

# Λογισμικό ανοικτού κώδικα και επεξεργαστές χαμηλής κατανάλωσης: Ο εξυπηρετητής των 9 Watt

Δημήτριος Σοφός<sup>1</sup>, Νικόλαος Μανθάτης<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Τεχνικός Υπεύθυνος ΚΕ.ΠΑΗ.ΝΕ.Τ. Μεσολογγίου  
dsfos@sch.gr

<sup>2</sup> Υπεύθυνος ΚΕ.ΠΑΗ.ΝΕ.Τ. Μεσολογγίου  
nmanth@sch.gr

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια πρόταση για την εισαγωγή μιας πλατφόρμας ανοικτού λογισμικού που παρέχει επιπλέον βελτίωση της ενεργειακής διαχείρισης των σχολείων. Αυτή η πρόταση μπορεί να λειτουργήσει παράλληλα με την τυπική υλοποίηση των συστημάτων thin clients. Αντικαθιστώντας τον εξυπηρετητή, ο οποίος είναι ένας ενεργοβόρος υπολογιστής γενικού τύπου, με μια πλατφόρμα με επεξεργαστή ARM χαμηλής κατανάλωσης, παρουσιάζονται σημαντικά αποτελέσματα. Αυτά προέκυψαν από τις δοκιμές μας και συνοδεύονται από ποιοτική και ποσοτική επεξεργασία. Με συνολικό κόστος περίπου στα 100€, αυτή η πλατφόρμα αποτελεί μια οικονομική και ρεαλιστική περίπτωση υλοποίησης ελεύθερου λογισμικού / λογισμικού ανοικτού κώδικα (ΕΛ/ΛΑΚ) στην εκπαίδευση. Οι λειτουργίες που μπορεί να παρέχει είναι οι υπηρεσίες δικτύου, όπως ο εξυπηρετητής web, ο δρομολογητής, το τείχος προστασίας, ο διαμεσολαβητής, αλλά και εφαρμογές υψηλών απαιτήσεων, όπως είναι η κεντροποιημένη διαχείριση των τομέων (domain) των Windows που χρησιμοποιούνται στο εργαστήρια πληροφορικής.

**Λέξεις κλειδιά:** ενεργειακή διαχείριση, Linux, ΕΛ/ΛΑΚ, ARM, SheevaPlug.

## Abstract

The present work is a proposal to introduce open-source software that provides an additional improvement of school energy management. This proposal can work in parallel with the typical implementation of thin-clients systems. We can see remarkable results by replacing the server, which is a high-consumption general-purpose computer, with a platform with a low-consumption ARM processor. These results derive from our tests and they are accompanied by qualitative and quantitative processing. With a total cost of about 100€, this platform is an economical and realistic case of free and open source software (FOSS) implementation in education. The functions it can provide are network services such as the web server, router, firewall, proxy but also demanding applications, such as Windows domain's central management, which are used in computer labs.

**Key words:** energy management, Linux, FOSS, ARM, SheevaPlug.

## ***1. Εισαγωγή***

Η πρόσφατη τάση για ενσωμάτωση του ελεύθερου λογισμικού και λογισμικού ανοικτού κώδικα στην υποδομή της εκπαίδευσης είναι έντονη. Ενώ μέχρι τώρα η υλοποίηση thin clients βασισμένων στο Linux Terminal Services Project, (LTSP) αποτελεί το κυρίαρχο παράδειγμα υλοποίησης, η εξέλιξη της τεχνολογίας επηρεάζει τις προβλέψεις. Με την έλευση των netbook καθώς και της πλατφόρμας επεξεργαστών «Atom» για επιτραπέζιους υπολογιστές με εξαιρετικά χαμηλό κόστος, ανατρέπεται η κυριαρχία του Terminal Server σε ό,τι αφορά το πλεονέκτημα που είχε λαμβάνοντας υπόψη αυστηρά τεchnοοικονομικά κριτήρια. Επιπλέον, η δυσκολία, ακόμα και σήμερα, της προσαρμογής στο Linux καθώς η απαίτηση αλλαγής των δικτυακών δομών του σχολείου αποτελούν τροχοπέδη στην εξέλιξη αυτή.

Ένα άλλο σημαντικό κομμάτι είναι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στη συζήτηση που γίνεται για τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος των σχολείων, οι υπολογιστές και οι δικτυακές συσκευές έχουν τη συμβολή τους.

Στην εργασία αυτή, παρουσιάζεται μια πρόταση για αντικατάσταση του εξυπηρετητή του σχολικού εργαστηρίου με μια πλατφόρμα χαμηλής κατανάλωσης και την αξιοποίησή της με χρήση ελεύθερου λογισμικού και λογισμικού ανοικτού κώδικα. Η πρόταση αυτή θα αναλυθεί ως εξής: Στη δεύτερη παράγραφο θα δοθεί εν συντομία η δομή του εργαστηρίου πληροφορικής. Στην τρίτη παράγραφο θα αναφερθούμε στο ρόλο του εξυπηρετητή και τις παρεχόμενες υπηρεσίες. Στην τέταρτη παράγραφο θα αναλύσουμε τον τρόπο υλοποίησης των υπηρεσιών αυτών από το Linux. Στην πέμπτη παράγραφο θα παρουσιάσουμε την ολοκλήρωση της προτεινόμενης πλατφόρμας μέσα στο σχολικό εργαστήριο. Τέλος, θα παραθέσουμε τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την υλοποίηση της παραπάνω πρότασης.

## ***2. Το σχολικό εργαστήριο***

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές (Τομέας Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, EAITY, ΥΠΕΠΘ, 2004), το εργαστήριο αποτελείται από έναν αριθμό ηλεκτρονικών υπολογιστών συνδεδεμένων σε ένα τοπικό δίκτυο με αρχιτεκτονική πελάτη-εξυπηρετητή. Ο εξυπηρετητής αναλαμβάνει την υλοποίηση του μεγαλύτερου τμήματος της λειτουργικότητας του εργαστηρίου σε ό,τι αφορά στις προσφερόμενες υπηρεσίες και στην εφαρμογή της πολιτικής χρήσης αυτών των υπηρεσιών.

## ***3. Ο ρόλος του εξυπηρετητή***

### ***3.1 Κεντρική αυθεντικοποίηση και πιστοποίηση των χρηστών***

Ο εξυπηρετητής του σχολικού εργαστηρίου παρέχει την αυθεντικοποίηση και πιστοποίηση των χρηστών για όλες τις υπηρεσίες του σχολικού εργαστηρίου. Ο χρήστης χρησιμοποιεί τον ίδιο λογαριασμό και κωδικό πρόσβασης σε όλους τους σταθμούς εργασίας βάσει του οποίου έχει πρόσβαση σε όλες τις υπηρεσίες που

επιτρέπεται. Στόχος είναι να μην υπάρχουν τοπικοί λογαριασμοί χρηστών στους σταθμούς εργασίας ώστε να απλουστευτεί η διαχείριση του σχολικού εργαστηρίου.

### **3.2 Κεντρική αρχειθέτηση**

Όλοι οι μαθητές έχουν προσωπικό κατάλογο στον εξυπηρετητή του σχολικού εργαστηρίου ώστε η πρόσβαση σε αυτόν τον κατάλογο να είναι ανεξάρτητη του σταθμού εργασίας που χρησιμοποιούν. Οι μαθητές επιπλέον έχουν πρόσβαση και στους κοινόχρηστους φάκελους που επίσης βρίσκονται στον εξυπηρετητή.

### **3.3 Επιτάχυνση της πρόσβασης των σταθμών εργασίας στον παγκόσμιο ιστό με caching ιστοσελίδων**

Ο εξυπηρετητής έχει λογισμικό που υλοποιεί caching των ιστοσελίδων (proxy server) τις οποίες «ξεφυλλίζουν» οι χρήστες ώστε να πραγματοποιείται ταχύτερη πρόσβαση των σταθμών εργασίας στον παγκόσμιο ιστό και έλεγχος πρόσβασης σε τοποθεσίες.

### **3.4 Αυτοματοποιημένη επανεγκατάσταση του σχολικού εργαστηρίου**

Είναι συχνά αναγκαία η άμεση αποκατάσταση προβλημάτων που δεν οφείλονται σε σφάλματα υλικού. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν τα λάθη στη ρύθμιση λειτουργικών συστημάτων ή εφαρμογών, στην εγκατάσταση νέων εφαρμογών, στο σβήσιμο αρχείων συστήματος, λογικά λάθη στο σύστημα αρχείων, κ.λπ.

## **4. Υλοποίηση των παραπάνω υπηρεσιών στο Linux**

Για τον εξυπηρετητή, η αντικατάστασή των λειτουργιών του από λογισμικό ανοικτού κώδικα μόνο πλεονεκτήματα έχει να προσφέρει. Με βάση τα παραπάνω, μπορούμε να παρουσιάσουμε τις υπηρεσίες αυτές όπως υλοποιούνται στο λειτουργικό σύστημα του Linux με χρήση ΕΛ/ΛΑΚ, διατηρώντας τη συμβατότητα για τα δίκτυα Windows.

### **4.1 Κεντρική αυθεντικοποίηση και πιστοποίηση των χρηστών στο Linux**

Το λογισμικό ανοικτού κώδικα «Samba» υλοποιεί στο Linux τα δικτυακά πρωτόκολλα των Windows ώστε να είναι εφικτή η επικοινωνία των Windows με το Linux. Σήμερα η Samba έκδοσης 4 βρίσκεται σε στάδιο προχωρημένης ανάπτυξης και προσφέρει επίσης υπηρεσίες αυθεντικοποίησης και πιστοποίησης χρηστών, βασισμένες στο Active Directory. Οι συγκεκριμένες υπηρεσίες καταλόγου είναι αντίστοιχες αυτών που μας παρέχει το λειτουργικό των Windows 2003 Server.

### **4.2 Κεντρική αρχειθέτηση στο Linux**

Η Samba επιτρέπει τον διαμοιρασμό αρχείων και εκτυπωτών μεταξύ υπολογιστών χρησιμοποιώντας τα δικτυακά πρωτόκολλα της Microsoft. Η υλοποίηση αυτή σε

δίκτυα βασισμένα στο πρωτόκολλο TCP/IP αποτελεί το σταθερό πρότυπο από τα Windows 2000 και μετά.

### **4.3 Επιτάχυνση της πρόσβασης των σταθμών εργασίας στον παγκόσμιο ιστό με caching ιστοσελίδων στο Linux**

Αν και το λογισμικό που υλοποιεί το caching των ιστοσελίδων (proxy server), αντικαταστάθηκε πρόσφατα από το ανοικτό λογισμικό squid, (Τομέας Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, ΕΑΙΤΥ, ΥΠΕΠΘ, 2009), έχει τη σημασία του ότι προέρχεται από το Linux όπου εκτελείται ομαλότερα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί γραφικό περιβάλλον διαχείρισης, όπως είναι το «dansguardian» και το «squidguard».

### **4.4 Αυτοματοποιημένη επανεγκατάσταση του σχολικού εργαστηρίου στο Linux**

Η αυτοματοποιημένη επανεγκατάσταση του σχολικού εργαστηρίου μπορεί να επιταχυνθεί σημαντικά με χρήση ενός εξυπηρετητή ειδώλων (εικόνων) σκληρού δίσκου για τους σταθμούς εργασίας. Έχοντας ήδη ασχοληθεί με τη λειτουργία του εξυπηρετητή του εργαστηρίου ως εξυπηρετητής εκκίνησης καθώς και με τη λειτουργία κεντρικών μενού εκκίνησης, επιβεβαιώνεται ότι η διαδικασία μπορεί να λειτουργήσει άμεσα και με επιτυχία. (Σοφός, Δ. και Μανθάτης, Ν., 2009)

## **5. Linux και ΕΛ/ΛΑΚ στην αρχιτεκτονική επεξεργαστών ARM**

Η πρόοδος που έχει επιτευχθεί στο Linux και στο ελεύθερο λογισμικό έχει ως αποτέλεσμα οι πλατφόρμες υλικού στις οποίες μπορούν να λειτουργήσουν να αυξάνονται συνεχώς. Η υποστήριξη επεξεργαστών χαμηλής κατανάλωσης, όπως είναι οι επεξεργαστές αρχιτεκτονικής ARM, συνεισέφεραν στο να επεκταθεί η χρήση Linux και ΕΛ/ΛΑΚ σε δικτυακές συσκευές όπως δρομολογητές, μεταγωγείς, κινητά τηλέφωνα και στην πλειονότητα των συσκευών με απαιτήσεις χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας. Στον Πίνακα 1 γίνεται σύγκριση της κατανάλωσης ισχύος μεταξύ συστημάτων με σύγχρονους επεξεργαστές και περιφερειακών συσκευών.

**Πίνακας 1:** Ενδεικτική ισχύς υπολογιστικών συστημάτων και συσκευών

<b>Σύστημα</b>	<b>Ισχύς αδράνειας (Watt)</b>	<b>Ισχύς σε φορτίο (Watt)</b>
AMD Athlon 64	75	105
Intel Core 2 Quad	109	180
Intel Pentium 4	115	161
Thinkpad R52 (P-Mobile)	27	50
Cisco router	7	10
SheevaPlug (ARM)	6	9
Οθόνη CRT	40	100
Οθόνη TFT	20	50

### 5.1 Η πλατφόρμα ανάπτυξης SheevaPlug

Η πλατφόρμα SheevaPlug είναι μια πλατφόρμα ανάπτυξης με σκοπό να χρησιμοποιηθεί ως συσκευή μόνιμης λειτουργίας. Έχει μέγεθος ενός τροφοδοτικού και μπορεί να τοποθετηθεί απευθείας επάνω στην πρίζα ή μέσω καλωδίου τροφοδοσίας. Έχει σχεδιαστεί να εκτελεί κυρίως δικτυακές υπηρεσίες εφόσον δεν περιλαμβάνει υποσύστημα γραφικών. Η επικοινωνία γίνεται είτε από τη σειριακή θύρα είναι με απομακρυσμένο κέλυφος εντολών. Περιέχει ένα σύστημα σε ολοκληρωμένο κύκλωμα (System on Chip) με επεξεργαστή αρχιτεκτονικής ARM στους 1.2 GHz. Η έκδοση που δοκιμάστηκε ενσωματώνει αναγνώστη ψηφιακής κάρτας SD, θύρα USB 2.0 και gigabit ethernet. Απεικονίζεται στο Σχήμα 1, στο εσωτερικό ενός ικρίωματος, πάνω από ένα δρομολογητή για λόγους σύγκρισης.



*Σχήμα 1: Η πλατφόρμα SheevaPlug (λευκό χρώμα)*

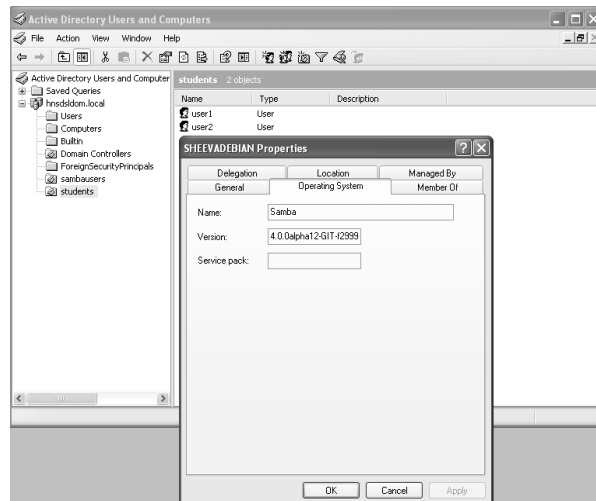
Στο κομμάτι που αφορά στο λειτουργικό σύστημα, υπήρξε αρχικά η υποστήριξη του Ubuntu 9.04 για ARM, παρέχοντας τη δυνατότητα εγκατάστασης της πλειονότητας των προγραμμάτων που είναι διαθέσιμα και για τη διανομή του Ubuntu για τους επεξεργαστές της Intel (x86). Από την άλλη η διανομή Debian παρέχει υποστήριξη για το συγκεκριμένο επεξεργαστή διαθέτοντας επίσης μια πλειάδα εφαρμογών. Σκοπός των δοκιμών μας, ήταν να εξεταστεί κατά πόσο μπορεί η συγκεκριμένη πλατφόρμα να αντικαταστήσει τον εξυπηρετητή ή και κάποιες δικτυακές συσκευές σε ένα σχολικό εργαστήριο. Κύριοι άξονες των δοκιμών μας ήταν οι εξείς:

- Ο εξυπηρετητής, παρόλο που δεν έχει οθόνη, να ικανοποιεί πλήρως τις απαιτήσεις για το σχολικό εργαστήριο.
- Να δοκιμαστεί ως δρομολογητής (με χρήση usb modem).
- Να δοκιμαστεί ως ασύρματο σημείο πρόσβασης (με χρήση usb κάρτας).
- Να εκτιμηθεί η συμβολή στη μείωση κατανάλωσης ενέργειας αλλά και στη μείωση του κόστους, λόγω χρήσης ελεύθερου ανοικτού λογισμικού.

Θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στο βαθμό επίτευξης των παραπάνω στόχων.

## 5.2 Η πλατφόρμα SheenaPlug σε ρόλο Windows 2003 Server

Πέρα από την εγκατάσταση των σταθμών εργασίας, απαραίτητη είναι η διαδικασία διαμόρφωσης του Τομέα (domain) του σχολικού εργαστηρίου. Η διαδικασία που ακολουθείται γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες για εγκατάσταση της Samba έκδοσης 4 σε μια διανομή Debian (Tridgell, A., Schneider, A., 2010). Για την περαιτέρω διαμόρφωση του Τομέα παρέχονται από τους προγραμματιστές σενάρια (scripts) για βασικές λειτουργίες, όπως προσθήκες χρηστών, αλλαγές κωδικών και διαμόρφωση πολιτικών όπως αυτές επιβάλλονται από τα εγχειρίδια χρήσης των σχολικών εργαστηρίων. Παρόλα αυτά, για την ευκολότερη διαχείριση χρηστών και υπολογιστών, είναι δυνατή η απομακρυσμένη διαχείριση από ένα σταθμό εργασίας με χρήση του δωρεάν πακέτου «διαχειριστή Τομέα της Microsoft», (Σχήμα 2).



Σχήμα 2: Διαχείριση χρηστών και υπολογιστών

## 5.3 Η πλατφόρμα SheenaPlug σε ρόλο μόντεμ – δρομολογητή

Το Linux αποτελεί ιδανικό λειτουργικό σύστημα για υλοποίηση πινάκων δρομολόγησης σε συνδυασμό με τείχος προστασίας για ένα τυπικό δίκτυο όπως αυτό του σχολικού εργαστηρίου. Εκμεταλλευόμενοι τη θύρα USB, μπορεί να λειτουργήσει ως ADSL δρομολογητής αφού σχεδόν όλα τα ADSL μόντεμ αναγνωρίζονται και υποστηρίζονται τα αντίστοιχα προγράμματα οδήγησης για το Linux. Προσθέτοντας μόνο 1,5 Watt στη συνολική κατανάλωση της συσκευής, δίνεται η δυνατότητα να προστεθεί αυτή η σημαντική λειτουργία έστω και ως εφεδρεία.

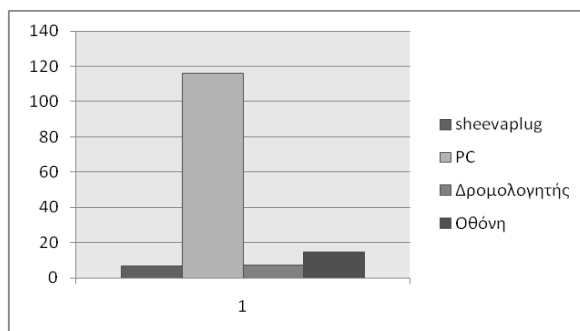
## 5.4 Η πλατφόρμα SheenaPlug σε ρόλο ασύρματου σημείου πρόσβασης

Ακολουθώντας την ίδια φιλοσοφία και είτε απευθείας, είτε με τη χρήση ενός διανομέα (hub) θυρών USB, μπορεί να προστεθεί και μία ασύρματη κάρτα. Με την

προϋπόθεση και σε αυτήν την περίπτωση της ύπαρξης προγράμματος οδήγησης για τη συγκεκριμένη κάρτα, μπορεί να προστεθεί η λειτουργία του ασύρματου σημείου πρόσβασης που αφορά κυρίως φορητούς υπολογιστές σε αίθουσες χωρίς καλωδίωση.

### 5.5 Η συμβολή της πλατφόρμας στην εξοικονόμηση ενέργειας

Ανατρέχοντας στον Πίνακα 1 και λαμβάνοντας υπόψη τυπικές τιμές λειτουργίας των υπολογιστικών συστημάτων μαζί με τις περιφερειακές συσκευές, συμπεραίνουμε ότι κατέχουν ένα όχι και τόσο αμελητέο μερίδιο στην κατανάλωση ενέργειας σε μια υποδομή όπως είναι το εργαστήριο υπολογιστών σε ένα σχολείο. Θέτοντας τυπικές τιμές λειτουργίας που είναι οι 4 ώρες λειτουργίας καθημερινά και οι 180 ημέρες λειτουργίας το χρόνο έχουμε το διάγραμμα που απεικονίζεται στο Σχήμα 3.



**Σχήμα 3:** Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας σε KWatt

Αν αναγάγουμε τους αριθμούς που αντιστοιχούν στην ετήσια κατανάλωση ενέργειας, στο κόστος αλλά και στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος σε Χγμ διοξειδίου του άνθρακα. Σε κάθε περίπτωση, η αντικατάσταση μιας συσκευής με μία λιγότερο ενεργοβόρα μας παρέχει όφελος και στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις. Με βάση τον υπολογιστή διοξειδίου του άνθρακα της GreenPeace (<http://www.greenpeace.org/greece/137368/137462#call1>) μπορούμε να συνοψίσουμε το όφελος σε ωριαία χιλιobάτ (ΩXB), χιλιόγραμμα διοξειδίου του άνθρακα (Χγμ CO<sub>2</sub>) και κόστος σε ευρώ το χρόνο. Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν σε κάθε σχολικό εργαστήριο και, παρόλο που είναι σχετικά μικρές, υπενθυμίζουμε ότι αφορούν ένα μέρος των πλεονεκτημάτων που παρέχει η πλατφόρμα (Πίνακας 2).

**Πίνακας 2:** Ετήσιες τιμές ΩXB CO<sub>2</sub> και κόστους εξυπηρετητών

Σύστημα	Ισχύς σε φορτίο (Βαττ)	ΩXB ανά έτος	Χγμ CO <sub>2</sub> ανά έτος	Ετήσιο κόστος (€)
Εξυπηρετητής + οθόνη	211	151,92	167,1	21,27
Δρομολογητής Cisco	10	7,2	7,9	1,01
SheevaPlug (ARM)	9	6,48	7,1	0,91
SheevaPlug (+ usb μόντεμ)	11	7,92	8,7	1,11

## **5.6 Άλλες εφαρμογές**

Η ενσωμάτωση ενός ευέλικτου εξυπηρετητή στο σχολείο θα μπορούσε επίσης να συνεισφέρει στην ανάπτυξη δραστηριοτήτων βασισμένων στο web. Η λειτουργία της πλατφόρμας ως μόνιμου εξυπηρετητή web με εξωτερική πρόσβαση δεν δημιουργεί ανησυχίες, λόγω ακριβώς της πολύ χαμηλής κατανάλωσης. Ενθαρρύνεται έτσι η συμμετοχή μαθητών σε συνεργατικές δραστηριότητες όπως wiki, blogs αλλά και σε δραστηριότητες ηλεκτρονικής μάθησης βασισμένης στο moodle.

## **Συμπεράσματα**

Η πρόταση που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Εκτός από την ενθάρρυνση της χρήσης ελεύθερου και ανοικτού λογισμικού στη θέση του εμπορικού, δίνει την προοπτική μιας ολοκληρωμένης λύσης που βρίσκεται όμως ακόμα σε δοκιμαστικό στάδιο. Ακολουθώντας τις προδιαγραφές των σχολικών εργαστηρίων, είδαμε ότι μπορεί να αντικαταστήσει την πλειονότητα των υπηρεσιών του εξυπηρετητή αλλά και να υποκαταστήσει κάποιες δικτυακές συσκευές είτε ως μόνιμη είτε ως εφεδρική λύση. Τέλος, ως μια σύγχρονη λύση, αποτελεί μια άριστη περίπτωση εφαρμογής χαμηλού κόστους που συνεισφέρει στην περιβαλλοντική διαχείριση λόγω της αμελητέας κατανάλωσης και του μικρού όγκου.

## **Παρατηρήσεις**

Τεχνικές οδηγίες για την υλοποίηση των παραπάνω λειτουργιών από την αρχή μπορούν να αναζητηθούν στον ιστοχώρο: <http://users.sch.gr/dsofos>.

## **Ευχαριστίες**

Ευχαριστούμε το 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο Μεσολογίου για το εργαστήριο που διέθεσε.

## **Βιβλιογραφία**

- Σοφός, Δ. και Μανθάτης, Ν. (2009). Thin-Clients στα Σχολικά Εργαστήρια Πληροφορικής: Σημαντικές Βελτιώσεις και Επεκτάσεις. *3η Πανελλήνια Δημερίδα Καθηγητών Πληροφορικής, Αλεξανδρούπολη, 3,4 Απριλίου 2009*.
- Τομέας Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, ΕΑΙΤΥ, ΥΠΕΠΘ (2004), Αρχιτεκτονική Σχολικών Εργαστηρίων, «Τεχνική Στήριξη Πληροφοριακών Συστημάτων Σχολικών Μονάδων», <http://ts.sch.gr>.
- Τομέας Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, ΕΑΙΤΥ, ΥΠΕΠΘ (2009), Αρχιτεκτονική Σχολικών Εργαστηρίων, «Οδηγίες εγκατάστασης και ρύθμισης διακομιστή μεσολάβησης Squid, έκδοση 2.0», <http://ts.sch.gr>.
- Tridgell, A., Schneider, A., «Samba 4 Howto», Ανακτήθηκε 11 Φεβρουαρίου 2010, από [http://wiki.samba.org/index.php/Samba4/HOWTO#Samba4\\_HOWTO](http://wiki.samba.org/index.php/Samba4/HOWTO#Samba4_HOWTO).