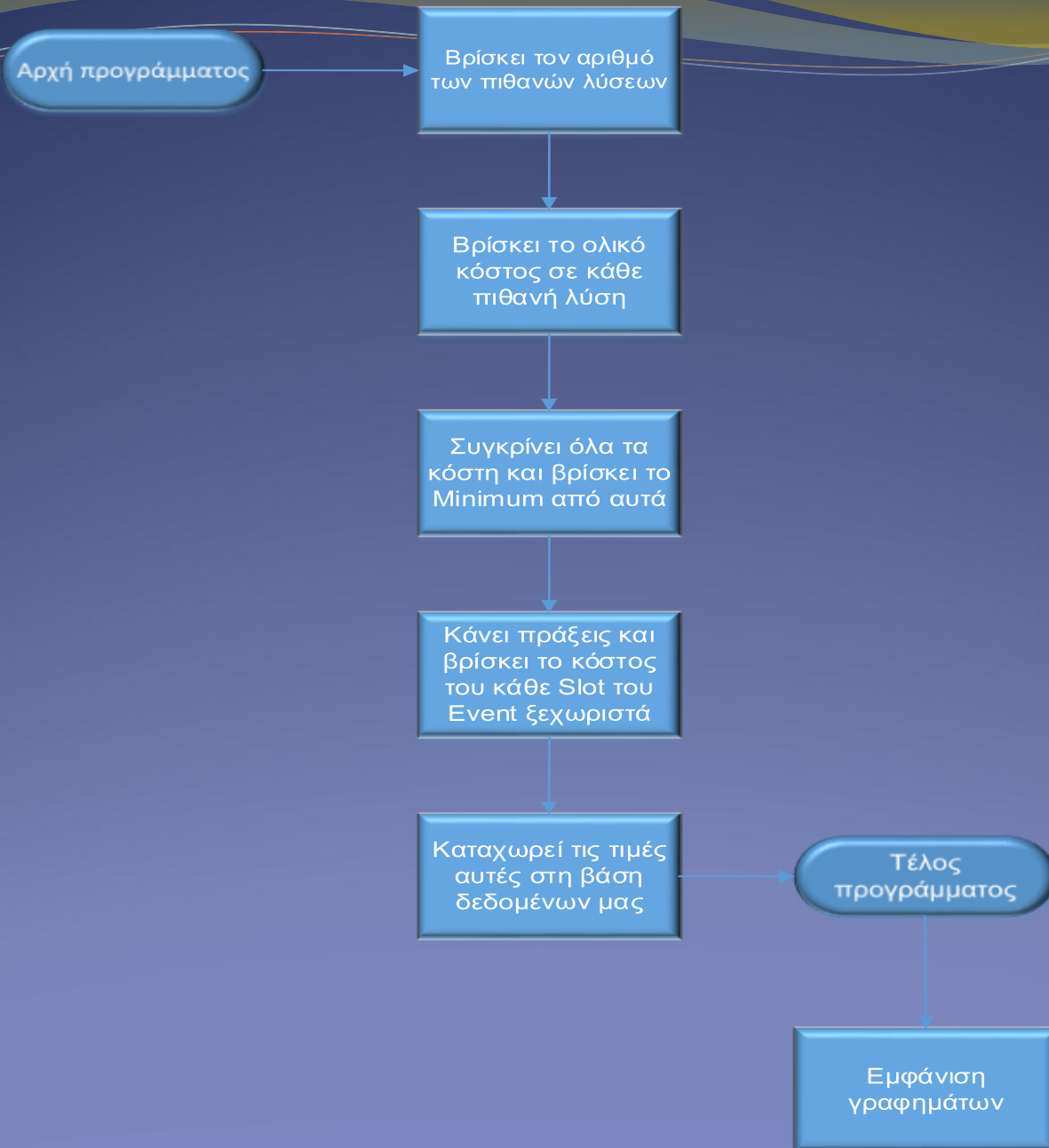
Συγκρίνει όλα τα
κόστη και βρίσκει το
Minimum από αυτά

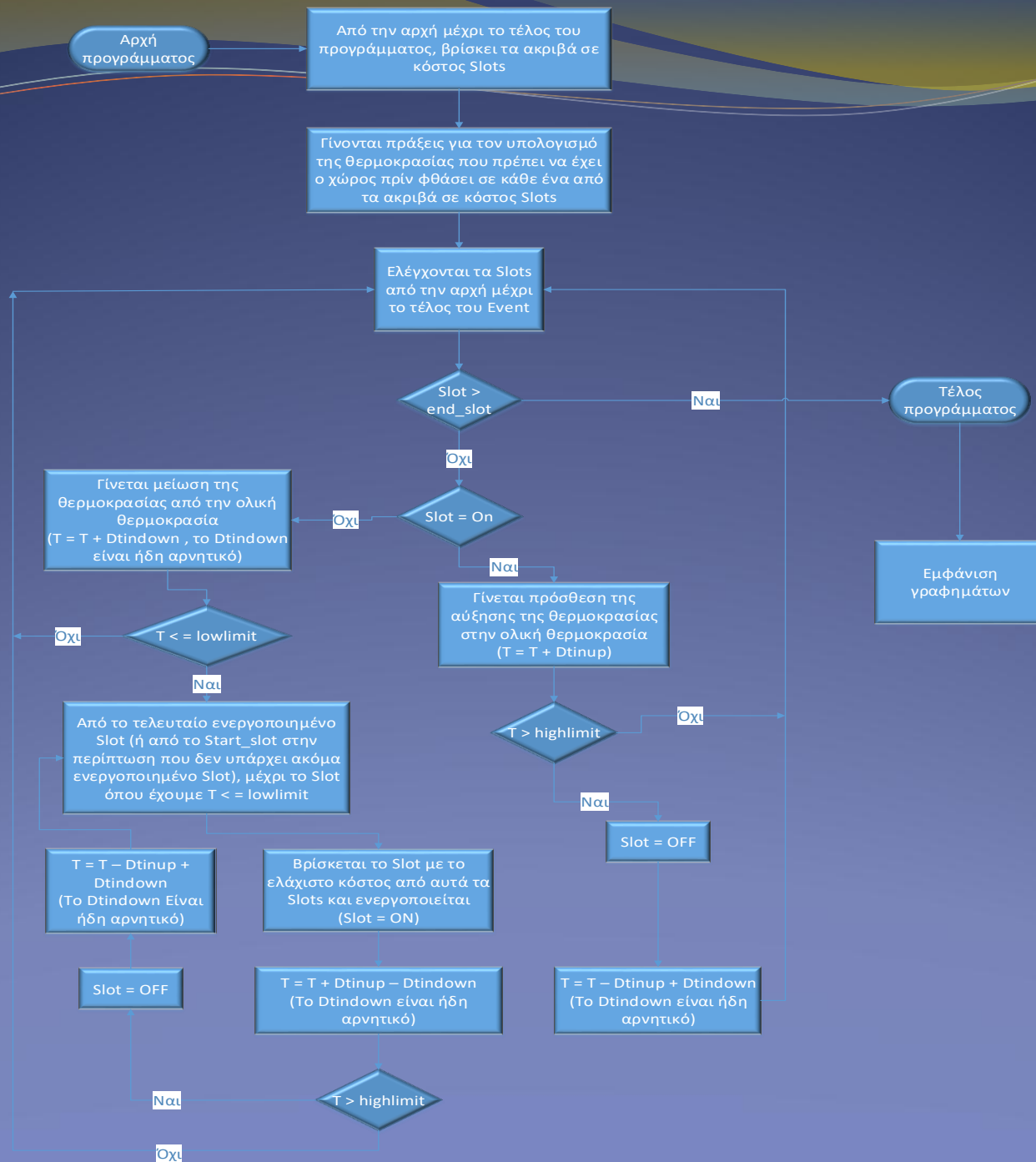
Κάνει πράξεις και
βρίσκει το κόστος
του κάθε Slot του
Event ξεχωριστά

Καταχωρεί τις τιμές
αυτές στη βάση
δεδομένων μας

Τέλος
προγράμματος

Εμφάνιση
γραφημάτων





Κεφάλαιο 4: Συγκρίσεις και συμπεράσματα

A/A	Real-Time-Pricing	Ώρα έναρξης	Ώρα λήξης	Αρχική θερμοκρα σία T(°C)	Επιθυμητή θερμοκρα σία T(°C)	Ανοχή (Tolerance)	Μέση θερμοκρασία (°C) με τον ελεγκτή μας	Μέση θερμοκρασία (°C) με απλό AC	Διαφορά κόστους(%)	
1	RTP	13:00	16:30	12	19	2	18,2	18,2	-2,42	
	flat pricing					2	18,85	18,2	-3,28	
	2-level pricing					2	18,85	18,4	-2,38	
2	RTP	14:15	16:45	13	20	2	19,81	19,19	-8,29	
	flat pricing					2	20,09	19,19	-4,48	
	2-level pricing					2	20,09	19,19	-4,97	
3	RTP	17:00	21:30	11	18	2	17,95	17,08	-15,68	(-1 slot)
	flat pricing					2	18,7	17,08	6,18	(+1 slot)
	2-level pricing					2	18,71	17,08	6,45	(+1 slot)
4	RTP	7:00	13:00	13	19	2	19,54	18,05	-2,53	(+1 slot)
	flat pricing					2	19,73	18,05	-0,89	(+1 slot)
	2-level pricing					2	19,73	18,05	-8,56	
5	RTP	20:00	23:30	12	19	2	19,45	18,32	4,05	(+1 slot)
	flat pricing					2	19,79	18,32	-9,04	(+1 slot)
	2-level pricing					2	19,79	18,32	4,15	(+1 slot)
6	RTP	21:00	1:30	13	20	2	19,92	19,09	-4,3	
	flat pricing					2	20,37	19,09	-6,28	
	2-level pricing					2	20,37	19,09	-6,28	
7	RTP	2:00	7:30	11	18	2	18,56	16,94	-1,73	(+1 slot)
	flat pricing					2	18,71	16,9	-1,46	(+1 slot)
	2-level pricing					2	18,65	16,9	1,23	(+1 slot)

A/A	Ισχύς κλιματιστικού (BTU)	Ώρα έναρξης	Ώρα λήξης	Αρχική θερμοκρα σία T(°C)	Επιθυμητή θερμοκρα σία T(°C)	Ανοχή (Tolerance)	Μέση θερμοκρασία (°C) με τον ελεγκτή μας	Μέση θερμοκρασία (°C) με απλό AC	Διαφορά κόστους(%)	
1	6k	13:00	16:30	12	19	2	18,4	17,85	-5,26	
	8k					2	18,2	18,2	-2,42	
	10k					2	18,6	18,2	-2,14	
2	6k	14:15	16:45	13	20	2	19,72	19,3	-3,2	
	8k					2	19,81	19,19	-8,29	
	10k					2	19,65	19,33	-1,63	
3	6k	17:00	21:30	11	18	2	18,6	17,58	4,22	(+1 slot)
	8k					2	17,95	17,08	-15,68	(-1 slot)
	10k					2	17,7	16,9	0,34	(+1 slot)
4	6k	7:00	13:00	13	19	2	20,42	18,76	-4,5	
	8k					2	19,54	18,05	-2,53	
	10k					2	19,5	18,2	3,6	(+1 slot)
5	6k	20:00	23:30	12	19	2	18,9	17,8	-5,4	
	8k					2	19,45	18,32	4,05	(+1 slot)
	10k					2	18,86	18,41	-2,52	
6	6k	21:00	1:30	13	20	2	19,7	18,72	0,7	(+1 slot)
	8k					2	19,92	19,09	-4,3	
	10k					2	20,22	19,25	-4,8	
7	6k	2:00	7:30	11	18	2	18,65	16,9	1,23	(+1 slot)
	8k					2	18,56	16,94	-1,73	
	10k					2	18,56	16,94	-8,72	

A/A	Μόνωση	Ώρα έναρξης	Ώρα λήξης	Αρχική θερμοκρασία T(°C)	Επιθυμητή θερμοκρασία T(°C)	Ανοχή (Tolerance)	Μέση θερμοκρασία (°C) με τον ελεγκτή μας	Μέση θερμοκρασία (°C) με απλό AC	Διαφορά κόστους(%)	
1	Κακή	13:00	16:30	12	19	2	18,64	18,18	-3,55	
	Μέτρια					2	18,2	18,2	-2,42	
	Καλή					2	19,35	19,35	0	
2	Κακή	14:15	16:45	13	20	2	19,98	19,02	-18,17	(-1 slot)
	Μέτρια					2	19,81	19,19	-8,29	
	Καλή					2	20,4	20,4	0	
3	Κακή	17:00	21:30	11	18	2	18,4	17,3	-8,8	
	Μέτρια					2	17,95	17,08	-15,68	(-1 slot)
	Καλή					2	17,26	17,26	0	
4	Κακή	7:00	13:00	13	19	2	19,4	18,19	-5,25	
	Μέτρια					2	19,54	18,05	-2,53	(+1 slot)
	Καλή					2	18,99	18,18	-5,04	
5	Κακή	20:00	23:30	12	19	2	19,98	18,41	-7,93	
	Μέτρια					2	19,45	18,32	4,05	(+1 slot)
	Καλή					2	18,76	18,49	-1,43	
6	Κακή	21:00	1:30	13	20	2	19,93	19,15	-4,02	
	Μέτρια					2	19,92	19,09	-4,3	
	Καλή					2	19,56	19,21	-1,78	
7	Κακή	2:00	7:30	11	18	2	18,47	17,1	3,85	(+1 slot)
	Μέτρια					2	18,56	16,94	-1,73	(+1 slot)
	Καλή					2	18,6	17,5	-8,43	

Συμπεράσματα

- ✓ Παρατηρούμε ότι το aircondition που λειτουργεί με τον αλγόριθμο μας έχει κέρδος σχεδόν σε κάθε περίπτωση (διαφορετικά RTP, διαφορετική μόνωση, διαφορετική ισχύς κλιματιστικών) σε σύγκριση με το άλλο aircondition.
- ✓ Πρέπει επίσης να παρατηρηθεί πως στις περιπτώσεις που οι ώρες έναρξης και λήξης των events συμπίπτουν με τα peaks του RTP, το κέρδος είναι αρκετά μεγαλύτερο.

Βλέποντας κάποιος το κέρδος το οποίο εμφανίζει ο αλγόριθμος, μπορεί να θεωρηθεί σωστή επένδυση η χρήση του, στην περίπτωση που το μοντέλο κοστολόγησης RTP έρθει στην Ελλάδα, καθώς θα έχει κέρδος μακροπρόθεσμα, δαπανώντας ένα μικρό ποσό μόνο για την αγορά του Raspberry Pi.

Προτάσεις

Είναι πιθανή η περαιτέρω βελτίωση του προγράμματος, στην περίπτωση που εισαχθούν και άλλες συσκευές, οι οποίες χρησιμοποιούνται καθημερινά σε ένα σπίτι, όπως για παράδειγμα θερμοσίφωνα ή πλυντήριο πιάτων.

TEMOZ