

Υπολογιστές κάρτας και προτεινόμενος ρόλος τους στην ελληνική σχολική πραγματικότητα. Μελέτη περίπτωσης

Ελένη Ρόμπολα¹, Δρ Βασίλειος Σ. Μπελεσιώτης²

¹Καθηγήτρια Πληροφορικής ΠΕ19, 5ο ΓΕΛ Βύρωνα
eleni.rompola@gmail.com

²Σχολικός Σύμβουλος ΠΕ19-Πληροφορικής Δ/σης ΔΕ Α' Αθήνας
www.belesiotis.gr, vbelesiotis@sch.gr

Περίληψη

Το άρθρο αυτό αναφέρεται στους υπολογιστές μορφής κάρτας και χαμηλού κόστους, που με τα προτερήματά τους, όπως το χαμηλό κόστος αγοράς και η απουσία βλαβών, διεκδικούν ενεργό ρόλο στη σημερινή ελληνική πραγματικότητα, τουλάχιστον στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Προτείνονται δυνατές χρήσεις και τρόποι ένταξής τους στο σχολικό περιβάλλον, κυρίως σε σχέση με το εργαστήριο Πληροφορικής. Παρουσιάζεται μια καινοτόμα λύση εφαρμογής τους σε εργαστήριο Πληροφορικής σχολείου, η συμβολή της στην υποστήριξη μαθημάτων σε πραγματικό διδακτικό περιβάλλον, καθώς και αποτελέσματα από την πολύμηνη λειτουργία του εργαστηρίου αυτού. Τέλος, παρατίθενται προτάσεις για τη χρήση τους και σε υλοποίηση εφαρμογών *Physical Computing*. Πιστεύουμε, έχοντας πια και στοιχεία μέσα από την πράξη, ότι η υπό όρους χρήση τέτοιων συστημάτων μπορεί να ενισχύσει το διδακτήριο σε υπολογιστικό εξοπλισμό, ώστε να ανταπεξέλθει στις σημερινές ανάγκες Νέων Τεχνολογιών.

Λέξεις κλειδιά: Σχολικό Εργαστήριο Πληροφορικής, Καινοτόμες Εκπαιδευτικές Πρακτικές, Ανοιχτές Τεχνολογίες, Υπολογιστές Κάρτας, *Physical Computing*, Raspberry Pi

1. Εισαγωγή

Από το 2000 και μετά, τα σχολεία της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης εξοπλίστηκαν με εργαστήρια υπολογιστών κυρίως μέσω προγραμμάτων της Ε.Ε. Η σχεδίαση αυτών των εργαστηρίων προέβλεπε συνήθως υπολογιστικό εξοπλισμό συνδεδεμένο σε τοπικό δίκτυο, εξυπηρετητής και υπολογιστές πελάτες, καθώς και δικτυακό εξοπλισμό διασύνδεσης στο Πανελλήνιο Σχολικό Δίκτυο (Π.Σ.Δ.) και μέσω αυτού, πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Τα εργαστήρια αυτά, συχνά υπηρετώντας τη λογική του αυτόνομου εργαστηρίου, εφοδιάστηκαν και με πολλές άλλες υπηρεσίες, όπως εσωτερικό ταχυδρομείο με αντίστοιχο εξυπηρετητή, αυξάνοντας την πολυπλοκότητά τους.

Το ισχυρότερο ίσως επιχείρημα υπέρ αυτής της αρχιτεκτονικής, ήταν η αυτονομία του εργαστηρίου, χαρακτηριστικό ιδιαίτερα σημαντικό σε εποχές όπου οι ταχύτητες

σύνδεσης με το Διαδίκτυο αποθάρρυναν τη λειτουργία και επιτέλεση πολλών *www* υπηρεσιών. Από την άλλη πλευρά, υπήρχαν και μειονεκτήματα, όπως: (α) το υψηλό κόστος, το οποίο οφείλεται κυρίως στην απόκτηση εμπορικών συχνά λογισμικών, των περιβαλλόντων δικτύωσης και των σχετικών αδειών τους και (β) η ιδιαίτερα μεγάλη πολυπλοκότητα των διαδικασιών συντήρησης και αναβάθμισης του εργαστηρίου. Έτσι, στα επόμενα χρόνια η λειτουργία των εργαστηρίων αυτών εμφάνισε δυσκολίες, τόσο από πλευράς κάλυψης του οικονομικού κόστους βλαβών και αναβάθμισης όσο και από πλευράς διαχείρισης και συντήρησής τους από το αρμόδιο ανθρώπινο δυναμικό. Οι υψηλές τεχνικές απαιτήσεις από τον υπεύθυνο εργαστηρίου, από τους τεχνικούς των ΚΕ.ΠΛΗ.ΝΕ.Τ, από τις ομάδες υποστήριξης του Π.Σ.Δ., καθώς και οι αντίστοιχες επιμορφώσεις, συσχετίστηκαν και εστίασαν σε συγκεκριμένα προϊόντα λογισμικού, συνήθως εμπορικά, τα οποία προφανώς και δεν ανήκουν στον γνωσιακό και λειτουργικό χώρο του εκπαιδευτικού.

Η πολυπλοκότητα της αρχιτεκτονικής αυτής, αν και έτυχε κριτικής από μέλη της εκπαιδευτικής κοινότητας, υποστηρίχθηκε κεντρικά και αποφασίστηκε κατά καιρούς η επαναλαμβανόμενη υλοποίησή της, πιθανώς για λόγους τεχνικούς αλλά ίσως και άλλους. Παρόλα αυτά, οι ανεπαρκείς ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων του ενδοδικτύου του Π.Σ.Δ., αιτιολογούσαν εν μέρει την αναγκαιότητά της, μέχρι που, με την πρόοδο των τεχνολογιών επικοινωνίας, ο παράγοντας ταχύτητα σύνδεσης με το Διαδίκτυο άρχισε σιγά-σιγά να εκλείπει. Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια είναι πασιφανές ότι τα εργαστήρια δεν ανανεώνονται και δεν συντηρούνται με τους ρυθμούς που πρέπει, με κύριο αποτέλεσμα την αδυναμία ανταπόκρισης του παλαιωμένου εξοπλισμού στις αυξημένες ανάγκες των μαθημάτων. Έτσι σήμερα, τα σχολικά εργαστήρια Πληροφορικής αποτελούν πλέον ένα πρόβλημα με δυο όψεις που επιζητεί λύση. Τα εργαστήρια που καταρρέουν, η συνεχής και επιδεινούμενη αδυναμία κάλυψης του κόστους αγοράς σύγχρονων *κλασσικών* υπολογιστικών μονάδων, αναβάθμισης παλαιών υπολογιστών και αποκατάστασης των συχνών βλαβών τους συνθέτουν τη μία πλευρά του προβλήματος. Ταυτόχρονα, η άλλη πλευρά του εστιάζει στην αδυναμία αυτών των εργαστηρίων να δημιουργήσουν συνθήκες κατάλληλες για δημιουργική εργασία, ιδίως για τα μαθήματα Πληροφορικής.

Προς την κατεύθυνση αντιμετώπισης αυτού του προβλήματος έρχεται να συνεισφέρει η παρούσα εργασία με προτάσεις χρήσης υπολογιστών "κάρτας", όπως αυτή του Raspberry Pi, μετά από την εμπειρία ενός έτους εφαρμογής και μελέτης μια τέτοιας υλοποίησης στο σχολικό εργαστήριο του 5ου ΓΕΛ Βύρωνα Αττικής.

Το άρθρο διαρθρώνεται ως εξής: Στην επόμενη ενότητα, αναπτύσσονται σχετικά θεωρητικά και τεχνικά θέματα της προτεινόμενης λύσης για λόγους πληρότητας. Στην ενότητα *Μελέτη περίπτωσης* περιγράφεται η πιλοτική εγκατάσταση, λειτουργία και αποτελέσματα χρήσης του συγκεκριμένου σχολικού εργαστηρίου. Τέλος, στην ενότητα 4, *Συμπεράσματα*, κατατίθενται προτάσεις σχετικά με τη δυνατότητα ένταξης τέτοιων συστημάτων στα διδακτήρια.

2. Θεωρητικό-τεχνικό υπόβαθρο

2.1 Υπολογιστές και ελεγκτές κάρτας

Ένας υπολογιστής "κάρτας" (singleboard computer - SBC), αποτελείται από ένα ενιαίο κύκλωμα που περιλαμβάνει όλες τις βασικές μονάδες ενός υπολογιστικού συστήματος σε μία κάρτα, όπως μικροεπεξεργαστή, μνήμη, κυκλώματα εισόδου/εξόδου (I/O). Τέτοια συστήματα λειτουργούν τόσο ως *ενσωματωμένα* συστήματα όσο και ως συστήματα αυτοτελών υπολογιστών. Σε αντίθεση με αυτά, οι κλασσικοί προσωπικοί ή οι μικροϋπολογιστές αποτελούνται από πολλές ανεξάρτητες διασυνδεδεμένες μονάδες, αρχιτεκτονική με πολλά πλεονεκτήματα, όπως η επεκτασιμότητα, αλλά και μειονεκτήματα, όπως οι βλάβες, ο όγκος και πιθανά το κόστος σε συνάρτηση βέβαια με την υπολογιστική ισχύ.

Σήμερα, η αρχιτεκτονική του υπολογιστή κάρτας χρησιμοποιείται σε μια ευρεία γκάμα "συμπαγών" ηλεκτρονικών συσκευών, με πιο διαδεδομένα τα κινητά τηλέφωνα, αλλά και σε άλλα συστήματα, όπως είναι διάφοροι ελεγκτές, για παράδειγμα ο Arduino (Arduino, 2016) ή το υπολογιστικό σύστημα Raspberry Pi - RPi (Raspberry, 2016) με το οποίο και θα ασχοληθούμε στη συνέχεια. Τέτοια υπολογιστικά συστήματα, έχουν πολλά προτερήματα, όπως είναι η αξιοπιστία λειτουργίας, η σχεδόν ανυπαρξία βλαβών, το χαμηλότερο κόστος σε σχέση με ένα τυπικό σύστημα άλλης αρχιτεκτονικής, η φορητότητα, η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας που προσδίνει δυνατότητες αυτονομίας, η καταλληλότητα ορισμένων, όπως το RPi, να υποκαταστήσουν σε πολλές περιπτώσεις έναν προσωπικό υπολογιστή.

Οι υπολογιστές κάρτας μπορεί να διαθέτουν διαύλους επικοινωνίας με το φυσικό κόσμο για την ανταλλαγή σημάτων με αισθητήρες και άλλες μονάδες, με το σύστημα RPi να διαθέτει ένα τέτοιο υποσύστημα, το GPIO. Έτσι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί, με το κατάλληλο λογισμικό (RPi.GPIO, 2016) και ως ελεγκτής μονάδων του φυσικού κόσμου για την υλοποίηση εφαρμογών Physical Computing (PhC), εφαρμογών δηλαδή που στοχεύουν την "επίτευξη συνεργασίας και σύνδεσης του φυσικού κόσμου με τον ιδεατό του υπολογιστή" (O'Sullivan, Tom Igoe, 2014).

2.2 Raspberry PI

Στην υποενότητα αυτή θα παραθέσουμε συνοπτικά τα χαρακτηριστικά του RPi (πίνακας 1), που ενισχύουν τη θέση για την υπό όρους ένταξή του στο σχολικό και εκπαιδευτικό περιβάλλον.

Το RPi εμφανίστηκε το 2012, ενώ το 2016 βρίσκεται στην έκδοση 3, Raspberry Pi 3 Model B. Πρόκειται για πλήρες υπολογιστικό σύστημα και όχι για έναν απλό ελεγκτή, όπως άλλα συστήματα, για παράδειγμα το Arduino, γεγονός που του δίνει πληθώρα δυνατοτήτων και άρα δυνατών χρήσεων στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά του Raspberry Pi 3 Model B

802.11n Wireless LAN	Combined 3.5mm audio jack and composite video
Bluetooth 4.1	Camera interface (CSI)
1 GB RAM	Display interface (DSI)
4 USB ports	Micro SD card slot (now push-pull rather than push-push)
40 GPIO pins	VideoCore IV 3D graphics core
Full HDMI port	1.2 GHz 64-bit quad-core ARMv8 CPU
Ethernet port	

Στην κάρτα SD που δέχεται το RPi, είναι δυνατόν να εγκατασταθούν διάφορα Λειτουργικά Συστήματα (Λ.Σ.), ενώ είναι επίσης δυνατή και με ελάχιστες εξαιρέσεις, η ταυτόχρονη ύπαρξή τους, με δυνατότητα επιλογής ενός από αυτά κατά την εκκίνηση. Σνηθέστερη επιλογή αποτελεί ίσως το λειτουργικό σύστημα Raspbian (Raspbian, 2016), μια διανομή βασισμένη στο Debian Linux. Όμως διατίθενται και πολλά άλλα Λ.Σ. τρίτων, όπως το Ubuntu MATE (<https://ubuntu-mate.org/raspberry-pi/>), τα Windows 10 IoT (https://developer.microsoft.com/el-gr/windows/iotW10_IoT), το PiNet (PiNet, 2016). Υπάρχουν ακόμη διάφορες εξειδικευμένες διανομές που εύκολα μετατρέπουν το RPi σε σύστημα διαχείρισης και αναπαραγωγής πολυμέσων, ήχου και παιχνιδιών, όπως το LibreElec, το OSMC, το Volumio, το Happy Game Center.

Μεταξύ των προεγκατεστημένων εργαλείων ανάπτυξης λογισμικού στο Λ.Σ. Raspbian, διακρίνονται τα προγραμματιστικά περιβάλλοντα της Python 2 και 3, το Minecraft Pi (pi.minecraft.net/), το Scratch (<https://scratch.mit.edu/>), το Wolfram Mathematica (<https://www.wolfram.com/raspberry-pi/>). Είναι όμως δυνατή η εγκατάσταση και διδακτική αξιοποίηση μιας πληθώρας εργαλείων ανάπτυξης λογισμικού, όπως τα ακόλουθα:

- BlueJ (www.bluej.org/raspberrypi/). Java για αρχάριους.
- Greenfoot (www.greenfoot.org/). Εισαγωγή στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό με Java.
- Ninja IDE (ninja-ide.org/). Περιβάλλον προγραμματισμού Python.
- Squeak Smalltalk (squeak.org/).
- Processing (<https://processing.org/>). Περιβάλλον προγραμματισμού γραφικών για χρήση στην εκπαίδευση.
- Arduino IDE (www.arduino.cc/). Περιβάλλον προγραμματισμού Arduino.

Ένα ισχυρό χαρακτηριστικό του Raspberry Pi είναι το υποσύστημα GPIO, το οποίο παρέχει μια σειρά από 40 ακροδέκτες (I/O pins) γενικού σκοπού. Αποτελεί μια φυσική διασύνδεση του RPi με το εξωτερικό περιβάλλον του, ώστε να είναι δυνατή η άντληση/αποστολή πληροφοριών, μέσω σημάτων, από/προς τον πραγματικό κόσμο.

Συνεπώς το RPi μπορεί να λειτουργήσει ως ελεγκτής άλλων συσκευών ή αισθητήρων και να υποστηρίξει εφαρμογές PhC, με έναν τρόπο διαφορετικό από τους απλούστερους ελεγκτές, όπως είναι ο μικροελεγκτής Arduino. Τονίζουμε την ενσωματωμένη δυνατότητά του για ασύρματη επικοινωνία wifi και bluetooth, χαρακτηριστικό που του προσδίδει ισχυρό πλεονέκτημα στην υλοποίηση δικτυακών και διαδικτυακών εφαρμογών.

Το RPi, ως υπολογιστής με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, μπορεί να λειτουργήσει τόσο ως ανεξάρτητη μονάδα (stand-alone) όσο και να ενταχθεί σε μια αρχιτεκτονική δικτύου τύπου client-server. Στη δεύτερη αυτή περίπτωση, μπορεί να λειτουργήσει είτε ως thin client, λύση LTSP (www.ltsp.org, www.berryterminal.com) είτε ως fat client, λύση PiNet pinet.org.uk.

Από την εμφάνισή του Raspberry Pi, το 2012, ήταν ήδη σαφής ο εκπαιδευτικός προσανατολισμός του. Το μικρό μέγεθος και η φορητότητά του το καθιστούν κατάλληλο για ενσωμάτωση σε κάθε είδους ρομποτικές ή γενικότερα διαδραστικές προγραμματιζόμενες κατασκευές. Η χρήση του στην εκπαίδευση υποστηρίχθηκε και συνεχίζει με αυξανόμενο ρυθμό, με πολλές έρευνες και προτάσεις, τη δημιουργία εφαρμογών για σχολεία ή και την μεταφορά-υλοποίηση σε RPi υπαρχουσών προτάσεων άλλων συστημάτων, όπως στο (Μπελεσιώτης, Κόκκινος, 2012; Λουκάτος, Μακρυγιάννης, Μπελεσιώτης, 2014), αλλά και με την σύσταση ενεργών κοινοτήτων και εκπαιδευτικών ομάδων γύρω από αυτό.

3. Μελέτη περίπτωσης

3.1 Η ιδέα, ποιός, πότε, πώς

Στο 5ο Γ.Ε.Α. Βύρωνα Αττικής, το Δεκέμβριο 2015, δημιουργήθηκε ένα σχολικό εργαστήριο Πληροφορικής-Υπολογιστών αποτελούμενο από σταθμούς εργασίας (clients) με Raspberry Pi 2 και έναν κεντρικό εξυπηρετητή (server) με Κ.Μ.Ε. έναν επεξεργαστή Intel i3. Το εργαστήριο αυτό χαρακτηρίστηκε ως *Εργαστήριο Ανοιχτών Τεχνολογιών* για δύο κυρίως λόγους: (α) τα συστατικά του μέρη, υλικό και λογισμικό, είναι ανοικτού κώδικα (open source) και (β) δημιουργήθηκε με την προοπτική υλοποίησης των διδακτικών και εξωδιδακτικών δραστηριοτήτων που θα φιλοξενήσει με *ανοιχτές τεχνολογίες*. Η πρόταση προήλθε από τον Οργανισμό Ελεύθερου Λογισμικού/Λογισμικού Ανοιχτού Κώδικα -ΕΕΛ/ΛΑΚ (ΕΕΛΛΑΚ, 2016), ο οποίος χορήγησε στο σχολείο το σύνολο του εξοπλισμού και υποστήριξε την εγκατάσταση και την αρχική του λειτουργία. Επίσης είχε την καθοριστική συμβολή του Διευθυντή του σχολείου Αναστάσιου Φλώρου. Το εργαστήριο λειτουργήσε πιλοτικά, υποστηρίζοντας επαρκώς όλα τα μαθήματα Πληροφορικής, κατά το διάστημα 1/2016 – 6/2016, ενώ αποτελεί πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της διδασκαλίας της Πληροφορικής, των υπολοίπων δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τις Νέες Τεχνολογίες, καθώς και στην υποστήριξη της σχολικής καινοτομίας.

3.2 Ανάλυση – Σχεδίαση – Υλοποίηση

Στο στάδιο της ανάλυσης απαιτήσεων διαπιστώθηκαν από τον Οργανισμό ΕΕΛ/ΛΑΚ τα προβλήματα λειτουργίας των σχολικών εργαστηρίων, τα οποία όπως περιγράφηκε εισαγωγικά οφείλονται στο υπάρχον πλαίσιο λειτουργίας. Καταγράφηκαν επίσης ανάγκες που απορρέουν από τη δυναμική φύση του μαθήματος της Πληροφορικής, η κυριότερη από τις οποίες είναι η ανάγκη ύπαρξης ενός περιβάλλοντος που θα παρέχει κίνητρα και υλικό στους μαθητές, ώστε να αναλάβουν *δημιουργική* πρωτοβουλία, μετατρέποντάς τους από παθητικούς καταναλωτές ψηφιακών προϊόντων σε δημιουργούς αυτών.

Μετά την αναζήτηση πιθανών λύσεων και την εξέταση δυνατών επιλογών, η σχεδιαστική πρόταση βασίστηκε στη χρήση RPi για τους σταθμούς εργασίας, διασυνδεδεμένους με έναν εξυπηρετητή αρχιτεκτονικής x86. Η δυναμική διαμόρφωση των RPi σε fat ή thin clients, συνεπάγεται την ανάγκη για την ταχύτερη δυνατή επικοινωνία με τον εξυπηρετητή, γι' αυτό και ο βασικός εργαστηριακός εξοπλισμός συμπληρώθηκε με ένα gigabit switch. Από πλευράς λογισμικού, ο ξεκάθαρος προσανατολισμός προς το ανοιχτό λογισμικό, οδήγησε στην επιλογή του Ubuntu Linux ως το λειτουργικό σύστημα για τον server.

Εδώ να σημειώσουμε ότι, η προσθήκη LTSP πακέτων στο βασικό σύστημα του server και η επιλογή μιας συμβατής LTSP client έκδοσης για τα RPi, δημιουργεί μια αρχιτεκτονική τύπου thin-clients. Η προσθήκη πακέτων PiNet στον server και η αντίστοιχη διαμόρφωση των RPi δημιουργεί αρχιτεκτονική τύπου fat-clients. Τέλος, η εγκατάσταση κάποιας Linux διανομής για ARM επεξεργαστές με χαρακτηριστικό παράδειγμα το Raspbian, οδηγεί σε εργαστήριο με αυτόνομους σταθμούς εργασίας, όπου ο server προσφέρει κοινόχρηστους πόρους και την πολιτική πρόσβασης. Αυτές ήταν οι τρεις σχεδιαστικές προτάσεις από πλευράς αρχιτεκτονικής του εργαστηρίου, οι οποίες και δοκιμάστηκαν διαδοχικά κατά την πιλοτική λειτουργία.

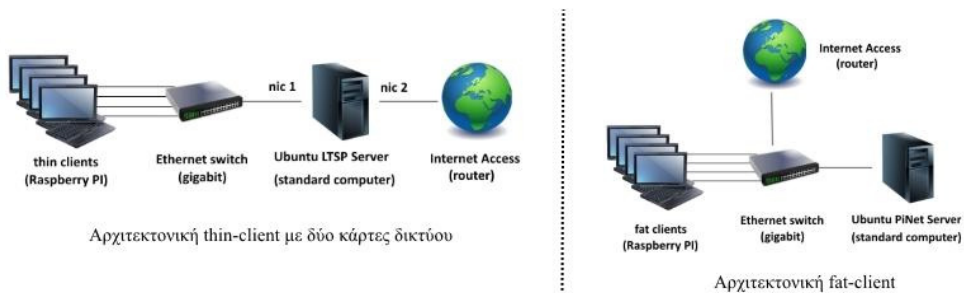
Η υλοποίηση του σχεδιασμού έγινε σε δύο φάσεις. Αρχικά, εγκαταστάθηκε στο σχολικό εργαστήριο ο εξής εξοπλισμός (πίνακας 2), συνοδευόμενος από τα απαραίτητα περιφερειακά.

Ως πρώτη επιλογή δοκιμάστηκε η αρχιτεκτονική thin-clients. Στον server εγκαταστάθηκε Ubuntu 14.04 με LTSP και στους σταθμούς εργασίας το Berry Terminal. Χρησιμοποιήθηκαν και οι δύο κάρτες δικτύου του server και ενεργοποιήθηκε σε αυτόν η DHCP υπηρεσία προς τα RPi (εικόνα 1). Εγκαταστάθηκαν, επίσης, εφαρμογές γραφείου Libre Office (LibreOffice, 2016), το περιβάλλον προγραμματισμού Processing, το περιβάλλον προγραμματισμού Arduino, λογισμικό για 3D printing, το λογισμικό Eropotes (<http://ts.sch.gr/wiki/Linux/eroptes>) κλπ. Το εργαστήριο λειτούργησε πιλοτικά στην μορφή αυτή για χρονικό διάστημα 2 περίπου μηνών.

Πίνακας 2. Εξοπλισμός Εργαστηρίου

Server	Δίκτυο
CPU INTEL CORE I3 3.70GHZ	24 PORT GIGABIT ETHERNET SWITCH
RAM 8GB (2X4GB) DDR3 1600MHZ	Σταθμοί Εργασίας (12)
HDD 1TB 7200.14 SATA3	RASPBERRY PI 2 MODEL B

Στη συνέχεια προστέθηκε στο server ένας δεύτερος σκληρός δίσκος, στον οποίο εγκαταστάθηκε Ubuntu 14.40 με PiNet, ώστε να δοκιμαστεί η αρχιτεκτονική fat-clients. Η αλλαγή του λειτουργικού στα RPi έγινε με επανεγγραφή των SD καρτών τους. Μια άλλη επιλογή θα ήταν η αγορά δεύτερης SD κάρτας ανά σταθμό εργασίας (εικόνα 1).

**Εικόνα 1.** Αρχιτεκτονικές Εργαστηρίου με Raspberry Pi

Το PiNet αποτελεί ένα κεντρικό σύστημα διαχείρισης εργαστηρίου το οποίο βασίζεται στο LTSP, αλλά διαμορφώνει τα RPi ως fat clients. Επιτρέπει εργασίες όπως: η μαζική δημιουργία λογαριασμών χρηστών, η μαζική ενημέρωση των clients, όταν αλλάζει η IP του server κλπ., η δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας, η συλλογή εργασιών των μαθητών. Τα RPi εκκινούν μέσω του server και στη συνέχεια λειτουργούν βασιζόμενα στους δικούς τους υπολογιστικούς πόρους, με πλήρη πρόσβαση στο υλικό, όπως για παράδειγμα τα GPIO pins. Τα δεδομένα των χρηστών αποθηκεύονται στο server και οι λογαριασμοί σύνδεσης είναι προφανώς δικτυακοί. Ο server δεν παρέχει υπηρεσίες DHCP στους clients.

Το εργαστήριο λειτούργησε αμιγώς στη μορφή αυτή για δύο περίπου εβδομάδες. Στη συνέχεια κάποια από τα RPi διαμορφώθηκαν ως ανεξάρτητοι σταθμοί εργασίας με Raspbian και λειτούργησαν παράλληλα με τους PiNet σταθμούς, ενώ η δικτυακή αρχιτεκτονική του εργαστηρίου δεν άλλαξε.

Ας σημειωθεί πως οι εγκαταστάσεις των ανωτέρω λειτουργικών συστημάτων και οι αντίστοιχες διαμορφώσεις του δικτύου δεν αποτελούν αποκλειστικές λύσεις.

Κατά το διάστημα της πιλοτικής του λειτουργίας, το εργαστήριο φιλοξενούσε περισσότερους από 150 μαθητές για περισσότερες από 15 ώρες ανά εβδομάδα. Χαρακτηριστική ήταν η ύπαρξη 6 τμημάτων Πληροφορικής στην Α' τάξη του Σχολείου κατά το σχολικό έτος 2015-2016, με τη διδασκαλία του μαθήματος *Εφαρμογές Πληροφορικής* να υλοποιείται αποκλειστικά στο Εργαστήριο Ανοιχτών Τεχνολογιών, από τον Ιανουάριο του 2016 μέχρι το τέλος του σχολικού έτους για όλα τα τμήματα. Ενδεικτικά, κατά το διάστημα αυτό οι μαθητές της Α' τάξης ασχολήθηκαν στην πράξη με θέματα όπως: (α) ενότητα Διαδίκτυο - υλοποίηση σε HTML5, (β) ενότητα ασφάλεια - εξάσκηση στην PGP κρυπτογράφηση, (γ) ενότητα προγραμματισμός - επικοινωνία με το υλικό, μέσω των GPIO pins των RPi. Παράλληλα, το εργαστήριο φιλοξένησε τις εργασίες της *Ομάδας Πληροφορικής* του Σχολείου (μαθήματα: C++, προετοιμασία για τον Πανελλήνιο Διαγωνισμό Πληροφορικής), καθώς και τις εργασίες του *Σχολικού Hackerspace* (κατασκευές με Arduino, Raspberry Pi, Processing, C, Python) (Ρόμπολα, 2015). Παράλληλα, έγινε απλούστερη χρήση του εργαστηρίου, χωρίς προβλήματα, στο πλαίσιο Ερευνητικών Εργασιών, για εργασίες όπως η αναζήτηση πληροφοριών στο Διαδίκτυο, η σύνταξη κειμένων, η δημιουργία παρουσιάσεων. Η εγγραφή των μαθητών στο πρόγραμμα της Βουλής των Εφήβων και η εργασία τους στην πλατφόρμα efinoi.gr ολοκληρώθηκε επίσης χωρίς προβλήματα. Τέλος, το μάθημα της Χημείας Γ' τάξης Θετικής Κατεύθυνσης διεξήχθη επανειλημμένα στο εργαστήριο, με τη χρήση του λογισμικού Eportres.

3.3 Λειτουργία και αποτελέσματα

Η χρήση του Εργαστηρίου Ανοιχτών Τεχνολογιών, κατά το προαναφερθέν διάστημα, ήταν διττή: εξωδιδασκικά, όπου λειτούργησε σε αυτό το Σχολικό Hackerspace, και εντός σχολικού ωραρίου, όπου χρησιμοποιήθηκε για την διενέργεια των μαθημάτων Πληροφορικής, ερευνητικών εργασιών κ.ά.

Στο πλαίσιο του Σχολικού Hackerspace οι μαθητές εργάστηκαν σε ένα ελεύθερο περιβάλλον, επιλέγοντας οι ίδιοι το θέμα των εργασιών-κατασκευών τους, το ρυθμό εργασίας τους και τους συνεργάτες τους. Οι κατασκευές των μαθητών υλοποιήθηκαν:

(α) Αποκλειστικά με χρήση Arduino. Ενδεικτικά αναφέρουμε τα: αυτόματο ποτιστικό σύστημα, φωτιστικό που αντιδρά στις συνθήκες του περιβάλλοντος, φωτεινοί κύβοι που υλοποιούν διάφορα εφέ, μηχανικό χέρι που αντιγράφει την κίνηση ανθρώπινου χεριού, μουσικοί ακροδέκτες και ηλεκτρονικό πιάνο, παιχνίδια όπως "Simon Says" και "Πέτρα-Ψαλίδι-Χαρτί", όπου το πρόγραμμα που υλοποιεί τις εφαρμογές έχει γραφεί στην γλώσσα προγραμματισμού του Arduino.

(β) Αποκλειστικά με χρήση RPi, όπως για παράδειγμα κονσόλα παιχνιδιών arcade, εφαρμογή υπολογισμού της αντίστασης του αέρα σε κινούμενο αντικείμενο, όπου το πρόγραμμα που υλοποιεί τις εφαρμογές έχει γραφεί σε προγραμματιστικό περιβάλλον που λειτουργεί στο RPi (Python, Processing).

(γ) Με Arduino και RPi, όπως για παράδειγμα Τρίλιζα, Ultra-Sonic Plane Game, Μουσικά Ποτήρια, όπου ο κώδικας που υλοποιεί το γραφικό και ηχητικό μέρος της εφαρμογής τρέχει στο RPi, σε Processing, ενώ η συλλογή και αρχική επεξεργασία των πληροφοριών από το περιβάλλον γίνεται στο Arduino.

Στο πλαίσιο του μαθήματος Πληροφορικής, οι κατασκευές με Arduino και Raspberry Pi ήταν αναγκαστικά απλούστερες και εντάχθηκαν ως δραστηριότητες στις διάφορες ενότητες του αναλυτικού προγράμματος. Και στις δύο όμως περιπτώσεις, η πιλοτική χρήση του *Εργαστηρίου Ανοιχτών Τεχνολογιών* ήταν ικανοποιητική σε πολύ μεγάλο βαθμό. Εξαιρέση αποτέλεσαν οι online εφαρμογές και υπηρεσίες που απαιτούν επιτάχυνση γραφικών, χαρακτηριστικό που δεν υπάρχει στα RPi 2, προστέθηκε όμως στα RPi 3 μαζί με ταχύτερο επεξεργαστή.

Η διδασκαλία του προγραμματισμού διαφόρων μορφών (διαδικαστικός προγραμματισμός με C και Python, αντικειμενοστραφής προγραμματισμός με Processing, προγραμματισμός Arduino σε Codebender και σε Arduino IDE) υλοποιήθηκε απρόσκοπτα. Εξαιρετικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα νέα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα που περιλαμβάνονται στη βασική διανομή του Raspbian, όπως το Minecraft Pi για την γλώσσα Python (PSF, 2016).

Η εισαγωγή των μαθητών στο PhC διευκολύνθηκε εξαιρετικά εξαιτίας της ύπαρξης των GPIO pins στα RPi. Όλοι οι μαθητές και των 6 τμημάτων Πληροφορικής της Α΄ τάξης είχαν τη δυνατότητα να συνδέσουν απλά χειριστήρια δικής τους κατασκευής στα GPIO pins και να προγραμματίσουν την επικοινωνία τροποποιώντας δικό τους κώδικα παιχνιδιού, τον οποίο είχαν υλοποιήσει σε Processing κατά το Α΄ τετράμηνο. Αυτό, ώστε ο χειρισμός του παιχνιδιού να γίνεται πλέον από το χειριστήριο κι όχι από το πληκτρολόγιο. Το πλήθος των μαθητών, δεν αποτέλεσε ανασταλτικό παράγοντα σε αυτή τη δραστηριότητα, καθώς δεν απαιτήθηκε επιπλέον υπολογιστικό υλικό, για παράδειγμα ο μικροελεγκτής Arduino και οι μαθητές εκμεταλλεύτηκαν τις δυνατότητες που τους παρείχε ο ίδιος ο σταθμός εργασίας RPi. Επιπλέον, η θετική ανταπόκριση των μαθητών δημιούργησε ενθαρρυντική προοπτική για μελλοντικές διδακτικές παρεμβάσεις αυτού του είδους.

Από πλευράς διδακτικής μεθοδολογίας, παρατηρήθηκε η διευκόλυνση της *εξατομικευμένης μάθησης* σε ικανοποιητικό βαθμό στο πλαίσιο της σχολικής τάξης και σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό στο πλαίσιο του Σχολικού Hackerspace. Κάθε μαθητής υλοποιούσε το ελάχιστο απαιτούμενο που έθετε συνεργατικά ο εκπαιδευτικός ως παραδοτέο και στη συνέχεια μπορούσε να επεκταθεί με οδηγό τις δικές του ιδέες, να ψάξει, να βρει λύσεις και να τις υλοποιήσει. Τελικά, να ανακαλύψει ο ίδιος νέες για τον ίδιο γνώσεις.

Σημαντική, τέλος, είναι η ύπαρξη μιας ενεργούς κοινότητας ανθρώπων, εκπαιδευτικών και μη, γύρω από τα RPi, οι οποίοι προτείνουν ιδέες, ανακοινώνουν καλές πρακτικές και βοηθούν στην επίλυση τεχνικών δυσκολιών. Από την πλευρά του καθηγητή Πληροφορικής, απαιτείται ένα πρώτο επίπεδο γνώσης του Λ.Σ. Linux και βέβαια

διάθεση για ανανέωση του μαθήματος με χρήση ανοιχτού υλικού και λογισμικού και με δημιουργικό προσανατολισμό.

4. Συμπεράσματα και προτάσεις

Οι υπολογιστές κάρτας, όπως το Raspberry Pi, αποτελούν έναν σχετικά πρωτόγνωρο για τα δεδομένα των ελληνικών σχολείων, τύπο υπολογιστή και μπορούν να ενταχθούν υπό όρους στο σχολικό περιβάλλον, με κάθε εφαρμογή τους να έχει μειονεκτήματα αλλά και πλεονεκτήματα.

Οι συγγραφείς οραματιζόμαστε ένα διδακτήριο με ελεύθερη πρόσβαση σε πηγές μάθησης, πράγμα που προϋποθέτει και απαιτεί ευκολία πρόσβασης στην τεχνολογία, ένα διδακτήριο που να διαθέτει τόσο εργαστήρια υπολογιστών όσο και υπολογιστές "διαδρόμου", τάξης και ειδικών χρήσεων (αμφιθέατρα, βιβλιοθήκες). Μια τέτοια κατανομή συστημάτων δημιουργεί θέματα προς επίλυση, όπως είναι το κόστος, η φύλαξη, η έγκαιρη αναβάθμιση, η διόρθωση βλαβών. Οι συνήθεις διαδικασίες απόκτησης μαζικού εξοπλισμού, κυρίως από το 2000, δεν μπορούν προφανώς να ανταποκριθούν στις ανάγκες αυτές, καθώς είναι πλέον φανερό ότι οι σχολικές μονάδες δεν μπόρεσαν να αντικαταστήσουν τα παλαιωμένα συστήματα και να καλύψουν έτσι τις στοιχειώδεις ανάγκες των μαθημάτων. Πόσο μάλλον να αποκτήσουν και να διαμορφώσουν υπολογιστικές μονάδες που θα βοηθούσαν στην ελεύθερη πρόσβαση των μαθητών σε πηγές μάθησης και στην υποστήριξη της καινοτομίας στα σχολεία. Έτσι, πιστεύουμε ότι λύσεις υπολογιστών κάρτας, όπως σήμερα τα Raspberry Pi, μπορούν να λειτουργήσουν πολύ ικανοποιητικά προς την κατεύθυνση της ανοιχτής πρόσβασης στην τεχνολογία και της παροχής αυθεντικής πληροφορικής εκπαίδευσης.

Πιο αναλυτικά, ενδεικτικές χρήσεις υπολογιστικών συστημάτων, που μπορούν να υποστηριχτούν και από τα RPi σε σχολικές μονάδες είναι οι εξής:

(α) Διασύνδεση με το Διαδίκτυο για πληροφόρηση εκπαιδευτικών, επιτέλεση βασικών διοικητικών εργασιών του σχολείου, όπως για παράδειγμα η γραμματειακή υποστήριξη, η αναζήτηση και συλλογή πληροφοριών από τους μαθητές στο πλαίσιο εργασιών ή μαθημάτων.

(β) Διασύνδεση με άλλα συστήματα για εκτυπώσεις, ανταλλαγή υλικού μεταξύ εξυπηρετητών, καταναεμημένη λειτουργία όπως σε λύσεις LTSP κ.ά.

(γ) Υποστήριξη διδασκαλίας με υπολογιστή τάξης και προβολή διδακτικού υλικού.

(δ) Εργαστήριο υπολογιστών, για την διεξαγωγή τόσο μαθημάτων Πληροφορικής όσο και άλλων και ανάλογα με την πρόθεση των εκπαιδευτικών των υπολοίπων κλάδων να χρησιμοποιήσουν ψηφιακά εργαλεία στη διδακτική τους πράξη. Άλλωστε υπάρχει μια πληθώρα λογισμικών γενικού ή ειδικού σκοπού και εκπαιδευτικών λογισμικών για την αρχιτεκτονική των ARM επεξεργαστών και το λειτουργικό σύστημα Linux, ώστε να είναι καλύπτονται οι περισσότερες βασικές απαιτήσεις όλων των ειδικοτήτων από

πλευράς οργάνωσης του μαθήματός τους. Βέβαια, μπορεί να παρατηρηθεί και αδυναμία εκτέλεσης κάποιων λογισμικών, αν για παράδειγμα βασίζονται σε πρότυπα που αντικαθίστανται από άλλα, για παράδειγμα η εγκατάλειψη Flash εφαρμογών και αντικατάστασή τους με HTML5, ή αν οι τεχνικές τους απαιτήσεις κυρίως σε μνήμη, ξεπερνούν τις δυνατότητες του RPi. Ας σημειωθεί, ωστόσο, ότι παρόμοια προβλήματα εμφανίζονται συχνότατα στα υπάρχοντα κλασσικά εργαστήρια, ιδίως λόγω ανεπαρκούς μνήμης των υπολογιστών, παλαιότητάς τους και έκδοσης Λ.Σ. ή Κ.Μ.Ε. παλαιού τύπου.

Οι σχολικές μονάδες που έχουν τη δυνατότητα απόκτησης ενός "κλασσικού τύπου" σύγχρονου εργαστηρίου Πληροφορικής, προτείνουμε να δημιουργήσουν παράλληλα και χωρίς ιδιαίτερη αύξηση του συνολικού κόστους, ένα δεύτερο εργαστήριο *Ανοιχτών Τεχνολογιών* με Raspberry Pi. Το εργαστήριο αυτό θα καλύπτει τις εφαρμογές PhC και θα δημιουργεί εξαιρετικές συνθήκες βιωματικής προσέγγισης του διδακτικού αντικειμένου της Πληροφορικής και όχι μόνο. Στην περίπτωση όμως που οι συνθήκες αυτές δεν υπάρχουν, με βασική την οικονομική δυνατότητα τότε σαφώς και μπορεί ένα τέτοιο εργαστήριο να υποστηρίξει το σχολείο, ως αποκλειστικό σχολικό εργαστήριο Πληροφορικής τόσο σε διοικητικές εργασίες όσο και στη διδακτική πράξη. Άλλωστε, όπως αναφέρθηκε, υπάρχει τέτοιο εργαστήριο και λειτουργεί ήδη.

Αναφορές

Οι αναφορές που σχετίζονται με πηγές Διαδικτύου, ανακτήθηκαν τον 7/2016

Arduino (2016). <http://www.arduino.cc>

LibreOffice (2016). <https://el.libreoffice.org/>

O'Sullivan, D., Igoe, T. (2014). *Physical Computing: Sensing and Controlling the Physical World with Computers*, Thomson, ISBN-13: 008-2039503462 ISBN-10: 159200346X, Edition: 1st.

PiNet (2016). <https://pinet.org.uk/>

PSF (2016). Python Software Foundation. Μη κερδοσκοπικός οργανισμός για την προώθηση, προστασία και εξέλιξη της γλώσσας Python.
<https://www.python.org/psf/>

Raspberry (2016). <http://www.raspberrypi.org>. Ο επίσημος δικτυακός τόπος του Raspberry Pi.

Raspbian (2016). Διανομές της έκδοσης Raspbian του Debian Linux.
<https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/>

RPi.GPIO (2016). Άρθρωμα λογισμικού για έλεγχο των εξόδων GPIO του Raspberry Pi. Δικτυακός τόπος υποστήριξης και ανάπτυξης
<https://pypi.python.org/pypi/RPi.GPIO>.

- Λουκάτος Δ., Μακρυγιάννης Η., Μπελεσιώτης Β. (2014). Αξιοποίηση του Arduino στη εκπαιδευτική διαδικασία. Μελέτη περίπτωσης. Συνέδριο *Η Πληροφορική στην Εκπαίδευση (6th CIE2014)*, Πειραιάς, Πρακτικά με ISBN: 978- 960-578-005-00.
- ΕΕΛΛΑΚ (2016). Οργανισμός Ανοιχτών Τεχνολογιών – ΕΕΛΛΑΚ, <http://www.eellak.gr/>
- Μπελεσιώτης, Β., & Κόκκινος, Γ. (2012). Εκπαιδευτική Ρομποτική και Arduino. 4ο Συνέδριο *Η Πληροφορική στην Εκπαίδευση (CIE2012)*, Πειραιάς, 5-7 Οκτ. 2012.
- Ρόμπολα Ε. (2015). Οργανώνοντας ένα Σχολικό Hackerspace. 7ο συνέδριο *Η Πληροφορική στην Εκπαίδευση (7th CIE2015)*, Πειραιάς, Πρακτικά συνεδρίου ISBN: 978- 960-578-010-4 σ. 36-47.

Abstract

This paper focuses on single-board credit-card sized, low-cost computers, which given their advantages, such as low acquisition and zero maintenance, are efficient and therefore should play a key role in the Hellenic Primary and Secondary education levels. Our proposal concerns a series of potential use cases for such computers and methods to integrate them within the school environment primarily in relation to the Computer Science lab. In addition, we propose a novel solution for the school's Computer Science lab and the support of classes in a real educational environment, and present results from its extended evaluation over several months. Finally, we detail a series of proposals for the use of such computers pertaining to the implementation of Physical Computing applications. We believe that, in practice, their appropriate application can improve the computing equipment of the school, enabling it to cope with the demands of new technologies.

Keywords: School Computer Science lab, Innovative Education practices , Open Technologies, Single-board credit-card sized computers, Physical Computing, Raspberry Pi