



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ**

**ΠΜΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ RASPBERRY PI  
ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

Παναγιώτης Μάριος Στέργιος

Επιβλέπουσα: Σπυριδούλα Μαργαρίτη

Άρτα , Απρίλιος, 2023

**SYSTEMATIC STUDY IN COMPUTER NETWORKS TEACHING  
WITH THE USE OF RASPBERRY PI**

© Στέργιος, Παναγιώτης Μάριος, 2023.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

## **Δήλωση μη λογοκλοπής**

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία είναι εκ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Στέργιος , Παναγιώτης Μάριος

Υπογραφή

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο να παράσχει τους φοιτητές και τις φοιτήτριες ένα κατάλληλο εργαλείο για τον μάθημα των δικτύων υπολογιστών αξιοποιώντας το Raspberry Pi. Απευθύνεται, τόσο σε μαθητικό/φοιτητικό πληθυσμό δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και περιγράφει αναλυτικά τα βήματα δημιουργίας εργαστηριακών παραδειγμάτων που είναι σε θέση να υλοποιήσουν οι φοιτητές με βασικές γνώσεις δικτύωσης. Αναφέρονται μέθοδοι διδασκαλίας που εφαρμόζονται για τη διδασκαλία μαθημάτων δικτύωσης. Στους φοιτητές και τις φοιτήτριες παρέχονται θεωρητικές γνώσεις και στην κατανόησή τους συμβάλλουν οι ρεαλιστικές, πρακτικές εργαστηριακές ασκήσεις υλοποιημένες πάνω στο Raspberry Pi. Με μικρός κόστος θα μπορούν να προμηθευτούν το Raspberry Pi το οποίο έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί σε πολλά project, συνεπώς είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για όλα τα έτη φοίτησης. Η επιλογή του Raspberry Pi ήταν η βέλτιστη επιλογή γιατί έχει πολύ μικρό κόστος απόκτησης, είναι πολύ εύκολο στη μεταφορά λόγω του μικρού μεγέθους του, είναι πλήρως συμβατό με Linux το οποίο το καθιστά ένα υπολογιστή τσέπης. Τέλος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια πληθώρα μαθημάτων σε σχολεία αλλά και πιο απαιτητικά μαθήματα σε προπτυχιακό αλλά και σε μεταπτυχιακό επίπεδο. Οι φοιτητές μπορούν να δημιουργήσουν το δικό τους project χωρίς περιορισμούς ανάλογα με την φαντασία και τις δυνατότητες τους.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1.ΚΙΝΗΤΡΟ.....	9
1.2.ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	9
1.3.ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	9
2. ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ.....	10
2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	10
2.2 ΓΙΑΤΙ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑΙ ΤΑ ΔΙΚΤΥΑ .....	13
2.3 ΠΛΑΙΣΙΑ ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ ΓΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ .....	14
2.3.1HARDWARE TESTBED.....	17
2.3.2SIMULATOR.....	17
2.3.3EMULATOR.....	18
3.RASPBERRY PI.....	20
3.1ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	20
3.2 ΥΛΙΚΟ – ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ.....	20
3.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ.....	22
4. ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ RASPBERRY PI.....	23
4.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ.....	23
4.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ RASPBERRY PI....	24
4.2.1 ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	24
4.2.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ INTERNET ROYTER ΜΕ P4Pi.....	26
4.2.3ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ.....	
ΔΙΚΤΥΟΥ.....	28
4.3WIRELESS NETWORK PENETRATION.....	29
4.4ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	34
5. ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ .....	35
5.1ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	35
5.2 RASPBERRY Pi TO ROUTER VIA OpenWRT.....	35
5.2.1ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ RASPBERRY PI ΣΕ ROYTER ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ OpenWRT.....	35
5.2.2 ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	35
5.2.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	35

5.3 RASPBERRY Pi AS A WIRED ROYTER.....	39
5.3.1 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ RASPBERRY PI ΣΕ WIRED ROUTER.....	39
5.3.2 ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	39
5.3.3ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	39
5.4RASPBERRY PI ΣΕ WIRELESS ACCESS POINT.....	52
5.4.1 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ RASPBERRY PI SE WIRELESS ACCESS POINT...52	
5.4.2 ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	53
5.4.3ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	53
6.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	59
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	60

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το διαδίκτυο έχει γίνει ήδη σήμερα η πιο κρίσιμη υποδομή για τη διάδοση πληροφοριών, τις επιχειρηματικές συναλλαγές, τις ανθρώπινες επικοινωνίες, τα ηλεκτρονικά παιχνίδια, τους επιστημονικούς υπολογιστές ακόμη και την εθνική ασφάλεια. Τα δίκτυα συνεπώς κρατούν ένα κυρίαρχο ρόλο στην καθημερινή μας ζωή, για τον απλό χρήστη του διαδικτύου χρησιμεύουν στην επικοινωνία αλλά και για ηλεκτρονικές συναλλαγές που κάνουν την ζωή μας πιο εύκολη. Το διαδίκτυο μπορεί να ειπωθεί από δύο πλευρές: α) ως ένα σύνολο υλικού και λογισμικού που αλληλοσυνδέονται και αλληλοεπιδρούν β) μια υποδομή για την παροχή υπηρεσιών σε καταναμημένες εφαρμογές και που είναι ικανό να υποστηρίξει τη μεταφορά διαφόρων τύπων δεδομένων και να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις των εφαρμογών για επικοινωνία, καθώς εκτελούνται πάνω από αυτό [1]. Το κύριο χαρακτηριστικό των δικτύων είναι η γενικότητα, δηλαδή, σχεδιάζονται και υλοποιούνται όχι για να υποστηρίξουν μια εφαρμογή ή μια κατηγορία εφαρμογών, αλλά κάθε είδους εφαρμογή που απαιτεί τη μεταφορά οποιοδήποτε τύπου δεδομένων. Τα σημερινά δίκτυα παρέχουν πρόσβαση στην πληροφορία, διευκολύνουν την επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων μεταφέροντας τα μηνύματά τους, υποστηρίζουν τη διάδοση και την ανάπτυξη του ηλεκτρονικού εμπορίου, αποτελούν κοινό τόπο διασκέδασης και συνεπάγονται την πανταχού παρουσία υπολογισμού με την παροχή συνδεσιμότητας σε κάθε συσκευή ή αντικείμενο (IoT) (Tanenbaum). Ο υπολογιστής έχει γίνει αναπόσπαστο μέρος στην καθημερινότητα μας όχι μόνο για επαγγελματικές δραστηριότητες αλλά και για προσωπική χρήση. Καθώς εξελίσσεται η τεχνολογία, η δικτύωση μπήκε στο προσκήνιο και από την τεχνολογία ενσύρματου δικτύου μεταφερθήκαμε στην τεχνολογία του ασύρματου δικτύου. Σε καθημερινή βάση ο κάθε άνθρωπος χρησιμοποιεί το διαδίκτυο για τη δουλειά του, το διαδίκτυο δεν είναι κάτι άλλο από ένα μεγάλο δίκτυο το οποίο συνδέει υπολογιστές σε όλο τον κόσμο. Στον κόσμο της πληροφορικής, οι πληροφορίες είναι ένα μέσο που μας βοηθά να καθοδηγούμε τις καθημερινές μας επαγγελματικές και προσωπικές λειτουργίες. Με τη χρήση των δικτύων στην καθημερινότητα επιτυγχάνονται[2]:

- καλύτερος τρόπος επικοινωνίας για τις επιχειρήσεις,
- βελτίωση επικοινωνίας, οικονομική αποδοτική κοινή χρήση πόρων,
- βελτίωση της απόδοσης και του όγκου αποθήκευσης,
- μείωση κόστους λογισμικού,
- αύξηση της αποτελεσματικότητας, ευκολία και ευελιξία,
- κοινή χρήση αρχείων, κοινή χρήση περιφερειακών και
- πρόσβαση στο διαδίκτυο, διαδικτυακό παιχνίδι, φωνή μέσω IP (VoIP).

Όλες αυτές οι δυνατότητες και τα πλεονεκτήματα των δικτύων οφείλονται εν μέρει στο εξειδικευμένο υλικό και λογισμικό που ως βασικά συστατικά δομούν το δίκτυο. Ανάμεσα σε αυτά, κυρίαρχη θέση καταλαμβάνουν οι μεταγωγείς και οι δρομολογητές. Όμως, για τη σχεδίαση, τη λειτουργία, και τη διαχείριση των δικτύων



θα πρέπει πρώτα να κατανοηθεί πλήρως ο τρόπος δόμησης, λειτουργίας και διατήρησης ή αναβάθμισης. Επίσης, η ραγδαία εξέλιξη των Δικτύων Υπολογιστών έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργηθούν νέες θέσεις εργασίας στην περιοχή αυτή.

Οι εκπαιδευτικοί καλούνται να υλοποιήσουν ένα δύσκολο έργο ώστε να διδαχθεί το μάθημα Δικτύων Υπολογιστών και να αντιμετωπίσουν μια σειρά από προκλήσεις, θα πρέπει να σχεδιάσουν πρακτικά σενάρια και να βασιστούν σε φυσικά/εικονικά εργαστήρια ή σε εργαλεία προσομοίωσης που παρέχουν συμπληρωματική γνώση και διευκολύνουν την κατανόηση της ύλης που έχει καλυφθεί στη διάρκεια των διαλέξεων. Επιπλέον, το υλικό του μαθήματος θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να υπάρχει ενεργή συμμετοχή από τους φοιτητές. Ο καθηγητής πρέπει να είναι σε θέση να επιβλέπει τους φοιτητές με σκοπό να βοηθήσει σε τυχόν απορίες και λάθη στην επίλυση των εργασιών. Το εκπαιδευτικό σύστημα θα πρέπει να επαναπροσδιοριστεί με βάσει τις ανάγκες των φοιτητών, στοχευμένο θεωρητικό περιεχόμενο, έμφαση στη συζήτηση και παρουσίαση παραδειγμάτων καλύτερη κατανόηση των ορισμών.

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η συστηματική μελέτη της χρήσης του Raspberry Pi στη διδασκαλία δικτύων υπολογιστών, και πιο συγκεκριμένα η εισαγωγή των μαθητών στα δίκτυα με τρόπο κατανοητό και πρακτικό. Η περιοχή μελέτης που επιλέχθηκε, είναι η χρήση του δρομολογητή και ο ρόλος του στο δίκτυο με τη βοήθεια του Raspberry Pi και πιο συγκεκριμένα το Raspberry Pi 4 model B, όπου εξετάζονται τρία σενάρια. Στόχος της εργασίας είναι η θεωρητική κατάρτιση και η σύγκριση των τριών σεναρίων που αναπτύσσονται εκτενέστερα στα επόμενα κεφάλαια. Στο πρώτο σενάριο γίνεται μια πρώτη επαφή με την αναπτυξιακή πλακέτα Raspberry Pi μετατρέποντάς τη σε Router. Στο δεύτερο σενάριο γίνεται μετατροπή της σε wired router και στο τρίτο σενάριο μετατρέπεται σε access point. Τέλος, σκοπός είναι να δώσει κίνητρο στους φοιτητές να εργαστούν με το συγκεκριμένο εξοπλισμό και να δημιουργήσουν δικά τους σενάρια.

## 1.1 ΚΙΝΗΤΡΟ

Σύμφωνα με τη θεωρία του Bloom[3], (1969) η εργαστηριακή εκπαίδευση αντιστοιχεί στο τρίτο επίπεδο της ταξινομίας, το επίπεδο της εφαρμογής. Οι εργαστηριακές ασκήσεις καθοδηγούν τον μαθητή στην βήμα προς βήμα εκτέλεση μια πρακτικής εργασίας και επιδιώκουν την ενεργητική συμμετοχή του μαθητή. Αυτή η διαπίστωση σε συνδυασμό με τις προκλήσεις για τη διδασκαλία των δικτύων που διατυπώθηκαν παραπάνω, αποτέλεσαν το κίνητρο για την δημιουργία ενός μαθήματος Δικτύων Υπολογιστών με χρήση πλακέτας Raspberry Pi και υλοποίηση πραγματικών σεναρίων. Με την υποστήριξη της εκπαίδευσης μέσω της συγκεκριμένης πλακέτας, η παραδοσιακή εκπαίδευση, εκσυγχρονίζεται με τρόπο πιο αποδοτικό και διασκεδαστικό με την επίλυση των εργαστηριακών ασκήσεων. Η μέθοδος αυτή εξασφαλίζει τη συμμετοχή όλων των μαθητών στην εκμάθηση των δικτύων.

## 1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Τα δίκτυα υπολογιστών εξελίσσονται συνεχώς, γι' αυτό το λόγο έχει προκύψει η ανάγκη για εξειδικευμένο προσωπικό. Η σωστή εκπαίδευση των

φοιτητών πρέπει να αρχίζει από τα πρώτα ακαδημαϊκά εξάμηνα καθώς η περιοχή των δικτύων είναι πολύ μεγάλη. Το μάθημα των δικτύων παρουσιάζεται ως δύσκολο με αδυναμία στην κατανόηση και παρακολούθηση από τους φοιτητές. Το εκπαιδευτικό σύστημα βασιζόμενο στην παραδοσιακή θεωρητική είναι ξεπερασμένο και χωρίς να υπάρχει η δυνατότητα πρακτικής εξάσκησης στην αίθουσα.

Η ανανέωση του εκπαιδευτικού υλικού κρίνεται απαραίτητη σε συνδυασμό με τον υπολογιστή μικρού μεγέθους Raspberry Pi. Ο φοιτητής θα είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει και να πειραματιστεί με όσα έχει διδαχθεί.

### 1.3 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η διπλωματική εργασία χωρίζεται σε δύο μέρη, ένα θεωρητικό που αφορά την παρουσίαση του βασικού θεωρητικού υπόβαθρου και ένα πρακτικό στάδιο. Το πρακτικό στάδιο αφορά την μελέτη των δικτύων με χρήση του Raspberry Pi.

Στο θεωρητικό μέρος γίνεται βιβλιογραφική έρευνα για τους βασικούς ορισμούς των δικτύων και τρόπους προσέγγισης του μαθήματος σε άλλες χώρες. Αρχικά οι φοιτητές θα αρχίσουν να διδάσκονται τους βασικούς όρους δικτύωσης. Ο στόχος αυτών των διαλέξεων είναι να παράσχουμε στους φοιτητές μια γενική γνώση γύρω από τα δίκτυα και τις πρακτικές εκμάθησης που μπορούμε να ακολουθήσουμε. Πιο συγκεκριμένα η δομή της εργασίας έχει ως ακολούθως:

- Στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο παρουσιάζονται οι θεωρητικές έννοιες, απαραίτητες για την εξοικείωση και τη θεωρητική κατάρτιση των φοιτητών ώστε να μπορούν να εργαστούν στο πρακτικό μέρος. Στη συνέχεια αναλύεται η λειτουργία του μαθήματος των δικτύων και γίνεται αναφορά στη χρησιμότητα των δικτύων αλλά και την ανάγκη για εξειδικευμένο προσωπικό. Παρουσιάζεται μια σειρά από πλατφόρμες για την εκπαίδευση δικτύων και την χρησιμότητα τους.
- Στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο του μαθήματος παρουσιάζεται το Raspberry Pi όπου γίνεται μια ιστορική αναδρομή πλακέτα και μια περαιτέρω ανάλυση για το συγκεκριμένο μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί στο μάθημα.
- Στο 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο του μαθήματος παρουσιάζονται εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί με το Raspberry Pi οι οποίες θα βοηθήσουν τους φοιτητές να καταλάβουν τη χρησιμότητα της συγκεκριμένης πλακέτας, τέλος γίνεται αναφορά στον τρόπο προσέγγισης του μαθήματος των δικτύων σε άλλες χώρες.

## 2.ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΙΣΤΩΝ

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας επιφέρει τεράστιες αλλαγές στην κοινωνία μας, αλλάζει τον τρόπο ζωής και ωφελεί το εκπαιδευτικό σύστημα παρέχοντας προς χρήση νέες τεχνολογίες (π.χ. συστήματα προβολής, υπολογιστές, δίκτυο, διαδίκτυο, κ.λπ.). Οι νέες μορφές τεχνολογίας δρουν ως κινητήρια δύναμη για τα εκπαιδευτικά συστήματα και τους παρέχουν νέες εκπαιδευτικές υπηρεσίες αλλά και νέους δρόμους πρόσβασης στην πληροφορία κάνοντας χρήση των δικτύων και του διαδικτύου. όμως, η δικτύωση υπολογιστών δεν είναι απλά ένα εργαλείο για απομακρυσμένη πρόσβαση στις πληροφορίες, ταχεία και αξιόπιστη μεταφορά πληροφορίας ανταλλαγή και διανομή της πληροφορίας. Είναι ένα αναπόφευκτο γνωστικό αντικείμενο της πληροφορικής που καλύπτει και συμπληρώνει πολλούς άλλους τομείς (κοινωνικούς, εργασιακούς, επιχειρηματικούς, κ.ά.). Για παράδειγμα, υπάρχει εξάρτηση από τη δικτύωση για τον διαμοιρασμό και την εκτέλεση προγραμμάτων, ή τη δημιουργία δικτύου ασφάλειας και μηχανισμού προστασίας και απαίτηση από τις επιχειρήσεις για την εξάσκηση των επιχειρηματικών της δραστηριοτήτων σε όλο τον κόσμο[4].

### 2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ

Στην καθημερινή ζωή συναντάμε πολύ συχνά τον όρο δίκτυο. Χρησιμοποιούμε το οδικό δίκτυο, το δίκτυο ύδρευσης, της ηλεκτροδότησης, της κινητής τηλεφωνίας. Τι είναι όμως ένα δίκτυο; Για να γίνει πιο κατανοητό, θα περιγράψουμε ένα γνωστό δίκτυο, το εθνικό οδικό δίκτυο. Με το δίκτυο αυτό ένα σύνολο πόλεων συνδέονται μεταξύ τους μέσω των εθνικών οδών, έτσι ώστε να μετακινείται καθημερινά μεγάλος αριθμός ανθρώπων και εμπορευμάτων. Γενικότερα, με τον όρο δίκτυο εννοούμε ένα σύνολο αντικειμένων (π.χ. τηλεφώνων, υπολογιστών) ή ανθρώπων που συνδέονται με ένα σύνθετο τρόπο μεταξύ τους, για να εξυπηρετούν κάποιο σκοπό [5].

Σύμφωνα με τον Lientz [5] ως δίκτυο ορίζεται, ένα σύνολο από υπολογιστές οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους σε ένα δίκτυο γρήγορης μεταφοράς δεδομένων. Δίκτυο επίσης σημαίνει ότι όλοι υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι στο ίδιο δίκτυο θα μοιράζονται μεταξύ τους όλους τους πόρους του δικτύου.

Ο Brewster [6], έδωσε μια διαφορετική προσέγγιση για τα δίκτυα λέγοντας πως χωρίζονται σε τρεις λειτουργίες: μετάδοση, μεταγωγή και σηματοδότηση. Ταξινόμησε επίσης τα σύγχρονα δίκτυα σε δύο κατηγορίες: δίκτυα τοπικής περιοχής (LAN) και δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN). Τα τοπικά δίκτυα περιορίζονται στις εγκαταστάσεις ενός μεγάλου κτηρίου ή μιας πανεπιστημιούπολης. Το δίκτυο λειτουργεί εντός ιδιωτικού χώρου και δεν υπάρχει απαίτηση για δημόσιες εγκαταστάσεις. Τα δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN) είναι δίκτυα στα οποία οι χρήστες βρίσκονται σε διάφορες τοποθεσίες.

Δίκτυο υπολογιστών, είναι ένα σύνολο από δύο ή περισσότερους υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους με ένα ή περισσότερα φυσικά μέσα. Οι υπολογιστές καλούνται κόμβοι (nodes). Κόμβος του δικτύου μπορεί να είναι κάθε είδους

υπολογιστής ή τερματικό, κάθε κόμβος προσδιορίζεται από τουλάχιστον μια αλφαριθμητική τιμή που καλείται διεύθυνση IP ή λογική διεύθυνση [6].

Τα μέλη ενός δικτύου χωρίζονται σε κόμβους:

- Υπολογιστές (Hosts) ή Σταθμούς (Stations).
- Κόμβους (Nodes).

Οι κόμβοι μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους με συνδέσμους (links) με τους εξής τρόπους:

- Σημείο προς σημείο (Point-to-Point).
- Με κοινό μέσο μετάδοσης (Multiple Access).
- Με μεταγωγή (Switching) [7].

Τα δίκτυα με βάση την γεωγραφική τους ανάπτυξη διακρίνονται σε:

- **Δίκτυα ευρείας περιοχής (Wide Area Networks, WAN)**  
Που καλύπτουν αποστάσεις μερικών χιλιομέτρων (συνήθως άνω των 5 km) στην ίδια πόλη, μέχρι χιλιάδων χιλιομέτρων σε διαφορετικές πόλεις – κράτη – ηπείρους. Αποτελούνται από υπολογιστές, τηλεπικοινωνιακές συσκευές και γραμμές.
- **Δίκτυα μικρών αποστάσεων ή τοπικά δίκτυα (Local Area Networks, Lan)**  
Καλύπτουν μικρές αποστάσεις (μερικών εκατοντάδων μέτρων ή λίγων χιλιομέτρων) και περιορίζονται στα πλαίσια μιας επιχείρησης. Ο διαχωρισμός τους από τα δίκτυα ευρείας περιοχής οφείλεται στο ότι χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνικές λειτουργίας.  
Πλεονεκτήματα τοπικών δικτύων:
  - A. Μικρό κόστος ανά χρήστη
  - B. Μεγάλη ταχύτητα μεταφοράς πληροφοριών
  - C. Επεκτασιμότητα
  - D. Βελτιστοποίηση της χρήσης των μηχανημάτων
  - E. Υψηλό επίπεδο παρεχόμενων υπηρεσιών στους χρήστες του δικτύου
- **Αστικά δίκτυα (Metropolitan Area Networks, MAN)**  
Καλύπτουν δίκτυα που δεν ξεπερνούν τα σύνορα μιας πόλης. Είναι ταχύτερα από τα τοπικά δίκτυα και μπορούν να μεταδίδουν εικόνα, φωνή και δεδομένα αποδοτικότερα.

Με βάση τον τηλεπικοινωνιακό φορέα εξυπηρέτησης διακρίνονται σε:

A. Ιδιωτικά δίκτυα (Private Networks)

Ανήκουν εξ ολοκλήρου σε ιδιωτικούς οργανισμούς και χρησιμοποιούν είτε αποκλειστικές γραμμές επικοινωνίας δημόσιων τηλεπικοινωνιακών φορέων (leased lines) χωρίς να τις μοιράζονται με άλλους χρήστες ή ιδιόκτητες γραμμές επικοινωνίας.

B.

### C. Δημόσια δίκτυα (Public Networks)

Εξυπηρετούν τις διασυνδέσεις μεταξύ απομακρυσμένων σημείων. Χρησιμοποιούνται όταν η απόσταση είναι μεγάλη και καθίσταται απαγορευτική, λόγω κόστους, η χρήση αποκλειστικών γραμμών ή όταν ο φόρτος μεταξύ των σημείων δεν είναι μεγάλος και επιτυγχάνεται έτσι μεγαλύτερη ταχύτητα μεταφοράς [8].

Σύμφωνα με τον Δαμήρη [9] το πιο σημαντικό κομμάτι ενός δικτύου είναι ο δρομολογητής (router). Ο δρομολογητής είναι μια συσκευή που δίνει τη δυνατότητα σε όλες τις συσκευές του δικτύου να συνδεθούν στο δημόσιο δίκτυο ή το διαδίκτυο. Ο ρόλος του δρομολογητή στο δίκτυο είναι να μεταφέρει και να λαμβάνει δεδομένα από το τοπικό δίκτυο προς το διαδίκτυο. Όταν ο δρομολογητής λαμβάνει ένα πακέτο δεδομένων, παραπέμπει στον πίνακα δρομολόγησης για να γνωρίζει που να στείλει τα δεδομένα αυτά. Επίσης είναι το κομμάτι του δικτύου που διατρέπει τον μεγαλύτερο κίνδυνο ασφαλείας. Αυτό συμβαίνει γιατί αν κάποιος αποκτήσει πρόσβαση στο δρομολογητή του τοπικού μας δικτύου είναι εύκολο να αποσπάσει πληροφορίες από τις συσκευές που συνδέονται σε αυτό. Οι δρομολογητές διακρίνονται συχνά με βάση το δίκτυο που λειτουργούν. Ένας δρομολογητής σε ένα τοπικό δίκτυο (LAN) ενός μεμονωμένου οργανισμού ονομάζεται εσωτερικός δρομολογητής. Ένας δρομολογητής που λειτουργεί στη βάση του διαδικτύου περιγράφεται ως εξωτερικός δρομολογητής, ενώ ένας δρομολογητής που συνδέει ένα τοπικό δίκτυο με το διαδίκτυο ή ένα δίκτυο ευρείας περιοχής (WAN) ονομάζεται δρομολογητής συνόρων ή δρομολογητής πύλης.

## 2.2 ΓΙΑΤΙ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑΙ ΤΑ ΔΙΚΤΥΑ

Η διδασκαλία και η εκμάθηση πιο αφηρημένων θεμάτων, όπως τα δίκτυα υπολογιστών, όπου απαιτείται υψηλότερο επίπεδο φαντασίας των μαθητών για την κατανόηση προχωρημένων θεμάτων, μπορεί να υποστηριχθεί μέσω μια τεχνικής που ονομάζεται οπτική μάθηση. Οι φοιτητές μπορούν ευκολότερα να κατανοήσουν και να προσαρμόσουν τις πληροφορίες από το θέμα, όταν μπορούν να δουν οπτικά πως πραγματικά λειτουργεί. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να παρουσιάσουν το θέμα χρησιμοποιώντας σχέδια και πρακτικά παραδείγματα, αντί να μιλούν μόνο για θεωρητικά γεγονότα. Η κατανόηση και η εκμάθηση της λειτουργικότητας των δικτύων υπολογιστών είναι μια εργασία για προχωρημένους. Είναι ένα μάθημα το οποίο απαιτεί από τους φοιτητές να αφιερώσουν πολύ χρόνο για την εκμάθηση του. Οι πρακτικές εργαστηριακές εμπειρίες με πρακτικές διαμορφώσεις είναι απαραίτητες για την εκμάθηση των δικτύων υπολογιστών. Οι φοιτητές αρχίζουν να κατανοούν με σαφήνεια τα γεγονότα μόνο όταν έρχονται αντιμέτωποι με πραγματικές περιπτώσεις στο εργαστηριακό περιβάλλον με εξοπλισμό δικτύωσης. Συνεπώς, όσο περισσότερο χρόνο περνούν οι φοιτητές στο εργαστήριο, τόσο καλύτερη κατανόηση γίνεται στο μάθημα των δικτύων.

Τα Δίκτυα Υπολογιστών γίνονται συνεχώς πιο πολύπλοκα για να καλύψουν τις καθημερινές ανάγκες των επιχειρήσεων. Οι περισσότεροι από εμάς επικοινωνούμε

χρησιμοποιώντας δίκτυα υπολογιστών που υποστηρίζονται μέσω υπηρεσιών IP. Οι σχεδιαστές Δικτύων Υπολογιστών είναι τα άτομα που έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο σε αυτόν τον τρόπο επικοινωνίας. Καθώς τα Δίκτυα Υπολογιστών γίνονται όλο και πιο πολύπλοκα, η υποστήριξη και η διαχείριση αυτών των δικτύων γίνεται πρωταρχικό μέλημα των σχεδιαστών δικτύων. Ένα καλά σχεδιασμένο Δίκτυο Υπολογιστών διασφαλίζει τις επενδύσεις που έχουν γίνει στην τεχνολογία δικτύων. Οι ευκαιρίες για τους σχεδιαστές δικτύων προβλέπεται να είναι πολλές, καθώς μικρές και μεγάλες εταιρείες συνειδητοποιούν τη σημασία της ύπαρξης αποτελεσματικών δικτύων. Δεν αρκεί πλέον η σύνδεση ενός αριθμού εξαρτημάτων χωρίς προσεκτικό προγραμματισμό και σχεδιασμό. Ένα καλό Δίκτυο Υπολογιστών δεν είναι τυχαίο, είναι το αποτέλεσμα σχεδιαστών και τεχνικών δικτύων, οι οποίοι είναι σε θέση να επιλέξουν τις καλύτερες λύσεις για τις ανάγκες της επιχείρησης. Η εκπαίδευση στη διαχείριση δικτύων και συστημάτων υπολογιστών είναι εξειδικευμένη εκπαίδευση που εκπαιδεύει τεχνικό προσωπικό με τις απαραίτητες δεξιότητες [9].

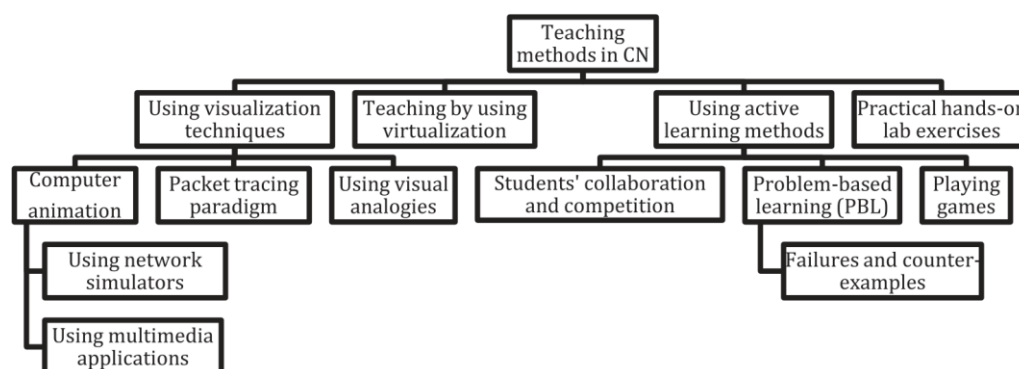
Οι φοιτητές που διδάσκονται δίκτυα υπολογιστών στο σχολείο, θα έχουν περισσότερες γνώσεις για μελλοντικές θέσεις εργασίας. Τα δίκτυα, βοηθούν τους καθηγητές να οργανώσουν καλύτερα διαδικτυακά μαθήματα σε πολλά μέρη ταυτόχρονα. Μπορούν να παρέχουν μαθήματα σε πολλές αίθουσες διδασκαλίας ή σε διάφορα συνέδρια και διαλέξεις. Οι φοιτητές αλλά και οι καθηγητές μπορούν να εργαστούν σε εφαρμογές λογισμικού δικτύου όπως προγράμματα περιήγησης ή ηλεκτρονική αλληλογραφία.

## 2.3 ΠΛΑΙΣΙΑ ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ ΓΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Οι μέθοδοι διδασκαλίας που εφαρμόζονται σε ένα μάθημα Δικτύου Υπολογιστών πρέπει να παρέχουν στους φοιτητές πρακτικές δεξιότητες και να επιτρέπουν την κατανόηση των υποκείμενων θεωρητικών εννοιών, όπως τα επίπεδα δικτύων, τα υποδίκτυα, το τείχος προστασίας ή τα πρωτόκολλα δικτύων. Οι φοιτητές θα πρέπει να είναι σε θέση να μπορούν να συνδυάσουν τη θεωρητική γνώση για τα θέματα δικτύων με την πρακτική γνώση που θα λάβουν μέσω των Δικτύων Υπολογιστών. Οι εκπαιδευτικοί συνεπώς θα πρέπει να εμπλουτίσουν τις προφορικές διαλέξεις που δίδασκαν ως σήμερα με μεθόδους και τεχνικές που θα επιτρέπουν την ενεργό συμμετοχή των μαθητών στη διάλεξη. Στους φοιτητές θα πρέπει να δίνονται εργαλεία εύκολα στη χρήση για την καλύτερη κατανόηση των δικτύων υπολογιστών. Το δίκτυο υπολογιστών θεωρείται ως θεμελιώδης γνώση στον τομέα πληροφορικής γι' αυτό και διδάσκεται σε όλες τις επιστήμες υπολογιστών. Κάθε μάθημα της επιστήμης της πληροφορικής αποτελεί μια πρόκληση τόσο για τους καθηγητές όσο και για τους φοιτητές. Αυτό που αποτελεί πρόκληση για την διδασκαλία των δικτύων υπολογιστών σε σχέση με άλλα μαθήματα όπως ο προγραμματισμός τα λειτουργικά συστήματα ή τις δομές δεδομένων είναι ότι στα υπόλοιπα μαθήματα ο φοιτητής θα πρέπει να ξέρει κάποια βασικά θεωρητικά και περισσότερο πρακτικά για την σωστή κατανόηση του μαθήματος. Στην περίπτωση των δικτύων, το βάρος θα λέγαμε ότι είναι πάνω στο θεωρητικό τμήμα του μαθήματος, καθώς η ύλη βασίζεται κυρίως σε τεχνική τεκμηρίωση και πρότυπα, ειδικά στην περίπτωση που μελετάμε πρωτόκολλα.

Η διδασκαλία των δικτύων υπολογιστών έχει και άλλα προβλήματα, ένα από αυτά είναι ότι ένας υπολογιστής δεν είναι αρκετός για την προσομοίωση παραδειγμάτων ή για την κατασκευή εικονικών δικτύων. Τα δίκτυα υπολογιστών απαιτούν συνεχόμενη εκπαίδευση γιατί τα δίκτυα συνεχώς εξελίσσονται και ο εκπαιδευτικός πρέπει να ενημερώνεται συνεχώς για να μπορούν να διαμορφώνουν και ανάλογα το εκπαιδευτικό τους υλικό. Η μείωση του όγκου των θεωρητικών διαλέξεων και η αύξηση των εργαστηριακών ασκήσεων είναι η κίνηση που θα βοηθήσει τους καθηγητές να βγάλουν σαν συμπέρασμα αν οι φοιτητές κατανόησαν τα δίκτυα υπολογιστών σε θεωρητικό και πρακτικό επίπεδο.

Υπάρχουν διάφορες μελέτες που έχουν γίνει από διάφορους ερευνητές, σχετικά με τις μεθόδους διδασκαλίας των δικτύων υπολογιστών. Υπάρχει μια μελέτη από τους Abdullah και Ehsan οι οποίοι αναλύουν διάφορες μεθοδολογίες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν. Χρησιμοποιούν ως εργαλεία κατανόησης την εκπόνηση εργασιών, πολυμεσικό περιεχόμενο όπως εικόνες βίντεο, παρουσιάσεις περιπτώσεων και υλοποιήσεις με τη βοήθεια προσομοιωτών δικτύων και εργασίες στα εργαστήρια. Ωστόσο, η συγκεκριμένη έρευνα παραμένει επιφανειακή χωρίς να παρέχουν κάποια σαφή στοιχεία [9].



Εικόνα 1. Ιεράρχηση των μεθόδων διδασκαλίας στα δίκτυα υπολογιστών, Πηγή: [9]

Οι μέθοδοι διδασκαλίας Δικτύων Υπολογιστών χωρίζονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες, οι οποίες στη συνέχεια χωρίζονται περαιτέρω σε υποκατηγορίες (Εικόνα 1).

**Οπτικοποίηση:** Η ενσωμάτωση της οπτικοποίησης στη διδασκαλία βοηθά στην έγκαιρη αναγνώριση των λανθασμένων αντιλήψεων των μαθητών, έτσι ο ρόλος της οπτικοποίησης είναι κρίσιμος ειδικά για τις αφηρημένες έννοιες όπως στα δίκτυα υπολογιστών. Η οπτικοποίηση μπορεί να βοηθήσει την μάθηση, αλλά μόνο αν σχεδιαστεί σωστά. Πρέπει να έχει σαφή στόχο. Το βασικό εμπόδιο σύμφωνα με τους ερευνητές είναι ο σχεδιασμός και η προετοιμασία του συγκεκριμένου εργαστηρίου καθώς πρέπει να λάβει υπόψη τη διάρκεια του εργαστηρίου και τις πιθανές δυσκολίες

που μπορεί να αντιμετωπίσουν οι φοιτητές. Πέρα από τις δυσκολίες που προκύπτουν για τους καθηγητές, φαίνεται ότι αυτός συγκεκριμένος τρόπος διδασκαλίας προσφέρει μια πληθώρα από οφέλη στους φοιτητές[10].

Εικονοποίηση: Το βασικό πρόβλημα στην διδασκαλία υπολογιστών είναι ο περιορισμένος αριθμός δικτυακών συσκευών με τις οποίες μπορούν να εργαστούν οι φοιτητές στα εργαστήρια. Για το λόγο αυτό με την μέθοδο της εικονοποίησης δημιουργεί νέο υλικό για την εκπαίδευση των δικτύων. Τα δίκτυα υπολογιστών γίνονται συνεχώς πιο πολύπλοκα, η υποστήριξη και η διαχείριση αυτών των δικτύων γίνεται πρωταρχικό μέλημα των σχεδιαστών δικτύων. Η ιδέα της εικονοποίησης ξεκίνησε από την IBM (1960). Είναι τεχνολογία που δημιουργεί εικονικά αντίγραφα ενός φυσικού συστήματος, τα οποία μπορούν να λειτουργούν στην ίδια πλατφόρμα υλικού ανεξάρτητα.

Σύμφωνα με τις μελέτες [11], η διδασκαλία των δικτύων υπολογιστών μπορεί να υποστηριχθεί με την οπτικοποίηση. Τα εργαστήρια που βασίζονται σε τεχνολογίες εικονοποίησης χρησιμοποιούνται στην πρακτική κατασκευή και λειτουργία δικτύων υπολογιστών. Γίνονται διαθέσιμα στους χρήστες μέσω πλατφορμών εικονοποίησης έχοντας ως στόχο την εξασφάλιση περιβάλλοντος διδασκαλίας και μάθησης με χαμηλό κόστους.

Προσομοίωση δικτύου: Στον σημερινό κόσμο, η οικονομία βασίζεται στο διαδίκτυο και απαιτεί αδιάλειπτη εξυπηρέτηση των πελατών η οποία μπορεί να επιτευχθεί μόνο εάν υπάρχει εξειδικευμένο προσωπικό. Επομένως, η ορθή λειτουργία των δικτύων δημιουργεί την ανάγκη για κατάλληλο προσωπικό για την αντιμετώπιση προβλημάτων όταν αυτά εμφανίζονται. Κρίνεται αναγκαία λοιπόν η δημιουργία προγραμμάτων προσομοίωσης για την εκπαίδευση δικτύων. Προσομοίωση είναι η αναπαράσταση μιας πραγματικής κατάστασης, η ανάπτυξη ενός μοντέλου παρόμοιου με το πραγματικό. Οι φοιτητές θα έχουν τη δυνατότητα μέσω της προσομοίωσης να τρέχουν σενάρια σαν να είναι πραγματικά και με βάση όσων έχουν μάθει θα προσπαθούν να ολοκληρώσουν την άσκηση. Οι φοιτητές ή το προσωπικό μιας εταιρείας θα αποκτήσει γνώση και εμπειρία στα δίκτυα **[Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.]**. Η προσομοίωση δικτύου είναι το πιο βασικό εργαλείο για την εκμάθηση των δικτύων υπολογιστών. Μερικοί από τους προσομοιωτές που χρησιμοποιούνται είναι: Packet Tracer (PT), Graphical Network Simulator (GNS3), Network Simulator (NS2/NS3), NetSim και Optimized Network Engineering Tool (OPNET). Οι προσομοιωτές δικτύων επιτρέπουν την πρακτική εξάσκηση των θεωρητικών εννοιών και οι φοιτητές μπορούν να μάθουν την ύλη των δικτύων υπολογιστών με απλό, ευέλικτο και χαλαρό τρόπο. Διατίθεται ένα φυσικό περιβάλλον όπως η εργασία με πραγματικό εξοπλισμό. Επίσης με τη χρήση προσομοιωτών εξαλείφεται ένα σύνθετο πρόβλημα ανεπάρκειας δικτυακού εξοπλισμού στο εργαστήριο δικτύων. Οι φοιτητές μπορούν να εργάζονται πάνω σε διάφορα project και να κάνουν πρακτική εξάσκηση στους προσομοιωτές χωρίς να υπάρχει πιθανότητα να καταστραφεί ο εξοπλισμός εργαστηρίου. Οι φοιτητές θα είναι σε θέση να συνεχίσουν τις εργασίες τους από το σπίτι, χωρίς να πρέπει να περιμένουν



το επόμενο εργαστηριακό μάθημα για να συνεχίσουν την άσκηση τους. Οι φοιτητές εξοικειώνονται με την χρήση του Packet Tracer (PT) ή του Graphical Network Simulator (GNS3) με την εκπόνηση εργασιών κατά τη διάρκεια του εργαστηρίου. Συγκρίνοντας τους δύο αυτούς προσομοιωτές με το OPNET, προκύπτει ότι είναι πιο γρήγορη η μοντελοποίηση των δικτύων[12].

Φυσικά εργαστήρια: Η πρακτική εμπειρία με πραγματικές συσκευές δικτύου είναι απαραίτητη κατά την εκμάθηση των Δικτύων Υπολογιστών. Οι φοιτητές, αρχίζουν να κατανοούν με σαφήνεια τα γεγονότα μόνο όταν έρχονται αντιμέτωποι με πραγματικές περιπτώσεις στο εργαστηριακό περιβάλλον με εξοπλισμό δικτύωσης. Όσο περισσότερο χρόνο περνούν οι μαθητές στο εργαστήριο, τόσο καλύτερη κατανόηση των σύνθετων γνώσεων δικτύωσης επιτυγχάνεται. Οι φοιτητές μπορούν να δουν σε πραγματικό χρόνο και επομένως να κατανοήσουν ευκολότερα τι πραγματικά συμβαίνει στο δίκτυο, πως ανταλλάσσουν οι υπολογιστές και οι συσκευές δικτύωσης ένα μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου από έναν κεντρικό υπολογιστή προέλευσης προς τον προορισμό .

### 2.3.1 Hardware Testbed

Το Testbed είναι μια προηγμένη δομή δικτύου δοκιμών, η θεωρητική ανάλυση σε συνδυασμό με την προσομοίωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση πραγματικών συστημάτων και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Κάποιες πλατφόρμες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι: Emulab, GENI, PlanetLab και Orbit.

**To Emulab:** είναι ένα δίκτυο δοκιμών, το οποίο παρέχει στους ερευνητές ένα ευρύ φάσμα περιβαλλόντων για την ανάπτυξη, τον εντοπισμό σφαλμάτων και την αξιολόγηση συστημάτων τους. Το όνομα Emulab αναφέρεται τόσο σε μια εγκατάσταση όσο και σε ένα σύστημα λογισμικού. Η κύρια εγκατάσταση του Emulab εκτελείται από το Flux Group, μέρος της Σχολής Πληροφορικής στο Πανεπιστήμιο της Γιούτα. Υπάρχουν επίσης, εγκαταστάσεις του λογισμικού Emulab σε περισσότερες από 24 site σε όλο τον κόσμο. Το Emulab χρησιμοποιείται ευρέως από ερευνητές της πληροφορικής στους τομείς της δικτύωσης [13].

**GENI:** Το GENI παρέχει ένα εικονικό εργαστήριο για τη δικτύωση και την έρευνα και την εκπαίδευση κατανεμημένων συστημάτων. Είναι κατάλληλο για την εξερεύνηση δικτύων σε κλίμακα, προωθώντας έτσι καινοτομίες στην επιστήμη των δικτύων, την ασφάλεια, τις υπηρεσίες και τις εφαρμογές[14].

**PlanetLab:** είναι ένα παγκόσμιο ερευνητικό δίκτυο που υποστηρίζει τη δημιουργία νέων υπηρεσιών δικτύου. Από το 2002 περίπου που κυκλοφόρησε για πρώτη φορά, περισσότεροι από 9.000 ερευνητές σε πανεπιστήμια και ερευνητικά εργαστήρια, σε όλο τον κόσμο χρησιμοποίησαν το PlanetLab για να αναπτύξουν τεχνολογίες για κατανεμημένη αποθήκευση, διανομή περιεχομένου, συστήματα peer-to-peer, κατανεμημένους πίνακες κατακερματισμού, επεξεργασία ερωτημάτων και τηλεμετρία δικτύου[15].

**ORBIT:** είναι ένας εξομοιωτής ασύρματου πεδίου δύο επιπέδων που έχουν σχεδιαστεί για την επίτευξη πειραμάτων, ενώ υποστηρίζει επίσης ρεαλιστική αξιολόγηση πρωτοκόλλων των εφαρμογών. Το RADIO GRID TESTBED χρησιμοποιεί μια νέα προσέγγιση που βασίζεται σε ένα δισδιάστατο πλέγμα 20\*20 προγραμματιζόμενων ραδιοκόμβων που μπορούν να συνδεθούν σε συγκεκριμένες τοπολογίες[16].

### 2.3.2 SIMULATOR

Σε πολλές περιπτώσεις η αναπαράσταση ενός ολοκληρωμένου υπολογιστικού συστήματος είναι αδύνατη ή πολλή ακριβή η υλοποίηση του, τότε ένα μοντέλο προσομοίωσης στον υπολογιστή παρέχει ένα περιβάλλον εργασίας όπου μπορούν να εκτελεστούν διάφορα σενάρια εκπαίδευσης. Τα εργαλεία προσομοίωσης και εξομοίωσης ενός δικτύου είναι ένα σημαντικό εργαλείο για τους φοιτητές με σκοπό να εργαστούν σε διάφορες τεχνολογίες και να προσομοιώσουν ένα ασύρματα δίκτυο.

Ο προσομοιωτής δικτύου OPNET είναι ένα εργαλείο για την προσομοίωση της συμπεριφοράς και της απόδοσης οποιουδήποτε τύπου δικτύου. Η κύρια διαφορά του Opnet Network Simulator σε σύγκριση με άλλους προσομοιωτές έγκειται στη δύναμη και την ευελιξία του. Το IT Guru παρέχει προκατασκευασμένα μοντέλα πρωτοκόλλων και συσκευών. Σας επιτρέπει να δημιουργείται και να προσομοιώνεται διαφορετικές τοπολογίες δικτύου. Το Opnet Network Simulator είναι ένα ανοιχτό δωρεάν λογισμικό[17].

Το ns-3 είναι ένας προσομοιωτής δικτύου διακριτών συμβάντων, που προορίζεται κυρίως για ερευνητική και εκπαιδευτική χρήση. Το ns-3 είναι ελεύθερο λογισμικό, με άδεια χρήσης βάσει της άδειας GNU GPLv2 και είναι δημόσια διαθέσιμο για έρευνα, ανάπτυξη και χρήση.

Ο στόχος του έργου ns-3 είναι να αναπτύξει ένα προτιμώμενο, ανοιχτό περιβάλλον προσομοίωσης για έρευνα δικτύωσης. Έχει δεσμευτεί να δημιουργήσει ένα συμπαγή πυρήνα προσομοίωσης που είναι καλά τεκμηριωμένος, εύκολος στη χρήση και τον εντοπισμό σφαλμάτων όπου θα καλύπτει τις ανάγκες ολόκληρης της ροής εργασιών προσομοίωσης. Η υποδομή λογισμικού ns-3 ενθαρρύνει την ανάπτυξη μοντέλων προσομοίωσης που είναι αρκετά ρεαλιστικά ώστε να επιτρέπουν στο ns-3 να χρησιμοποιείται ως εξομοιωτής δικτύου σε πραγματικό χρόνο [18].

### 2.3.3 EMULATOR

Η εξομοίωση δικτύου είναι η εκτέλεση πραγματικού κώδικα υλοποίησης πρωτοκόλλου δικτύου σε ελεγχόμενο και αναπαραγωγικό περιβάλλον εργαστηριακού δικτύου. Σε αντίθεση με την προσομοίωση δικτύου, τα πρωτόκολλα και οι εφαρμογές καθώς και η αλληλεπίδραση μεταξύ των πρωτοκόλλων είναι πραγματικά. Η κυκλοφορία του δικτύου διασχίζει φυσικά το περιβάλλον εξομοίωσης, στο οποίο τα υποκείμενα πρωτόκολλα δοκιμάζονται και αξιολογούνται έναντι των χρηστών.

Ο εξομοιωτής δικτύου αναφέρεται σε ένα σταθμό εργασίας ή σε μια ομάδα συνδεδεμένων σταθμών εργασίας που μπορεί να μιμηθεί ένα δίκτυο στόχο επιβάλλοντας προκαθορισμένες επιδράσεις δικτύου στη διακινούμενη κυκλοφορία. Ένας εξομοιωτής είναι ένα ανοικτό και επεκτάσιμο δικτυακό περιβάλλον, ώστε να μπορούν να φορτωθούν στο σύστημα εξομοίωσης οποιεσδήποτε μονάδες πρωτοκόλλου. Ο εξομοιωτής EMPOWER λειτουργεί ως κατανεμημένο σύστημα εξομοίωσης δικτύου, αποτελείται ουσιαστικά από ένα αριθμό σταθμών εργασίας τοπικού δικτύου. Οι σταθμοί εργασίας μπορούν χωριστούν σε δύο κατηγορίες: κόμβους εξομοιωτή και κόμβους δοκιμής. Η χρήση εξομοιωτών στο μάθημα Δικτύου Υπολογιστών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη τόσο των πρωτοκόλλων όσο και των εφαρμογών ασύρματων και ενσύρματων δικτύων [19].

## 3.Raspberry Pi

Το Raspberry Pi είναι ένας υπολογιστής σε μέγεθος πιστωτικής κάρτας που αναπτύχθηκε από το Raspberry Pi Foundation, Ηνωμένο Βασίλειο. Η πλακέτα διαθέτει εξαιρετική υπολογιστική ισχύ και είναι ικανή να αναπτύξει εκπληκτικά έργα. Το κόστος του υπολογιστή κυμαίνεται από 5 έως 35 δολάρια και είναι ιδανικό για την εκτέλεση όλων των ειδών των υπολογιστικών εργασιών και τη διασύνδεση διαφόρων ειδών συσκευών μέσω GPIO. Η πλακέτα Raspberry PI περιέχει επεξεργαστή ARM με βάση την Broadcom, chip γραφικών, μνήμη RAM, GPIO και άλλες υποδοχές για εξωτερικές συσκευές. Η διαδικασία λειτουργίας τους Raspberry Pi είναι παρόμοια σε σύγκριση με τον υπολογιστή και απαιτεί πρόσθετο υλικό όπως πληκτρολόγιο, ποντίκι, οθόνη τροφοδοτικό κάρτα sd με εγκατεστημένο λειτουργικό σύστημα (οπού η λειτουργία του είναι η ίδια με του σκληρού δίσκου). Το Raspberry Pi λειτουργεί με πάνω από 30 λογισμικά τα οποία είναι όλα εκδόσεις Linux [20].

### 3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το Raspberry Pi δημιουργήθηκε στο εργαστήριο υπολογιστών του Πανεπιστημίου Cambridge το 2006, ως εμπνευστές αυτής της ιδέας ήταν οι επιστήμονες Eben Upton, Rob Mullins, Jack Lang και Alan Mycroft όπου δημιουργήθηκε η ανησυχία ότι οι προπτυχιακοί φοιτητές πληροφορικής υστερούσαν σε τεχνικές πτυχές πληροφορικής. Ο Eben Upton είναι Βρετανός μηχανικός και δημιουργός του Raspberry Pi και Raspberry Pi Foundation, σπούδασε φυσική και μηχανική στο Πανεπιστήμιο Cambridge. Τα επόμενα χρόνια, εργάστηκε για τις εταιρείες Broadcom, Intel και IBM. Τα επόμενα 6 χρόνια, βασισμένοι σε αυτή την ανησυχία σχεδίασαν μια οικονομική συσκευή η οποία θα βοηθούσε τους φοιτητές να κάνουν εξάσκηση σε μαθήματα προγραμματισμού. Το Raspberry Pi κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 2012 με δύο εκδόσεις. Η δεύτερη έκδοση ήταν και πιο ισχυρή και έδινε την δυνατότητα διασύνδεσης με Ethernet [21].

Το Raspberry Pi είναι το πιο επιτυχημένο υπολογιστικό σύστημα στην Βρετανία, με πωλήσεις πάνω από 8 εκατομμύρια του μικρού υπολογιστή από την ημέρα παραγωγής του το 2012, αποκτώντας την φήμη του πιο δημοφιλή υπολογιστή που έχει φτιαχτεί ποτέ ξεπερνώντας το αμέσως προηγούμενο το Amstrad PCW. Το όνομα Raspberry Pi προήλθε από το φρούτο Raspberry και πιθανόν λόγω της παρόμοιας ονομασίας με άλλα εμπορικά σήματα όπως Apple και Blackberry. Επιπλέον, το “Pi” σχετίζεται με τη γλώσσα προγραμματισμού “Python” [22].

### 3.2 ΥΛΙΚΟ - ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

Το Raspberry Pi δεν έρχεται με προεγκατεστημένο λειτουργικό σύστημα, οπότε επιλέγεται ένα κατάλληλο λειτουργικό σύστημα για τις ανάγκες μας. Παρουσιάζονται διάφορα λογισμικά και εργαλεία για τη μετατροπή του Raspberry Pi σε διακομιστή ιστού. Ένα καλό στοιχείο σχετικά με τη διανομή Linux που χρησιμοποιείται είναι ότι είχε ενσωματωμένη την python ως γλώσσα προγραμματισμού. Για να είναι συμβατό με το υλικό και το λογισμικό πρέπει να χρησιμοποιηθούν διάφορες βιβλιοθήκες python. Υπάρχει μια συνήθεια σε μικρούς

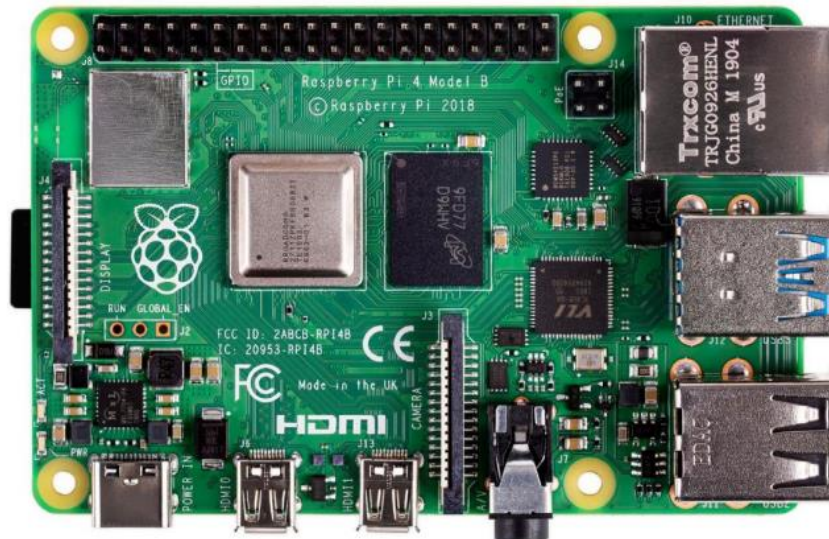
υπολογιστές τσέπης να χρησιμοποιούν Linux ως λειτουργικό σύστημα. Το Linux μπορεί να προσαρμοστεί σε μεγάλο βαθμό, καθώς είναι ανοιχτού κώδικα. Υπάρχουν μια μεγάλη γκάμα διανομών Linux όπως Red Hat, Fedora, Suse, Mandrake, Debian κλπ. Το Raspberry Pi είναι πλήρως συμβατό με το Linux χωρίς να χρειάζονται πολλές τεχνικές γνώσεις. Υπάρχει ένα διαθέσιμο πακέτο Noobs (new out of box software) το οποίο μπορούμε να κατεβάσουμε από της επίσημη ιστοσελίδα[23].

Για την εγκατάσταση του Raspberry Pi θα χρειαστούν:

- 1) Κάρτα SD: ελάχιστο μέγεθος 4GB class 4 ( όπου class υποδεικνύει την ταχύτητα της κάρτας μνήμης)
- 2) Καλώδιο HDMI προς HDMI: Καλώδιο HDMI προς HDMI (για τηλεοράσεις και οθόνες HD με είσοδο HDMI)
- 3) Καλώδιο RCA: ένα καλώδιο βίντεο RCA για σύνδεση με την αναλογική οθόνη, στην περίπτωση που δεν υπάρχει έξοδος HDMI.
- 4) Πληκτρολόγιο και ποντίκι: Οποιοδήποτε τυπικό πληκτρολόγιο και ποντίκι usb
- 5) Προσαρμογέα ρεύματος: ένα καλής ποιότητας τροφοδοτικό micro usb που μπορεί να παρέχει τουλάχιστον 700mA στα 5v είναι απαραίτητα. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποιος φορτιστής κινητού τηλεφώνου αρκεί να έχει τα απαραίτητα χαρακτηριστικά. Αν η τροφοδοσία είναι μικρότερη από 5V τότε το Raspberry Pi μπορεί να μην λειτουργεί καθόλου.
- 6) Καλώδιο ethernet(προαιρετικό): η δικτύωση είναι προαιρετική, αν και καθιστά την ενημέρωση και την απόκτηση νέου λογισμικού για το Raspberry Pi πολύ πιο εύκολη.
- 7) Καλώδιο ήχου(προαιρετικό): εάν χρησιμοποιείται καλώδιο HDMI, τότε θα λαμβάνετε ψηφιακό ήχο μέσω αυτού. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται σύνδεση RCA, είναι διαθέσιμος στερεοφωνικός ήχος από την υποδοχή 3,5mm δίπλα στο βύσμα RCA.

### 3.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Στην παρούσα διπλωματική επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε το Raspberry Pi 4 Model B 2Gb με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:



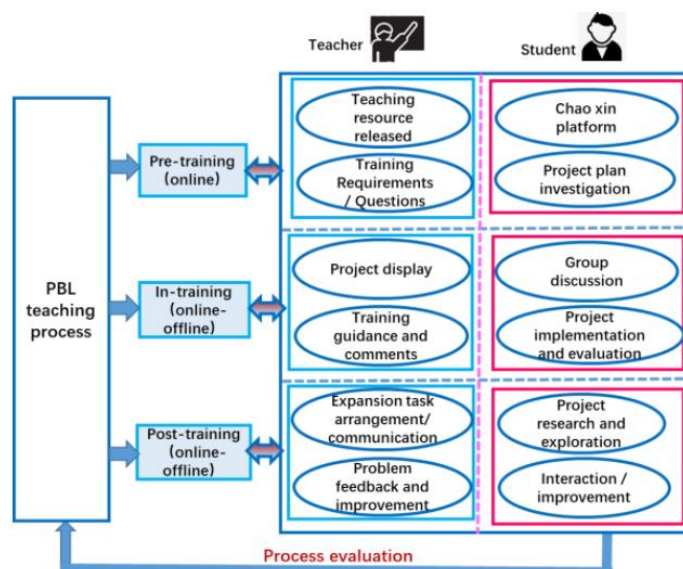
Εικόνα 2. Raspberry Pi Model B

- Επεξεργαστής: Cortex- A72 (ARM v8) 64-bit SoC 1.5GHz
- Μνήμη: 2Gb LPDDR4
- Συνδεσιμότητα: 802.11b/g/n/ac, Bluetooth 5.0, BLE  
Gigabit Ethernet  
2x θύρες USB 3.0  
2x θύρες USB 2.0
- GPIO: GPIO κyuos ακίδων (πλήρως συμβατή με τις προηγούμενες πλακέτες)
- Βίντεο και ήχος: HDMI (υποστήριξη έως 4Kp60) : 2x θύρες micro HDMI (υποστήριξη έως 4Kp60)
- θύρα οθόνης MIPI DSI 2 θύρες κάμερας
- Θύρα στερεοφωνικού ήχου και σύνθετου βίντεο
- Υποστήριξη κάρτας sd: για φόρτωση λειτουργικού συστήματος και αποθήκευση δεδομένων
- Ισχύς εισόδου: 5v DC μέσω GPIO (τουλάχιστον 3A) Power over Ethernet (PoE) [24].

## 4.ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΜΕ RASPBERRY PI

### 4.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ

Ο Project Based Learning (PBL) είναι μια μέθοδος διδασκαλίας στην οποία οι φοιτητές μαθαίνουν συμμετέχοντας ενεργά σε πραγματικές και πραγματικά ουσιαστικές εργασίες [26]. Η τεχνική PBL χρησιμοποιεί επαγγελματική θεωρητική γνώση και πρακτική, με συγκεκριμένο διδακτικό στόχο το σχεδιασμό προϊόντων που σχετίζονται στενά με τη μηχανική πρακτική. Κάθε εκπαιδευτικό σχέδιο βελτιώνει τη θεωρητική κατανόηση. Μέσω του σχεδιασμού του έργου, της συγγραφής κώδικα και της εκπαίδευσης σε περιπτώσεις, οι φοιτητές αναλύουν και επιλύουν συγκεκριμένα προβλήματα μηχανικής. Βελτιώνονται οι ολοκληρωμένες ικανότητες στο σχεδιασμό και στη συνεργατική ανάπτυξη λογισμικού και υλικού. Η εκπαίδευση σε έργο χωρίζεται σε βασικό περιεχόμενο, περιεχόμενο σχεδιασμού και περιεχόμενο διερεύνησης για την προώθηση των ικανοτήτων μηχανικής και καινοτομίας. Τα μοντέλα της βαθιάς μάθησης εκπαιδεύονται και δοκιμάζονται σε έναν υπολογιστή χρησιμοποιώντας ένα CNN όπως το Unet.



Εικόνα 3. Περιεχόμενο εκπαίδευσης PBL, Πηγή: [28]

Ο καθηγητής δημοσιεύει την εργασία σε κάποια πλατφόρμα, οι φοιτητές δημιουργώντας ομάδες ατόμων καλούνται να δώσουν λύση σε μια πληθώρα προβλημάτων. Περιλαμβάνει την κατασκευή μοντέλου CNN, την εκπαίδευση και τη δοκιμή[25].

## 4.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ RASPBERRY PI

Στον τομέα της πληροφορικής υπάρχουν ειδικές πλατφόρμες όπου μπορεί κάποιος προγραμματιστής να δουλέψει και να μάθει πάνω σε αυτές. Ο χρήστης δεν χρειάζεται να αγοράσει κάποιο εξάρτημα για να μπορέσει να μάθει κάποια γλώσσα προγραμματισμού. Ο κάθε ο φοιτητής που επιλέγει να ασχοληθεί με αυτόν τον κλάδο πρέπει μόνο να εγκαταστήσει στον υπολογιστή του κάποιο πρόγραμμα για να μπορεί να τρέχει τον κώδικα που έχει γράψει. Υπάρχει μια μεγάλη γκάμα τέτοιων εφαρμογών όπου είναι δωρεάν. Ακόμη, υπάρχουν πολλά δωρεάν εκπαιδευτικά βίντεο και άρθρα που βοηθούν τον καθένα να ξεκινήσει αλλά και online προσομοιωτές για τα πειράματα τους. Αντιθέτως, στον τομέα των δικτύων δεν υπάρχει κάτι τέτοιο. Συνεπώς, η χρήση πλακετών Raspberry Pi είναι αισιόδοξο στοιχείο ότι οι μαθητές ή οι φοιτητές θα έχουν την ευκαιρία να δουν πως πραγματικά δουλεύει ένα δίκτυο και ακόμη να μπορούν να κάνουν εργασίες πάνω σε αυτό. Το κόστος αγοράς μια τέτοιας πλακέτας είναι αρκετά μικρό και σε αρκετές περιπτώσεις δεν ξεπερνά το κόστος ενός ακαδημαϊκού βιβλίου. Εργαστήρια μπορούν να αναβαθμίσουν το υλικό διδασκαλίας τους εξοπλίζοντας τα εργαστήρια με τις συγκεκριμένες συσκευές. Το κόστος θα επιβαρύνει το εκάστοτε εκπαιδευτικό ίδρυμα για μια φορά αλλά ο εξοπλισμός θα είναι διαθέσιμος και για τα επόμενα έτη φοίτησης. Οι φοιτητές θα είναι σε θέση να κατανοήσουν τον τρόπο διασύνδεσης και λειτουργίας της συγκεκριμένης πλακέτας σε αρχικό στάδιο και σε επόμενα έτη θα έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν το δικό τους δίκτυο Wi-Fi. Σε προηγμένα επίπεδα διδασκαλίας όπως σε μεταπτυχιακά τμήματα θα καλούνται να υλοποιήσουν κάποιο project που θα έχει σαν απαίτηση τον συνδυασμό και τη σωστή λειτουργία των περιφερειακών της πλακέτας και ενός δικτύου. Για παράδειγμα θα πρέπει να παίρνουν μετρήσεις θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της μέρας και αυτές οι μετρήσεις να στέλνονται σε κάποια online πλατφόρμα για τις απαιτήσεις μαθήματος IoT. Ο φοιτητής θα έχει την ευκαιρία να μάθει πως γίνεται ο προγραμματισμός μια τέτοιας συσκευής αλλά και η παραμετροποίηση ενός τέτοιου δικτύου ώστε να συλλέγονται οι μετρήσεις που παίρνουμε και να είμαστε σε θέση να βλέπουμε σε πραγματικό χρόνο τις μετρήσεις από οποιοδήποτε μέρος και να βρισκόμαστε[26].

### 4.2.1 ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ

Σύμφωνα με τον Martin Ohanlon [27] και την δημοσίευση που έκανε σχετικά με το μάθημα δικτύων σε φοιτητές κάνοντας χρήση του Raspberry Pi οι φοιτητές θα διδάσκονται τις εξής ενότητες:

#### **Μάθημα 1. Πως επικοινωνούν οι υπολογιστές;**

Σε αυτό το μέρος του μαθήματος οι φοιτητές θα δημιουργούν ένα δίκτυο χρησιμοποιώντας δύο Raspberry Pi, στη συνέχεια θα δουν πως αυτά τα δυο Raspberry Pi επικοινωνούν μεταξύ τους ενώ συνδέονται στο ίδιο δίκτυο. Επιπλέον, θα κληθούν να γράψουν ένα πρόγραμμα σε γλώσσα Python ώστε να στέλνει μηνύματα ο ένας χρήστης στον άλλο. Στόχος του πρώτου μαθήματος είναι να γίνει



καταννοητό ότι ένα δίκτυο αποτελείται από δύο ή περισσότερους υπολογιστές και ότι κάθε υπολογιστής έχει μια διεύθυνση IP, η οποία επιτρέπει στους υπόλοιπους χρήστες του δικτύου να επικοινωνούν μεταξύ τους.

## **Μάθημα 2. Internet Of Things**

Το μέλλον των δικτύων είναι το Internet Of Things καθώς ολοένα και περισσότερες συσκευές, υπολογιστές, αισθητήρες κ.α. συνδέονται στο διαδίκτυο. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους. Οι φοιτητές με υπόβαθρο το πρώτο μάθημα που έχουν διδαχθεί πως επικοινωνούν οι υπολογιστές θα μπορούν να κατανοήσουν τις έννοιες και τη σκοπιμότητα του IoT. Στόχος του κεφαλαίου αυτού είναι να μάθουν ότι ο υπολογιστής διακομιστής μπορεί να στείλει δεδομένα σε άλλον υπολογιστή στο δίκτυο. Σαν εργασία θα πρέπει να συνδέσουν τα δύο Raspberry Pi, αλλά αυτή τη φορά θα πρέπει να αναβοσβήνουν μια led λάμπα. Ο φοιτητής θα πρέπει να διαχειρίζεται το led του άλλου Raspberry Pi απομακρυσμένα.

## **Μάθημα 3. Πρωτόκολλο Δυναμικής Διαμόρφωσης Κεντρικού Υπολογιστή (DHCP)**

Στο τρίτο μάθημα οι φοιτητές θα αποκτήσουν γνώση για τη παραμετροποίηση του Raspberry Pi με το πρωτόκολλο DHCP. Στα προηγούμενα μαθήματα οι φοιτητές εκχωρούσαν την IP για κάθε συσκευή μια μια. Αυτό σε μεγάλα δίκτυα είναι χρονοβόρο. Στόχος είναι να μάθουν τι είναι το πρωτόκολλο DHCP και τον ρόλο του στην συνολική δομή ενός δικτύου. Το DHCP αναλαμβάνει να κάνει αυτή την δουλειά. Είναι υπεύθυνο για την απόδοση διευθύνσεων IP σε κάθε συσκευή και αποθήκευση των στοιχείων στον οποίο ανήκει η IP. Σε αυτό το μάθημα θα υλοποιηθεί και εγκατασταθεί το πρωτόκολλο DHCP. Στην μελέτη αυτή μόνο σε ένα Raspberry Pi θα εγκαταστήσουμε το DHCP.

## **Μάθημα 4 Domain Name System (DNS)**

Τα δίκτυα υπολογιστών είναι πολύ μεγάλα και πολύπλοκα, ωστόσο το διαδίκτυο είναι το μεγαλύτερο δίκτυο υπολογιστών. Γι' αυτό το λόγο μοιάζει αδύνατο στον κάθε χρήστη να θυμάται την διεύθυνση IP για κάθε ιστοσελίδα που θέλουμε να επισκεφτούμε. Το πρόβλημα έρχεται να λυθεί με το DNS μετατρέποντας τις διευθύνσεις IP σε ονόματα για παράδειγμα [www.google.gr](http://www.google.gr). Όταν πληκτρολογούμε το όνομα της σελίδας που θέλουμε ο υπολογιστής μας επικοινωνεί με τον DNS ώστε να λάβει την διεύθυνση IP που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο όνομα. Ο διακομιστής DNS αναζητά τη βάση δεδομένων του για αυτό το όνομα και στη συνέχεια επιστρέφει τη διεύθυνση στον πελάτη. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται ερώτημα στο DNS.

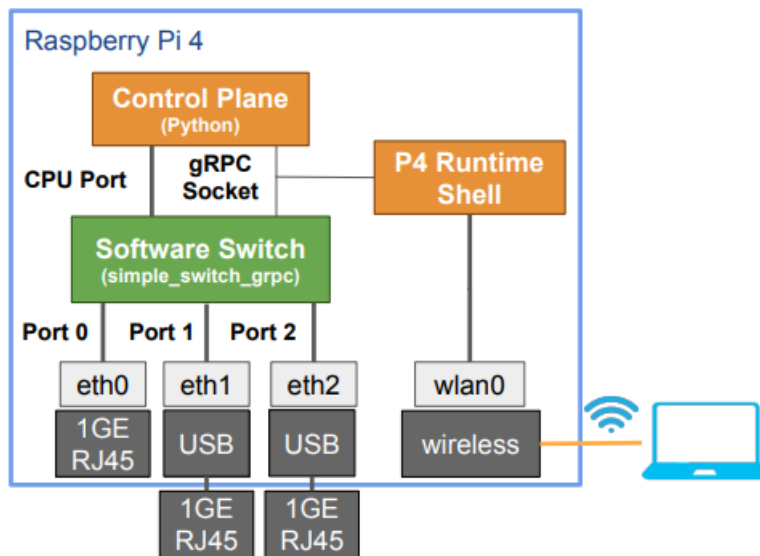
Σε αυτό το μάθημα οι φοιτητές θα χρησιμοποιούν το Raspberry Pi για να μάθουν το σύστημα ονομάτων DNS. Αρχικά θα γίνει μια πρώτη εισαγωγή στην θεωρία του DNS με παραδείγματα, στη συνέχεια θα παμετροποιηθεί το Raspberry Pi ώστε να

λειτουργεί σαν διακομιστής DNS. Το δεύτερο Raspberry Pi θα χρησιμοποιείται για να εκτελεί ερωτήματα στο DNS.

#### 4.2.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ INTERNET ROUTER ΜΕ P4Pi

Η κατασκευή ενός δρομολογητή διαδικτύου, είναι μια συνιθισμένη πρακτική που χρησιμοποιείται για την διδασκαλία των δικτών υπολογιστών. Ωστόσο, δεν υπάρχει κάποιο δωρεάν υλικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις προσομοιώσεις που απαιτούνται, έτσι οι φοιτητές καλούνται να επιβαρυνθούν με το κόστος αγοράς του εξοπλισμού. Η συγκεκριμένη εργασία στοχεύει στην κατασκευή ενός Internet Router. Το P4Pi είναι μια πλατφόρμα για την ανάπτυξη, τη δοκιμή, και την αξιολόγηση προγραμμάτων P4 σε μια συσκευή Raspberry Pi. Ο Nick McKeown στο Stanford University άρχισε να διδάσκει ένα μάθημα πριν 15 χρόνια, το CS344 Build an Internet Router, στο οποίο οι φοιτητές χρησιμοποιούσαν την ανοιχτή πλατφόρμα NetFPGA για να αναπτύξουν ένα ολοκληρωμένο δρομολογητή IPv4 κατά τη διάρκεια ενός εξαμήνου. Το συγκεκριμένο μάθημα κατάφερε να κάνει τους φοιτητές να αποκτήσουν πρακτική εμπειρία. Αργότερα, σχεδιάστηκε η πλατφόρμα P4Pi όπου αναπτύχθηκε από την ομάδα P4 Education. Οι χρήστες, μπορούν να προγραμματίσουν και να κατανοήσουν το επίπεδο δικτύου στη γλώσσα P4 το οποίο συνδέεται σε μια πλακέτα Raspberry Pi. Ακόμη ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι το μικρό κόστος των συγκεκριμένων πλακετών όπου επιτρέπουν στον κάθε μαθητή να έχει το δικό του Raspberry Pi. Το συγκεκριμένο περιβάλλον περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα εργαλεία που απαιτούνται για χειρισμό στην αίθουσα ή ακόμη και στο σπίτι, όπως δείγματα κώδικα, εργαλεία, βίντεο αλλά και φόρουμ στο οποίο μπορούν να θέσουν απορίες. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα να συνδεθούν στο P4Pi χρησιμοποιώντας το ασύρματο δίκτυο και να συνδεθούν απομακρυσμένα στην πλατφόρμα χρησιμοποιώντας ssh. Η ασύρματη θύρα δεν χρησιμοποιείται από το πρόγραμμα P4 αλλά λειτουργεί με το λειτουργικό σύστημα, όπως γίνεται με όλες τις εγκαταστάσεις Raspberry Pi. Μόλις συνδεθούν, οι φοιτητές μπορούν να έχουν πρόσβαση στο P4Runtime Shell. Υπάρχει η δυνατότητα να γραφεί ο κώδικας στο P4Pi αλλά είναι πιο βολικό να γραφεί ο κώδικας πρώτα στον υπολογιστή και μετά να ανέβει ο κώδικας στο P4Pi [28].

Αρχιτεκτονική δρομολογητή:



Εικόνα 4. Αρχιτεκτονική Δρομολογητή Pi4, Πηγή: [27]

Η αρχιτεκτονική του δρομολογητή με βάση το P4Pi απεικονίζεται πιο πάνω. Το επίπεδο δεδομένων το οποίο υλοποιείται ως μεταγωγέας λογισμικού επισημαίνεται με πράσινο χρώμα. Στη συνέχεια συνδέεται στο επίπεδο ελέγχου gRPC (πορτοκαλί) το οποίο συνδέεται με την υποδοχή gRPC του P4Runtime και από εκεί στέλνει και λαμβάνει πακέτα μέσω της θύρας CPU του μεταγωγέα. Το P4 Runtime Shell μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόσβαση την παρακολούθηση αλλά και την υποβολή ερωτημάτων στο επίπεδο δεδομένων. Το επίπεδο δεδομένων διαθέτει πολλές θύρες: τη θύρα Gigabit Ethernet του Raspberry Pi και μια ή περισσότερες θύρες USB που μετατρέπονται σε θύρες Ethernet μέσω αντάπτορα από usb σε ethernet. Αυτό γίνεται για τις ανάγκες του εργαστηριακού μαθήματος προκειμένου να δοκιμαστεί ένα δίκτυο από 4 πλατφόρμες P4Pi συνδεδεμένες σε τοπολογία πλέγματος.

Υλοποίηση επιπέδου δεδομένων: Η υλοποίηση γίνεται μέσω του simple\_switch\_grpc και μπορεί να εκτελεστεί μέσω του bmv2. Οι φοιτητές θα έχουν την δυνατότητα να κάνουν εξάσκηση στο περιβάλλον εξομοίωσης όπως το Mininet, μέχρι να αποκτήσουν κάποιες βασικές γνώσεις. Η υλοποίηση του αναλυτή πρέπει να υποστηρίζει πολλαπλά πρωτόκολλα, ethernet υπάρχει στον αρχικό κώδικα, ARP και IP. Ο σχεδιασμός υποστηρίζει IPv4 και IPv6. Το ICMP πρέπει να υλοποιηθεί σαν μέρος του έργου, συνεπώς η επεργασία του ICMP γίνεται στο επίπεδο ελέγχου αλλά η επικεφαλίδα IP επεξεργάζεται στο επίπεδο δεδομένων.

Ένας αγωγός (pipeline) κάνει τις ακόλουθες αντιστοιχίες :

- Ένας πίνακας δρομολόγησης χρησιμοποιεί τη μεγαλύτερη αντιστοιχία προθέματος στη διεύθυνση IP για τη συσχέτιση μια θύρας εξόδου και μιας διεύθυνσης IP επόμενο βρόχου. ( ένας πίνακας για IPv4 και ένας για IPv6).
- Ένας τοπικός πίνακας IP που χρησιμοποιεί ακριβή αντιστοίχιση των διευθύνσεων IP για να προσδιορίσει εάν το πακέτο πρέπει να σταλεί στο επίπεδο ελέγχου ή να συσχετιστεί με μια θύρα εξόδου (usb) και μια

διεύθυνση IP επόμενο βρόχου ένα είναι διαθέσιμη στον πίνακα. (ένας πίνακας για IPv4 και ένας για IPv6).

- Ένας πίνακας ARP που εκτελεί ακριβή αντιστοίχιση στη διεύθυνση IP του next hop και αν βρεθεί συσχετίζεται μια αντίστοιχη διεύθυνση MAC.
- Πίνακας προώθησης επιπέδου 2 που εκτελεί ακριβή αντιστοίχιση στη διεύθυνση IP του next hop και αν βρεθεί συσχετίζει μια αντίστοιχη διεύθυνση MAC προορισμού και στέλνει το πακέτο σε μια συγκεκριμένη θύρα, σε έναν αριθμό θυρών, σε μια ομάδα πολλαπλής διανομής ή απορρίπτει το πακέτο.

Όλα τα εισερχόμενα πακέτα ARP αποστέλλονται στη θύτη της CPU και όλα τα πακέτα που φθάνουν από τη CPU αποστέλλονται στη καθορισμένη θύρα προορισμού.

Το TTL των IP πακέτων μειώνεται και τα πακέτα απορρίπτονται εάν το TTL=0. Ο επόμενος πίνακας χρησιμοποιείται για την αναζήτηση τοπικών διευθύνσεων IP. Χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό των διευθύνσεων IP που πρέπει να προωθηθούν στη CPU και αν δεν υπάρχει αντιστοιχία, τότε ο προορισμός αναζητείται στον πίνακα δρομολόγησης. Για εξερχόμενα πακέτα η διεύθυνση MAC του next hop αναζητείται στον πίνακα ARP και ενημερώνεται στην επικεφαλίδα ethernet. Εάν ένα πακέτο αποστέλεται στην CPU προστίθεται μια επικεφαλίδα με τα metadata όπως η θύρα προέλευσης. Τα δεδομένα που λαμβάνονται από τη CPU πρέπει να αποκωδικοποιηθούν το ίδιο και οι πληροφορίες από την επικεφαλίδα (π.χ. EtherType, θύρα προορισμού) αποθηκεύονται στο δίαυλο δεδομένων. Ο σχεδιασμός περιέχει διάφορους counters οι οποίοι χρησιμεύουν για να βρίσκουν τον αριθμό των πακέτων ARP, των πακέτων IP και των πακέτων που αποστέλονται στη CPU.  
Υλοποίηση επιπέδου ελέγχου:

Οι λειτουργίες δρομολόγησης υλοποιούνται στο επίπεδο ελέγχου ακολουθώντας τον κλασικό διαχωρισμό των ρόλων μεταξύ επιπέδου δεδομένων και του επιπέδου ελέγχου. Το επίπεδο ελέγχου υλοποιείται σε Python χρησιμοποιώντας το API P4Runtime και το Scapy. Με το P4Runtime ο ελεγκτής είναι σε θέση να στέλνει και να διαβάζει μηνύματα από και προς τον διακόπτη λογισμικού μέσω μια σύνδεσης gRPC. Το P4 Runtime επιτρέπει στον ελεγκτή να έχει πρόσβαση στον κώδικα όπως έχει οριστεί από τον μαθητή δηλαδή στους πίνακες ή στους μετρητές.

#### 4.2.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ

Το MTR είναι ένα εργαλείο δικτύου το οποίο επιτρέπει στους διαχειριστές να διαγνώσουν και να απομονώσουν τα σφάλματα δικτύου ώστε να παρέχουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του δικτύου στους προγενέστερους παρόχους. Το MTR είναι σε θέση να καταγράφει τη διεύθυνση IP του AP και να εμφανίζει το ποσοστό απώλειας πακέτων που εμφανίζεται στο δίκτυο. Πριν την εγκατάσταση του MTR, το Pi πρέπει να ενημερωθεί χρησιμοποιώντας την εντολή : `$ sudo apt-get update`. Αυτή η εντολή χρησιμοποιείται για την προσθήκη αποθετηρίων έτσι ώστε αυτά τα αποθετήρια να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την λήψη και εγκατάσταση οποιουδήποτε νέου λογισμικού. Χωρίς την χρήση αυτής της

εντολής η προσπάθεια εγκατάστασης κάποις νέας εφαρμογής δεν θα πραγματοποιηθεί γιατί η τοποθεσία του λογισμικού θα είναι άγνωστη. Το επόμενο βήμα είναι να προχωρήσουμε σε ενημέρωση του Raspberry Pi χρησιμοποιώντας την εντολή : `$ sudo apt-get upgrade`. Τρέχοντας αυτή την εντολή η πλακέτα μας εξοπλίζεται με την πιο πρόσφατη έκδοση λογισμικού. Μετά από τις δύο αυτές εντολές το MTR είναι έτοιμο να εγκατασταθεί στην πλακέτα μας. Η εντολή για την εγκατάσταση είναι : `& sudo apt-get install mtr`. Αφού ολοκληρωθεί η εγκατάσταση, το mtr είναι έτοιμο να καταγράψει την IP του σημείου πρόσβασης μαζί με τυχόν απώλειες `pack - et` που προκύπτουν.

Επιπλέον, η εντολή `sudo mtr - r` χρησιμοποιείται για τη δημιουργία μιας αναφοράς και την αποθήκευσή της σε ένα αρχείο που ονομάζεται `mtr.txt`. Αυτή η εντολή χρησιμοποιείται για τη λήψη λεπτομερειών όλων των διαθέσιμων σημείων πρόσβασης. Καλλώντας αυτή την εντολή λαμβάνουμε σαν αποτέλεσμα πληροφορίες σχετικά με το ESSID , τη διεύθυνση , τη συχνότητα και το κανάλι του σημείου πρόσβασης, αυτές οι πληροφορίες αποθηκεύονται και ενημερώνονται στο αρχείο `txt`. Τέλος, οι πληροφορίες αυτές αποστέλονται στη συνέχεια στον διαχειριστή του δικτύου μέσω e-mail . Για να μπορέσουμε να στείλουμε το αρχείο αυτό χρησιμοποιούμε γλώσσα python, δημιουργώντας ένα αρχείο `myemail.py` με τις κατάλληλες εντολές σε python [29].

### 4.3 WIRELESS NETWORK PENETRATION

Τα τελευταία χρόνια, τα ασύρματα δίκτυα wlan έχουν πολλαπλασιαστεί καθώς χρησιμοποιείται από το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού για οικιακή χρήση δηλαδή για το τοπικό ασύρματο δίκτυο του σπιτιού ή για το δίκτυο μιας επιχείρησης όπου εξυπηρετεί τους εργαζομένους. Παρά την ραγδαία εξάπλωση των δικτύων προέκυψε το ζήτημα της ασφάλειας των χρηστών όσων συνδέονται στο δίκτυο. Γι' αυτό το λόγο, άρχισαν να μελετούν την ασφάλεια τους, έτσι προέκυψε η ανάγκη για περισσότερη εκπαίδευση επαγγελματιών στον τομέα της ασύρματης ασφάλειας. Οι επαγγελματίες, που ελέγχουν την ασφάλεια δικτύων αναφέρουν ότι προγράμματα ανοιχτού κώδικα από το Kali Linux είναι ένα από τα κυριότερα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για να δοκιμάσουν την ασφάλεια ενός ασύρματου δικτύου. Τα συγκεκριμένα εργαλεία, είναι διαθέσιμα και στο ευρύ κοινό και πολλές φορές χρησιμοποιούνται για κακόβουλες επιθέσεις στα συγκεκριμένα δίκτυα.

Το χαμηλό κόστος, των Raspberry Pi σε συνδυασμό με προγράμματα ανοιχτού κώδικα θεωρείται ένα πολύ καλό εργαλείο `penetrating test` και συνεπώς αυτή η προσέγγιση θα ήταν πολύτιμη για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Σαν εκπαιδευτικό υλικό, θα χρησιμοποιείται ένα τυπικό router στα 2,4 GHz με δυνατότητα επέκτασης στα 5GHz. Γνωρίζουμε ότι, η κρυπτογράφηση WEP και WPA έχουν μια γνωστή ευπάθεια και δεν συνιστώνονται για ευαίσθητες εφαρμογές αλλά για εκπαιδευτικούς σκοπούς και κατανόηση της ασφάλειας ενός ασύρματου δικτύου μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Το εργαλείο `Aircrack-ng` χρησιμοποιείται με σκοπό την ανάκτηση κλειδιών σπάζοντας τους κωδικούς `wep/wpa` και `wpa2` από τα καταγεγραμμένα πακέτα δεδομένων. Η συλλογή των δεδομένων γίνεται με το εργαλείο `aerodump -ng`. Το

aerodump -ng επιτρέπει σε κάθε wireless adapter να τεθεί λειτουργία παρακολούθησης, να ανιχνεύει ασύρματα δίκτυα και να παραθέτει πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απομόνωση ενός δικτύου όπως φαίνεται και στις πιο κάτω φωτογραφίες.

```

Kali Live
Aircrack-ng 1.2 rc4 - (C) 2006-2015 Thomas d'Otreppe
http://www.aircrack-ng.org

usage: aircrack-ng [options] <.cap / .ivs file(s)>

Common options:

-a <amode> : force attack mode (1/WEP, 2/WPA-PSK)
-e <essid> : target selection: network identifier
-b <bssid> : target selection: access point's MAC
-p <nbcpu> : # of CPU to use (default: all CPUs)
-q : enable quiet mode (no status output)
-C <macs> : merge the given APs to a virtual one
-l <file> : write key to file

Static WEP cracking options:

-c : search alpha-numeric characters only
-t : search binary coded decimal chr only
-h : search the numeric key for Fritz!BOX
-d <mask> : use masking of the key (A1:XX:CF:YY)
-m <maddr> : MAC address to filter usable packets
-n <nbits> : WEP key length : 64/128/152/256/512
-i <index> : WEP key index (1 to 4), default: any
-f <fudge> : bruteforce fudge factor, default: 2
-k <korek> : disable one attack method (1 to 17)

```

Εικόνα 5. aircrack-ng

```

CH 4 ][ Elapsed: 1 min ][ 2017-10-05 21:34

```

BSSID	PWR	Beacons	#Data, #/s	CH	MB	ENC	CIPHER	AUTH	ESSID
D0:17:C2:E1:7B:50	-25	30	4302 0	7	54e	WPA2	CCMP	PSK	123netgear
12:3E:5D:E8:39:08	-25	33	0 0	6	54e	OPN			optimumwif
00:3E:50:F8:39:08	-27	39	1796 0	6	54e	WPA2	CCMP	PSK	E83900
E8:FC:AF:8C:3E:68	-32	45	0 0	1	54e	WPA2	CCMP	PSK	DeadZone
FA:8F:CA:39:80:35	-37	33	0 0	7	54e	OPN			<length:
76:44:01:50:85:F7	-49	22	0 0	11	54e	OPN			optimumwif
74:44:01:50:85:F6	-50	26	9 0	11	54e	WPA2	CCMP	PSK	5085F7
A2:03:D8:BE:95:52	-56	13	0 0	8	54e	OPN			optimumwif
00:03:D8:BE:95:52	-56	11	1 0	8	54e	WPA2	CCMP	PSK	Black eyes
00:1E:2A:01:5C:DE	-58	25	0 0	11	54	WPA	TKIP	PSK	Rodriguez
00:B2:8F:53:02:68	-63	21	0 0	11	54e	WPA2	CCMP	PSK	530260
C2:B2:8F:53:02:68	-64	23	0 0	11	54e	OPN			optimumwif
12:3E:5D:ED:13:E8	-68	13	0 0	6	54e	OPN			optimumwif
00:3E:5D:ED:13:E8	-68	13	0 0	6	54e	WPA2	CCMP	PSK	ED13E0
B2:C5:54:BF:72:6C	-70	7	0 0	6	54e	WPA2	CCMP	MGT	optimumwif
76:44:01:4D:D3:33	-78	3	0 0	11	54e	OPN			optimumwif
74:44:01:4D:D3:32	-80	1	0 0	11	54e	WPA2	CCMP	PSK	Big G's ho
B0:C5:54:BF:72:6A	-70	7	0 0	6	54e	WPA2	CCMP	PSK	BF7266
B2:C5:54:BF:72:6B	-71	9	0 0	6	54e	OPN			optimumwif

Εικόνα 6. aircrack-ng

Συγκεκριμένα, το ESSID είναι το δημόσιο αναγνωριστικό του δικτύου, το BSSID είναι η αντίστοιχη διεύθυνση MAC του σημείου πρόσβασης, το PWR είναι η ισχύς του σήματος σε σχέση με το πόσο κοντά βρίσκεται ο wireless adaptor στο σημείο

πρόσβασης και τέλος το ENC υποδεικνύει τον τύπο κρυπτογράφησης που χρησιμοποιείται στο δίκτυο. Στην συνέχεια συλλέγονται πληροφορίες πακέτων και αποθηκεύονται σε ένα αρχείο τύπου .cap μέσω της μεθόδου της χειραψίας τεσσάρων σημείων. Η εντολή είναι airodump-ng – bssid (mac address) -w (όνομα αρχείου) (interface). Αυτή η μέθοδος απαιτεί ότι ένας client είναι συνδεδεμένος στο σημείο πρόσβασης που είναι ο επαληθευτής και από εκεί μπορεί να σταλεί ένα πακέτο ελέγχου ταυτότητας στο δρομολογητή με την εντολή aireplay-ng -0 0 -a (bssid)(interface). Με την εντολή αυτή, αποστέλεται ένα πακέτο στο αυθεντικοποίησης στο σημείο πρόσβασης το οποίο αναγκάζει το δρομολογητή να εγκαταλείψει τη σύνδεση με τον client και να στείλει το μήνυμα PSK/PMK στον υπολογιστή του επιτιθέμενου, το οποίο με τη σειρά του επιτρέπει στο airodump-ng να συλλέξει πληροφορίες πακέτων που περιέχουν την κρυπτογραφημένο κωδικό. Το Aircrack -ng περιλαμβάνεται στην κατηγορία ασύρματων επιθέσεων στο μενού εφαρμογών του Kali Linux ή μπορεί να κληθεί απευθείας από το CLI. Η κάρτα δικτύου (wireless adapter) πρέπει να τεθεί σε λειτουργία παρακολούθησης πριν από την έναρξη οποιασδήποτε ασύρματης σάρωσης με την εντολή airmon-ng start (interface). Μόλις η χειραψία wpa ολοκληρωθεί με επιτυχία, το κλειδί μπορεί να αποκρυπτογραφηθεί με τη χρήση του Aircrack-ng. Αυτό το εργαλείο μπορεί να έχει πρόσβαση σε μια λίστα λέξεων, η οποία με τη σειρά της μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως “dictionary attack” στο αρχείο .cap με το κρυπτογραφημένο κλειδί δίνοντας την εντολή: cruch -t -f /usr/share/rainbowcrack/charset.txt και aircrack-ng -w (.cap αρχείο με το κλειδί) -e (όνομα SSID)/ [30].

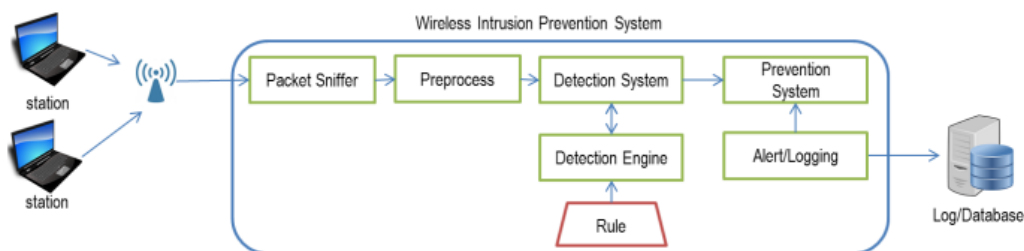
#### 4.3.1 Penetration Test με τη χρήση Reaver

Το Reaver είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση επιθέσεων brute force attack (ωμής βίας) σε ένα δίκτυο με ενεργοποιημένο το wps. Το wps περιλαμβάνει ένα 8 ψήφιο κωδικό πρόσβασης που μπορεί εύκολα να μαντέψει κανείς και έτσι βοηθάει για την αποκρυπτογράφηση WPA και WPA2 κωδικών. Το reaver είναι διαθέσιμο στο μενού εφαρμογών που παρατίθεται στην κατηγορία “wireless attacks”, ακόμη μπορεί να εκινήσει το εργαλείο μέσω του CLI γράφοντας την εντολή Reaver. Πρωτού αρχίσουμε να χρησιμοποιούμε το Reaver θα πρέπει να δημιουργηθεί ένας κατάλογος με το περιεχόμενο του για την καλύτερη λειτουργία του. Αυτό γίνεται με την εντολή mkdir/etc/Reaver. Όπως και στα υπόλοιπα εργαλεία ασύρματων επιθέσεων, θα πρέπει ο wireless adaptor να είναι σε λειτουργία παρακολούθησης για να μπορεί να ανιχνεύσει δίκτυα με ενεργοποιημένη τη λειτουργία WPS. Αυτό γίνεται με την χρήση της εντολής airmon-ng start (interface) . Για να μπορέσει η εφαρμογή να εντοπίσει τα δίκτυα με ενεργοποιημένο το WPS, δίνουμε την εντολή wash -I wlan0mon, τα αποτελέσματα που παίρνουμε είναι μια λίστα με τα δίκτυα που έχουμε τη δυνατότητα να δοκιμάσουμε μια brute force attack [31].

### 4.3.2 Penetration Test με τη χρήση Kismet και πρόληψη εισβολής

Το Kismet είναι ένα εργαλείο που μπορεί να εκτελεί σάρωσεις δικτύου με τη δυνατότητα συλλογής πληροφοριών πακέτων και αποκρυπτογράφησης δεδομένων. Η πρόσβαση στο Kismet είναι δυνατή μέσα από το μενού εφαρμογών του Kali Linux στην κατηγορία “ wireless attacks” ή γράφοντας την εντολή kismet στο CLI. Πριν από την έναρξη μια σάρωσης το Kismet παρέχει επιλογές ρύθμισης παραμέτρων όπως αν θα χρησιμοποιείται το Kismet ως διαχειριστής συστήματος. Μόλις καθοριστεί μια διασύνδεση στόχου π.χ. όνομα WLAN , το kismet μπορεί να εκτελέσει σάρωση καταγραφής πακέτων σε κοντινά δίκτυα WLAN. Είναι δυνατή η εφαρμογή μιας επιλογής “κλειδώματος καναλιού” που αυτό θα επιτρέπει στο kismet να ακούει το κυκλοφορία από ένα συγκεκριμένο κανάλι. Αυτό βοηθάει ώστε να γίνει όσο το δυνατόν πιο γρήγορα η ανάλυση των πακέτων. Το kismet μπορεί να εκτελέσει παθητικό έλεγχο πακέτων και να ανιχνεύσει βασικές επιθέσεις όπως ARP floods ή malformed packets[31].

Το Kismet, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως σύστημα πρόληψης ασύρματης εισβολής συλλέγοντας πακέτα ασύρματου δικτύου και ανιχνεύοντας την εισβολή εξετάζοντας το AP. Τα πακέτα που συλλέγονται αναλύουν το μοτίβο της επίθεσης με τη χρήση του Wireshark. Η εισβολή εμποδίζεται με τη δημιουργία μιας πολιτικής στο τείχος προστασίας με βάση τα αναλυθέντα πρότυπα.



Εικόνα 7. Δομή του προτεινόμενου συστήματος πρόληψης ασύρματης εισβολής

### Παράνομη επίθεση αντιγραφής AP

Τα βήματα για την επίθεση είναι τα εξής:

- Δημιουργία διεπαφής της λειτουργίας με τη χρήση Airmong-ng
- Συλλογή πληροφοριών AP με τη χρήση του Airodump-ng
- Δημιουργία AP αντιγράφοντας την τιμή SSID χρησιμοποιώντας το Airbase-ng
- Επιβεβαίωση παράνομα διπλασιασμένου AP με χρήση Airodump-ng



Η διασύνδεση στη λειτουργία οθόνης δημιουργείται από τη διασύνδεση ασύρματης κάρτας LAN με τη χρήση του Airmmon-ng. Οι πληροφορίες AP συλλέγονται με τη χρήση διεπαφής λειτουργίας παρακολούθησης που δημιουργείται από το Airmmon-ng. Η τιμή SSID των AP που έχουν συλλεχθεί αντιγράφεται δημιουργώντας AP. Το Airodump-ng μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη επιβεβαίωση της δημιουργίας παράνομα διπλασιασμένου AP.



Εικόνα 8. Επιβεβαίωση κλεμμένων AP

## Απόκτηση κλειδιών κοινής χρήσης WPA

- Δημιουργία διασύνδεσης στη λειτουργία παρακολούθησης με χρήση Airmmon-ng
- Συλλογή πληροφοριών περιφερειακών AP με χρήση του Airodump-ng
- Συλλογή μόνο στοχευμένων πληροφοριών AP χρησιμοποιώντας το Airodump-ng
- Προσπάθεια επίθεσης με χρήση Airodump-ng
- Συλλογή χειραψίας WPA με χρήση του Airodump-ng
- Προσπάθεια επίθεσης dictionary με χρήση του Aircrack-ng

Η διεπαφή λειτουργίας παρακολούθησης δημιουργείται με τη χρήση του Airmmon-ng. Ο τρόπος με τον οποίο δημιουργείται η διεπαφή λειτουργίας παρακολούθησης είναι ο ίδιος με τον διπλασιασμό των AP. Μόνο οι πληροφορίες AP για την απόκτηση κλειδιών κοινής χρήσης WPA στο περιφερειακό AP συλλέγονται με τη χρήση του Airodump-ng.

Το AP και οι clients αναγκάζονται να επιχειρήσουν επανασύνδεση από την επίθεση, για επανασύνδεση χρησιμοποιούν το Aircrack-ng. Το Airodump-ng συλλέγει τη χειραψία WPA Handshake κατά τη διάρκεια της επανασύνδεσης.

Κατά την επίθεση για την απόκτηση κλειδιών κοινής χρήσης WPA, είναι σημαντικό να συλλέγονται οι χειραψίες WPA για να αποτρέπεται η dictionary attack. Στην μελέτη, τα πακέτα εμποδίστηκαν από την επίθεση επανασύνδεσης κάνοντας τον κωδικό πρόσβασης AP περίπλοκο και κάνοντας την dictionary attack να αποτύχει.

### **Man in the Middle attack**

Στη συνέχεια με την επίθεση man in the middle attack και τη χρήση της εντολής Airmon-ng και Airbase-ng. Τα βήματα είναι τα εξής:

- Η διασύνδεση στη λειτουργία παρακολούθησης δημιουργείται με τη χρήση του Airmon-ng.
- Το Ap δημιουργείται με τη χρήση του Airbase-ng.
- Δημιουργία ενσύρματης και ασύρματης γέφυρας.

Ο τρόπος με τον οποίο δημιουργούνται η διεπαφή λειτουργίας παρακολούθησης και το Ap είναι ίδιος με την απόκτηση παράνομα αντιγραμμένων κλειδιών AP και WPA. Στη συνέχεια δημιουργείται μια γέφυρα όπου μετά εκχωρείται μια διεύθυνση IP.

Με τη μέθοδο αυτή, όπου προσπαθεί να γίνει πρόληψη ασύρματης εισβολής χρησιμοποιώντας το Drone του Kismet όπου το Kismet αποθηκεύει τα πακέτα που συλλέγονται σε ένα αρχείο. Το Kismet επίσης χρησιμοποιείται για την εύρεση διπλώτων AP ή μη εξουσιοδοτημένων. Το Wireshark με τη σειρά του χρησιμοποιείται για την ανάλυση των αρχείων πακέτων που έχουν αποθηκευτεί στο Kismet και τα πακέτα που αναλύονται με το Wireshark μετατρέπονται από έναν κανόνα του τείχους προστασίας. Στη περίπτωση, που η εισβολή δεν αποκλειστεί το Wireshark δημιουργεί εκ νέου κανόνες για το τείχος προστασίας[31].

## **4.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Σύμφωνα με τις προηγούμενες αναφορές τα δίκτυα υπολογιστών ολοένα επεκτείνονται με αποτέλεσμα να προκύπτει η ανάγκη για την ασφάλεια των χρηστών του δικτύου και την διασφάλιση των προσωπικών τους δεδομένων, για τον λόγο αυτό οι επιχειρήσεις έχουν αρχίσει να επενδύουν σε προσωπικό ασφαλείας για τα Δίκτυα Υπολογιστών. Τα δίκτυα, είναι τα θεμέλια κάθε υπολογιστικού συστήματος και συνεπώς και το πιο τρωτό σημείο σε αυτά. Φαίνεται πως υπάρχει ζήτηση για εξειδικευμένο προσωπικό, όμως δεν έχει δημιουργηθεί κάποιο μάθημα που να μπορεί να καλύψει τις βασικές θεωρητικές και πρακτικές γνώσεις των δικτύων με αποτέλεσμα να προκύπτει η αντίληψη ότι τα Δίκτυα Υπολογιστών είναι δύσκολα στην κατανόηση. Με τη παρούσα εργασία στοχεύουμε δημιουργία μαθημάτων που θα ανταποκρίνονται στις ανάγκες του μαθήματος.

## 5. ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο δημιουργούμε μια σειρά εργαστηριακών ασκήσεων για τη διδασκαλία των Δικτύων Υπολογιστών με χρήση της πλακέτας Raspberry Pi. Σκοπός των εργαστηριακών ασκήσεων είναι να δημιουργήσουμε μια εναλλακτική προσέγγιση εκπόνησης των εργαστηριακών ασκήσεων από τους φοιτητές με όσο το δυνατόν καλύτερα αποτελέσματα. Για τη δημιουργία του μαθήματος απαιτείται ο βασικός εξοπλισμός Raspberry Pi Model B, μια κάρτα SD , τροφοδοτικό της συσκευής και ένα καλώδιο HDMI για τη διασύνδεση στο monitor. Το Raspberry Pi τεχνικά μπορεί να κάνει οτιδήποτε μπορεί να κάνει ο κάθε υπολογιστής , όπως να στείλει email να λειτουργήσει ως VPN ή ότι άλλο project μπορεί να φανταστεί ο κάθε χρήστης. Υπάρχει διαθέσιμη μια τεράστια λίστα περιφερειακών που είναι πλήρως συμβατά με το Raspberry Pi αλλά και έτοιμα project για να ξεκινήσει ο φοιτητής. Το Raspberry Pi είναι ευέλικτο, πλήρως παραμετροποιήσιμη και προγραμματιζόμενη πλακέτα που υποστηρίζει Linux, επιπλέον λειτουργεί άψογα μετατρέποντάς το ως κόμβο WSN(wireless sensor network). Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επισκέπτεται το σταθμό βάσης εξ αποστάσεως μέσω (δικτυακού τόπου) Ethernet ή κονσόλας εντολών. Είναι δυνατή η πρόσβαση στο Raspberry Pi μέσω απομακρυσμένης σύνδεσης SSH ή με το λογισμικό putty, βάζοντας απλώς τη διεύθυνση του Raspberry Pi. Βασιζόμενοι στις δυνατότητες αυτές επιλέξαμε το συγκεκριμένο πλακετάκι ακολουθώντας κάποιες υλοποιήσεις οι οποίες μπορούν να συνδυαστούν με το θεωρητικό κομμάτι.

### 5.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα αναλύσουμε με ποιον τρόπο θα γίνεται η διδασκαλία των εργαστηριακών διαλέξεων στους φοιτητές. Θεωρούμε ότι το μάθημα απευθύνεται στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση και πιο συγκεκριμένα σε σπουδαστές πληροφορικής για το μάθημα Δίκτυα Υπολογιστών του τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Παράλληλα με την θεωρητική διδασκαλία, οργανώνονται και διεξάγονται εργαστηριακές ασκήσεις που βασίζονται στο Raspberry Pi. Ενδεικτικά παρουσιάζονται τρεις εργαστηριακές ασκήσεις:

1<sup>η</sup> εργαστηριακή άσκηση οι φοιτητές θα λάβουν τις απαραίτητες οδηγίες για την μετατροπή του Raspberry Pi σε Router με το λογισμικό OpenWRT. Για τη συγκεκριμένη εργασία απαιτούνται θεωρητικές γνώσεις TCP/IP.

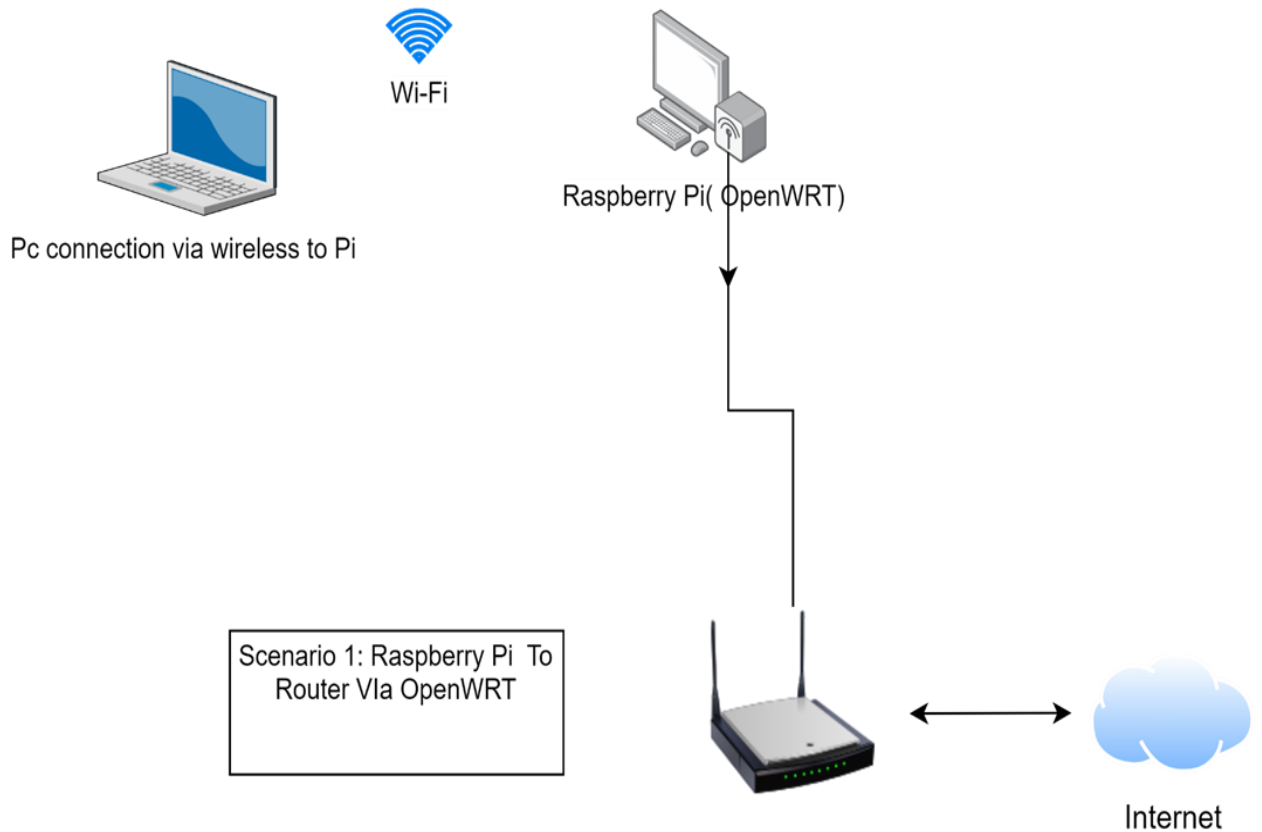
2<sup>η</sup> εργαστηριακή άσκηση θα πρέπει να μετατρέψουν το Raspberry Pi σε wired Router. Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης άσκησης απαιτούνται θεωρητικές γνώσεις για τα ασύρματα δίκτυα αλλά και τον τρόπο λειτουργίας του PuTTY, επίσης θα αποκτήσουν γνώσεις σχετικά με τα Linux.

3<sup>η</sup> εργαστηριακή άσκηση θα πρέπει να μετατρέψουν το Raspberry Pi σε access point. Για την τελευταία εργαστηριακή απαιτείται συνδυασμός όλων των προηγούμενων ασκήσεων αλλά και γνώση του DHCP και SSH.

## 5.2 RASPBERRY Pi TO ROUTER VIA OpenWRT

### 5.2.1 Μετατροπή του Raspberry Pi σε Router με χρήση OpenWRT.

Στα πλαίσια αυτής της εργαστηριακής άσκησης, οι μαθητές θα υλοποιήσουν ένα OpenWRT router.



Εικόνα 9. Scenario 1: Raspberry Pi To Router Via OpenWRT

Στόχος αυτού του εργαστηρίου είναι να μάθουν οι συμμετέχοντες να:

- Να χρησιμοποιούν εξοπλισμό για την πρόσβαση στο δίκτυο.
- Να εγκαθιστούν και να ρυθμίζουν λογισμικό κατάλληλο για τη δικτύωση.
- Να εκτελούν βασικές λειτουργίες διαμόρφωσης σε ένα δρομολογητή.
- Να διαμορφώνουν και ενεργοποιούν διεπαφές Ethernet.
- Να δοκιμάζουν και επαληθεύουν τις διαμορφώσεις.
- Να τεκμηριώσουν την υλοποίηση του δικτύου.

### 5.2.2 Απαραίτητος εξοπλισμός

Για την υλοποίηση της εργαστηριακής άσκησης θα χρειαστούν:

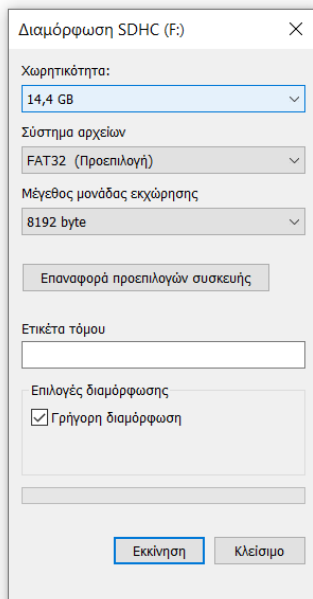
- Μια αναπτυξιακή πλακέτα Raspberry Pi 4 model B
- Μια κάρτα SD με ελάχιστο χώρο 4Gb

- Καλώδιο Ethernet
- Καλώδιο HDMI
- Ποντίκι/ Πληκτρολόγιο
- Οθόνη
- Τροφοδοτικό micro usb 5v

### 5.2.3 Διαδικασία Υλοποίησης

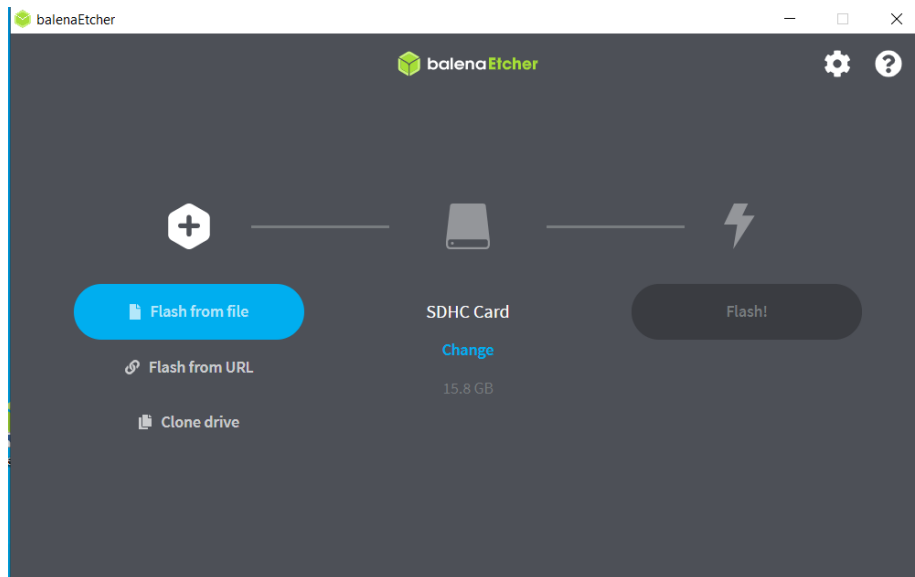
#### Βήμα 1<sup>ο</sup> : Εγκατάσταση του λογισμικού

Για την εγκατάσταση του λογισμικού στην κάρτα sd, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί format στην κάρτα ώστε να είναι κενή και να μπορέσουμε να εγκαταστήσουμε το λογισμικό.



**Εικόνα 10. Format Sd**

Για την εγκατάσταση του λογισμικού χρησιμοποιώ το balenaEtcher το οποίο εγκαθιστά αρχεία τύπου .iso στην κάρτα sd.



Εικόνα 11. Εγκατάσταση λογισμικού στην SD

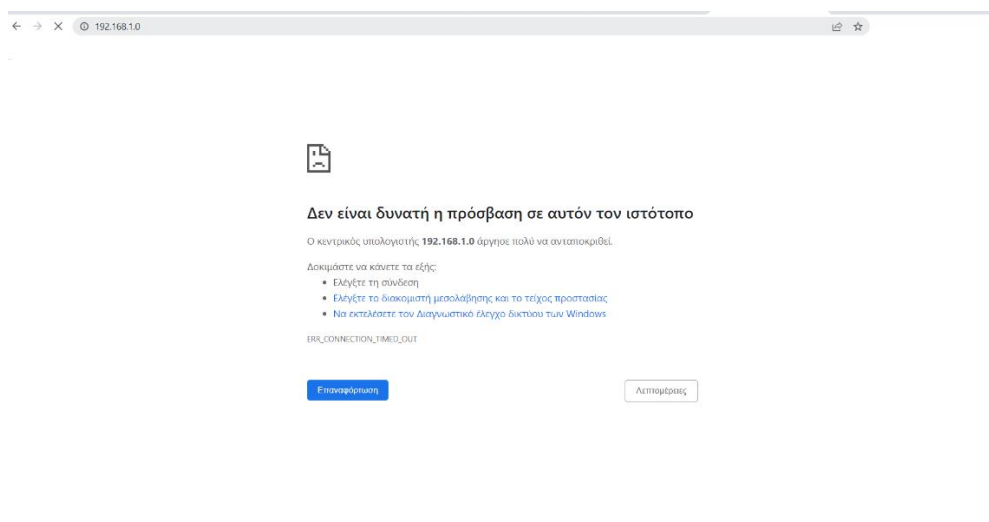
## Βήμα 2° : Ρύθμιση του Raspberry Pi

Για την ρύθμιση του Raspberry Pi ώστε να δουλεύει σαν router είναι απαραίτητες οι εξής ενέργειες.

### Βήμα 2.1 Ενεργοποίηση network interface

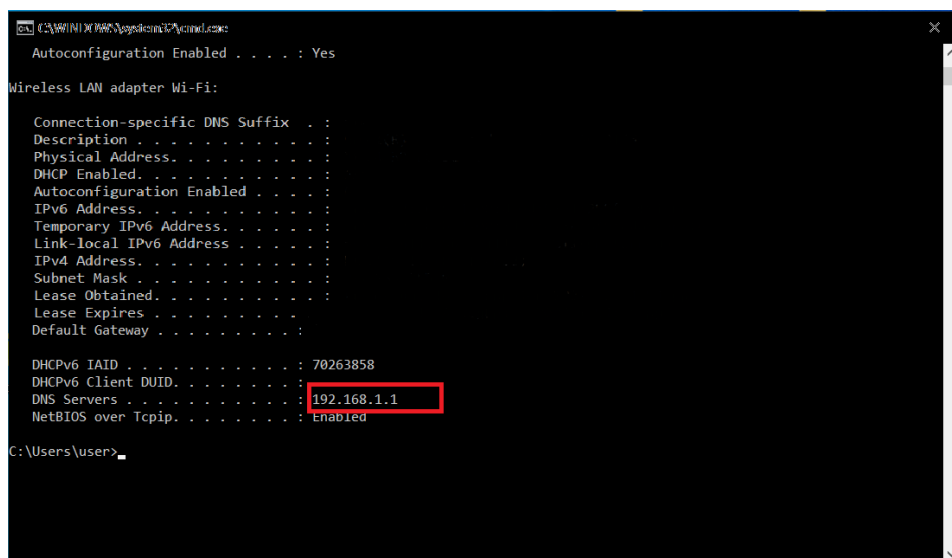
Ενεργοποιώντας για πρώτη φορά τη συσκευή γράφουμε την εντολή “ip a” όπου μας δίνει σαν αποτέλεσμα network interface και εκεί θα δούμε ότι στην περιοχή inet μας δίνει μια ip.

Γράφοντας αυτή την ip “192.168.1.0 σε ένα browser θα δούμε ότι δεν λειτουργεί.



Εικόνα 12. Connection test

Στον περιβάλλον του υπολογιστή μας, σε λειτουργία cmd γράφουμε την εντολή “ ip config /all ” . Και κρατάμε την ip από το DNS servers.



```
Autoconfiguration Enabled . . . . . : Yes
Wireless LAN adapter Wi-Fi:
    Connection-specific DNS Suffix . . :
    Description . . . . . :
    Physical Address. . . . . :
    DHCP Enabled. . . . . :
    Autoconfiguration Enabled . . . . . :
    IPv6 Address. . . . . :
    Temporary IPv6 Address. . . . . :
    Link-local IPv6 Address . . . . . :
    IPv4 Address. . . . . :
    Subnet Mask . . . . . :
    Lease Obtained. . . . . :
    Lease Expires . . . . . :
    Default Gateway . . . . . :
    DHCPv6 IAID . . . . . : 70263858
    DHCPv6 Client DUID. . . . . :
    DNS Servers . . . . . : 192.168.1.1
    NetBIOS over Tcpip. . . . . : Enabled
C:\Users\user>
```

Εικόνα 13. Εύρεση DNS

Στην συνέχεια, στο raspberry pi πληκτρολογούμε:

```
Cd /etc/config
Vim network
```

```
Για να κάνουμε διαμόρφωση το αρχείο πατάμε ‘i’
option ipaddr ‘192.168.1.2’
option dns ‘192.168.1.1’
option gateway ‘192.168.1.1’
```

Για να σταματήσουμε τη διαμόρφωση πατάμε το ‘esc’ και στη συνέχεια γράφουμε:

```
‘:x’
```

```
Reboot network /etc/init.d/network restart
```

Η διαμόρφωση του Raspberry pi έχει ολοκληρωθεί.

Στον browser του υπολογιστή γράφουμε την διεύθυνση 192.168.1.2 και μεταφερόμαστε στις ρυθμίσεις του router.

OpenWrt Status System Network Logout REFRESHING

**No password set!**  
There is no password set on this router. Please configure a root password to protect the web interface.

## Status

### System

Hostname	OpenWrt
Model	Raspberry Pi 4 Model B Rev 1.5
Architecture	ARMv7 Processor rev 3 (v7l)
Target Platform	bcm27xx/bcm2709
Firmware Version	OpenWrt 22.03.2 r19803-9a599fee93 / LuCI openwrt-22.03 branch git-22.288.45147-96ec0cd
Kernel Version	5.10.146
Local Time	2022-12-17 17:36:39
Uptime	0h 1m 45s
Load Average	0.12, 0.03, 0.01

### Memory

Total Available	1.76 GiB / 1.83 GiB (96%)
Used	37.64 MiB / 1.83 GiB (2%)
Buffered	1004.00 KiB / 1.83 GiB (0%)

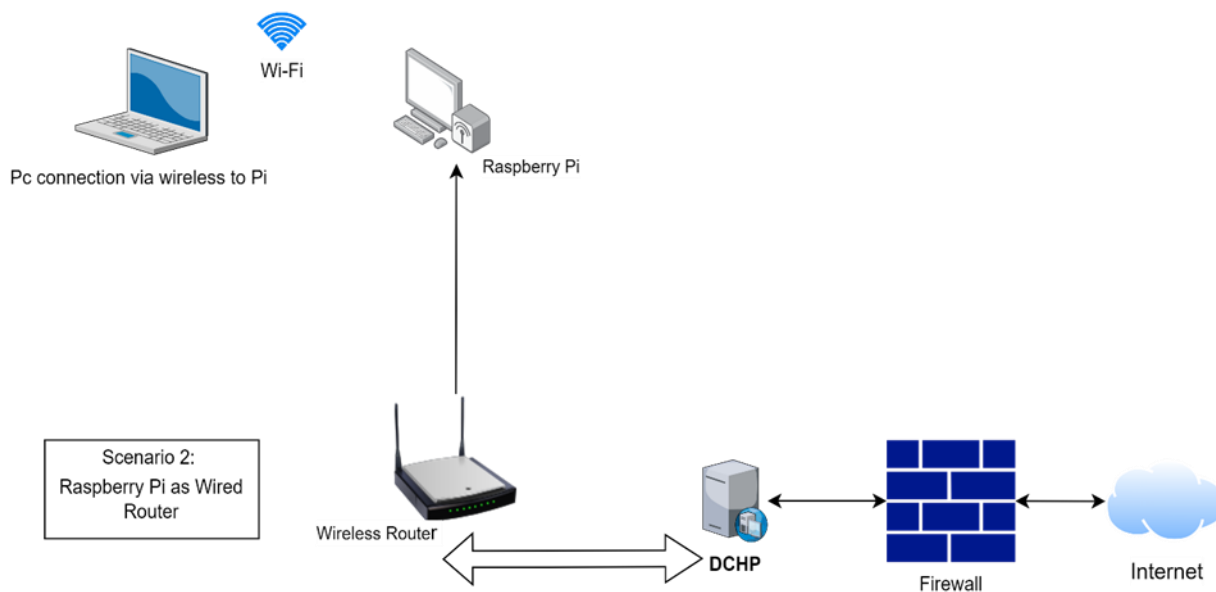
Εικόνα 14. OpenWrt Home Page

## 5.3 RASPBERRY Pi AS A WIRED ROUTER

### 5.3.1 Μετατροπή του Raspberry Pi σε wired router

Στα πλαίσια της εργαστηριακής άσκησης, οι μαθητές θα υλοποιήσουν την μετατροπή του Raspberry Pi σε wired router.





Εικόνα 15. Scenario 2: Raspberry Pi as Wired Router

Στόχος αυτού του εργαστηρίου είναι να μάθουν οι συμμετέχοντες να:

- Να μάθουν να χειρίζονται το PuTTY και να συνδέονται απομακρυσμένα στο Raspberry Pi.
- Να μάθουν να χειρίζονται Linux.
- Να μάθουν να ενεργοποιούν και απενεργοποιούν το Wi-Fi.
- Να διαμορφώνουν και εγκαθιστούν το DHCP.
- Να μάθουν να εγκαθιστούν firewall.
- Να επαληθεύουν την λειτουργία των διαμορφώσεων.

### 5.3.2 Απαραίτητος εξοπλισμός

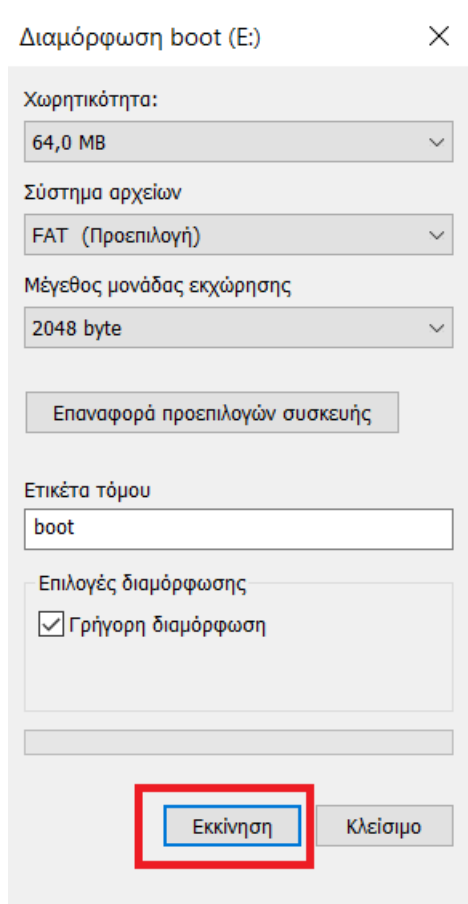
Για την υλοποίηση της εργαστηριακής άσκησης θα χρειαστούν:

- Μια αναπτυξιακή πλακέτα Raspberry Pi 4 model B
- Μια κάρτα SD με ελάχιστο χώρο 4Gb
- Καλώδιο Ethernet
- Καλώδιο HDMI
- Ποντίκι/ Πληκτρολόγιο
- Οθόνη
- Router
- Τροφοδοτικό micro usb 5v

### 5.3.3 Διαδικασία υλοποίησης

#### Βήμα 1<sup>ο</sup> : εγκατάσταση λογισμικού

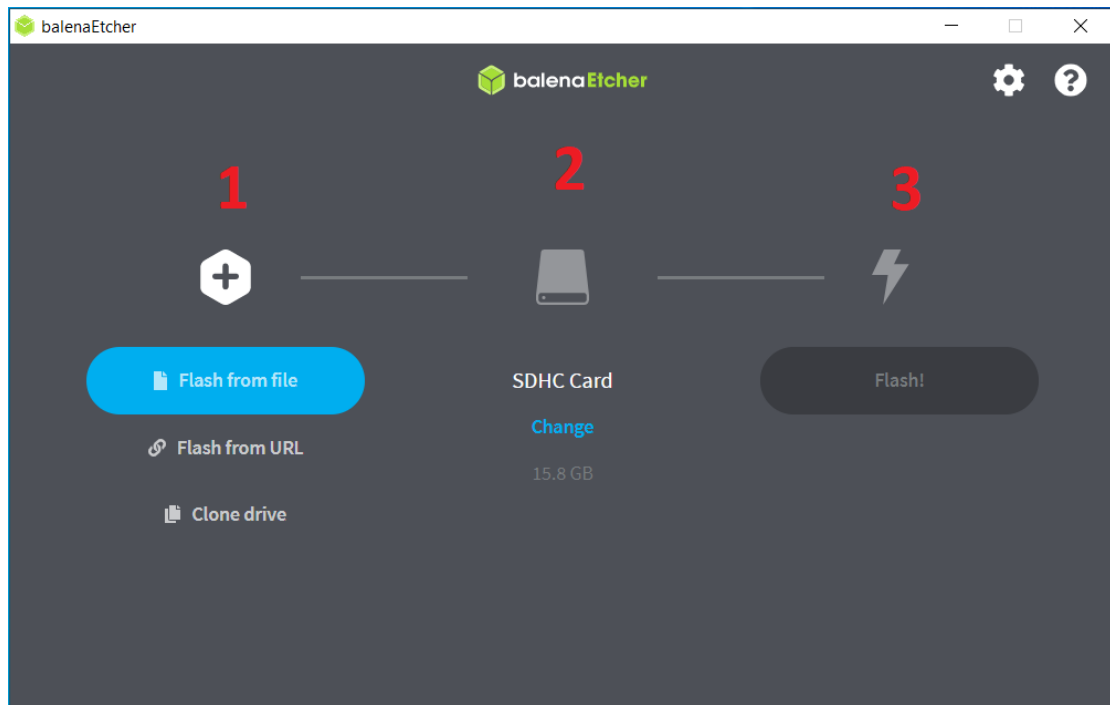
Αρχικά κάνω format την κάρτα SD ώστε να μπορέσω να εγκαταστήσω το Raspbian.



Εικόνα 16. Format SD

Κατεβάζω από το επίσημο site raspberry pi το λογισμικό <<Raspberry Pi OS Lite>> χρησιμοποιώντας το ακόλουθο link <https://www.raspberrypi.com/software/operating-systems/>

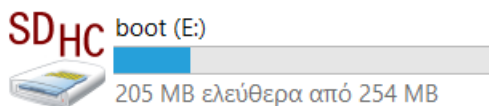
Κάνοντας χρήση το balenaEtcher γράφω στην κάρτα SD Raspberry Pi OS Lite.



Εικόνα 17. Εγκατάσταση λογισμικού στην SD

Αρχικά επιλέγω την θέση του αρχείου, στην συνέχεια επιλέγω σε ποια μονάδα θα κάνω εγγραφή στο λογισμικό και τέλος πατάω flash.

Στην συνέχεια από τον υπολογιστή μου επιλέγω την κάρτα SD



Εικόνα 18. Bootable SD card

### Βήμα 2<sup>ο</sup> παραμετροποίηση Wi-Fi

Στη συνέχεια δημιουργώ ένα αρχείο δίνοντας το όνομα SSH.

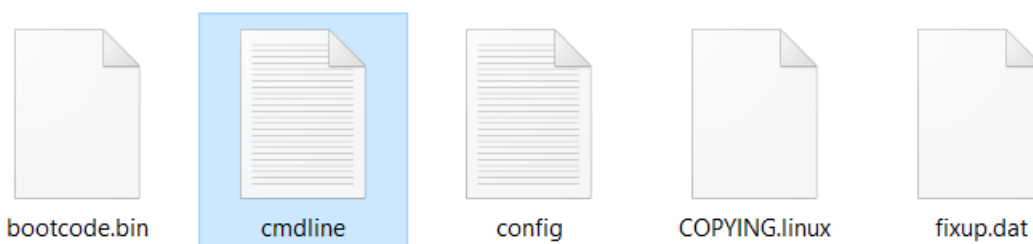
Δημιουργώ ακόμη ένα αρχείο με όνομα wpa\_supplicant.conf και δίνω τις ακόλουθες εντολές:

Στο ssid δίνω το όνομα δικτύου μας και στο psk βάζω τον κωδικό του δικτύου μας.

```
*wpa_supplicant.conf - Σημειωματάριο
Αρχείο Επεξεργασία Μορφή Προβολή Βοήθεια
ctrl_interface=DIR=/var/run/wpa_supplicant GROUP=netc
update_config=1
country=US
network={
ssid="YOUR_WIFI_SSID"
psk="YOUR_WIFI_PASSWORD"
scan_ssid=1
priority=1
}
Ln 5, Col 1    100%    Windows (CRLF)    UTF-8
```

Εικόνα 19. Configure Network Connection

Αναζητώ το αρχείο cmdline:



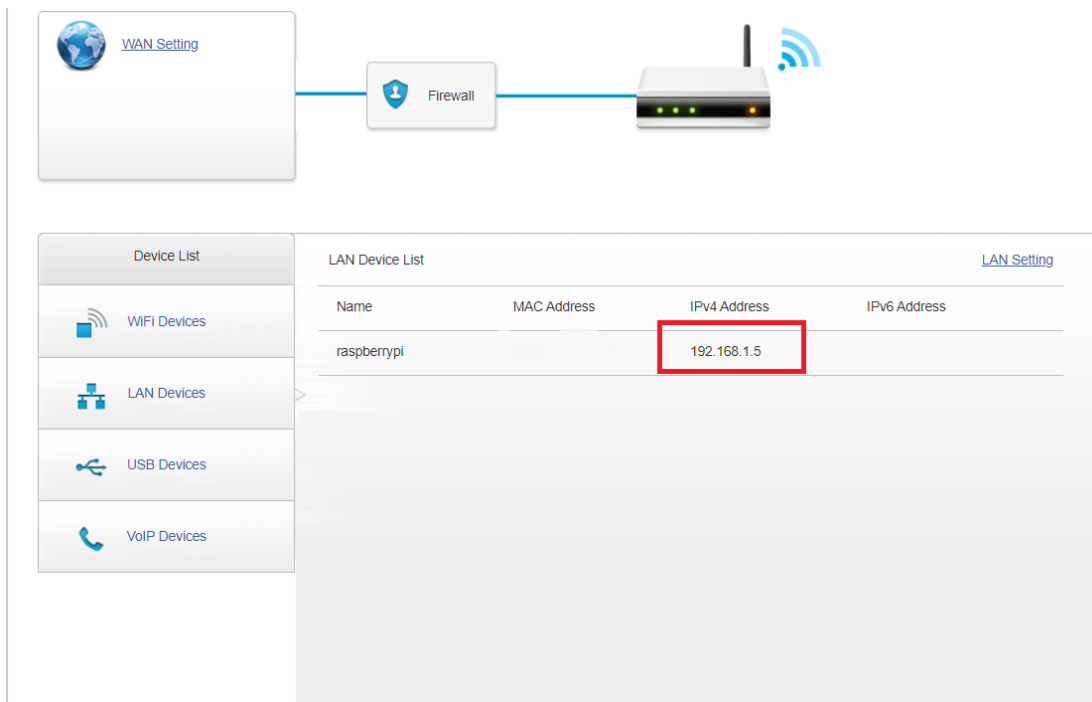
Εικόνα 20. cmdline

Και προσθέτω στο τέλος της γραμμής <<ipn6.disable=1>>

```
cmdline - Σημειωματάριο
Αρχείο Επεξεργασία Μορφή Προβολή Βοήθεια
console=serial0,115200 console=tty1 root=PARTUUID=b1214a26-02
rootfstype=ext4 fsck.repair=yes rootwait quiet init=/usr/lib/raspberrypi-sys-mods/firstboot ipv6.disable=1
```

Εικόνα 21. Configure cmdline

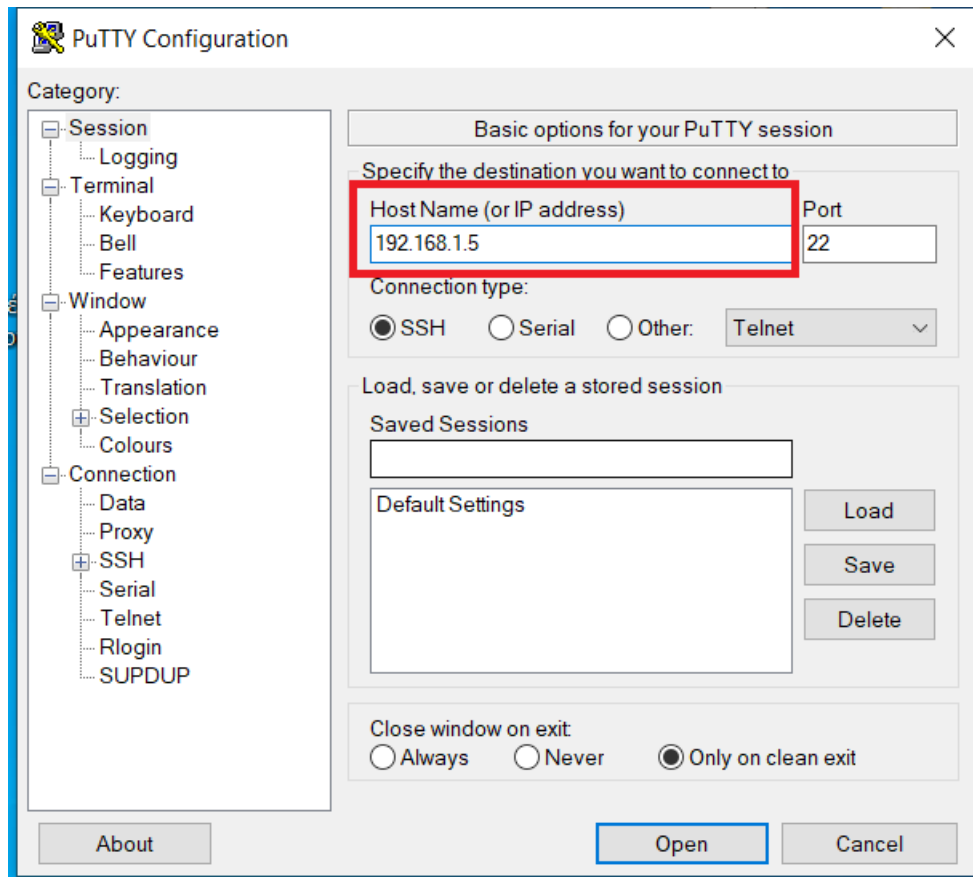
Μπαίνοντας στις ρυθμίσεις του Router μας, κάνουμε μια αναζήτηση για να δούμε ποιες συσκευές είναι συνδεδεμένες πάνω σε αυτό ώστε να βρούμε την IP που έχει πάρει το Raspberry Pi.



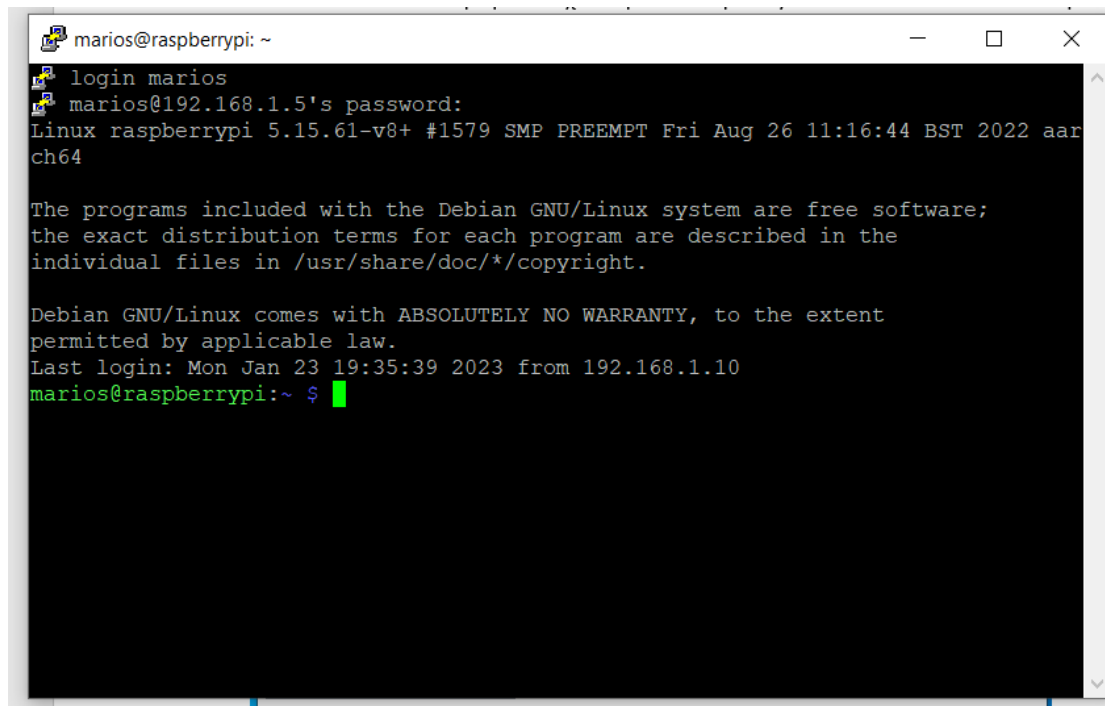
Εικόνα 22. Raspberry Pi IP

### Βήμα 3<sup>ο</sup> εγκατάσταση PuTTY

Εγκαθιστώ την εφαρμογή PuTTY η οποία μας βοηθάει να συνδεόμαστε στο SSH δίκτυο μας από windows. Δίνω την Ip που έχει πάρει το Raspberry Pi από το router και συνδέομαι.

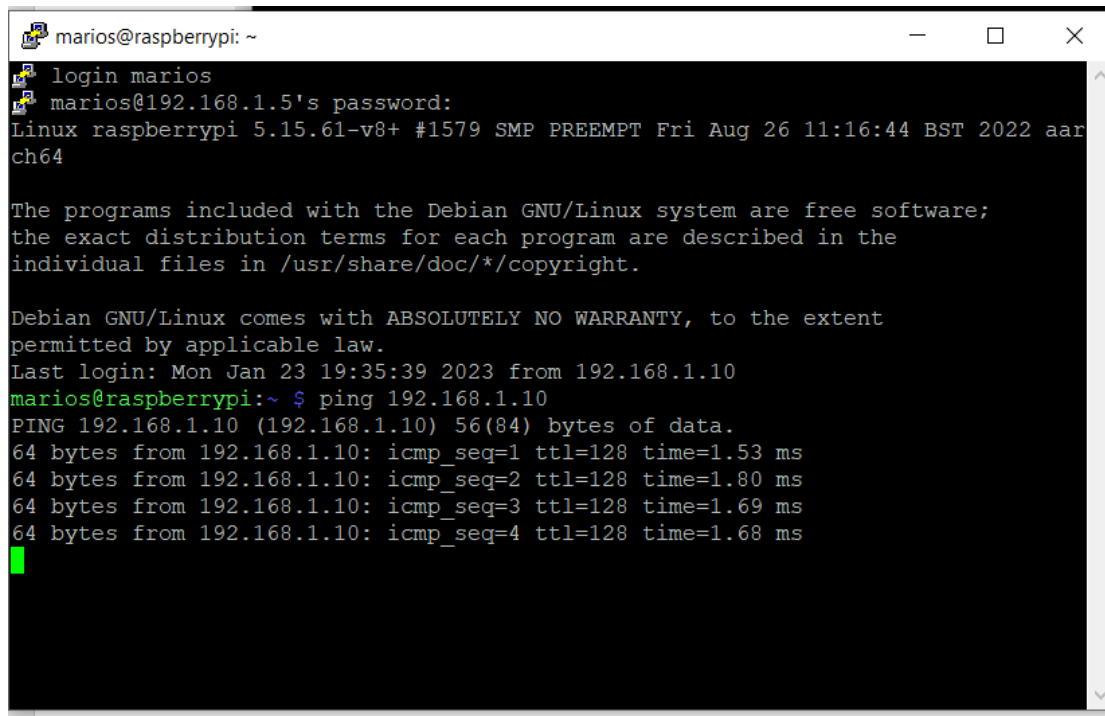


Εικόνα 23. Connect via PuTTY



Εικόνα 24. Ping Test

Κάνοντας ping την Ip του υπολογιστή μου “192.168.1.10” βλέπω ότι το δίκτυο λειτουργεί κανονικά και υπάρχει πρόσβαση στο internet.

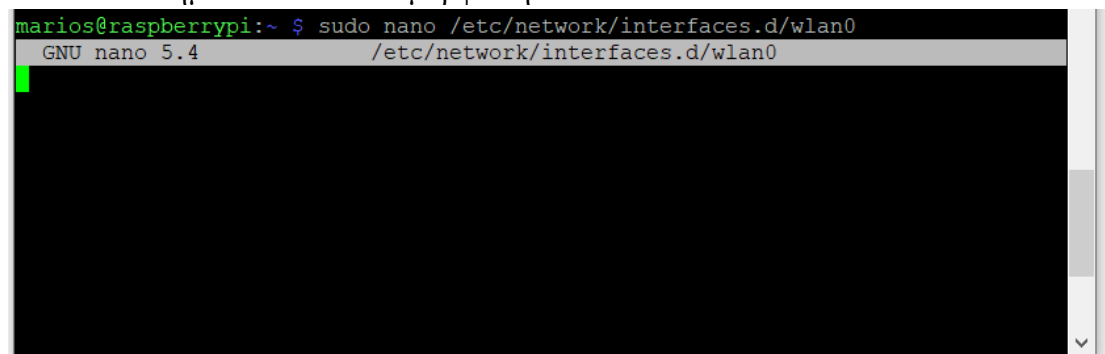


```
marios@raspberrypi: ~  
login marios  
marios@192.168.1.5's password:  
Linux raspberrypi 5.15.61-v8+ #1579 SMP PREEMPT Fri Aug 26 11:16:44 BST 2022 aarch64  
  
The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;  
the exact distribution terms for each program are described in the  
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.  
  
Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent  
permitted by applicable law.  
Last login: Mon Jan 23 19:35:39 2023 from 192.168.1.10  
marios@raspberrypi:~ $ ping 192.168.1.10  
PING 192.168.1.10 (192.168.1.10) 56(84) bytes of data.  
64 bytes from 192.168.1.10: icmp_seq=1 ttl=128 time=1.53 ms  
64 bytes from 192.168.1.10: icmp_seq=2 ttl=128 time=1.80 ms  
64 bytes from 192.168.1.10: icmp_seq=3 ttl=128 time=1.69 ms  
64 bytes from 192.168.1.10: icmp_seq=4 ttl=128 time=1.68 ms
```

Εικόνα 25. Ping Test

#### Βήμα 4<sup>ο</sup> : διαμόρφωση δικτύου

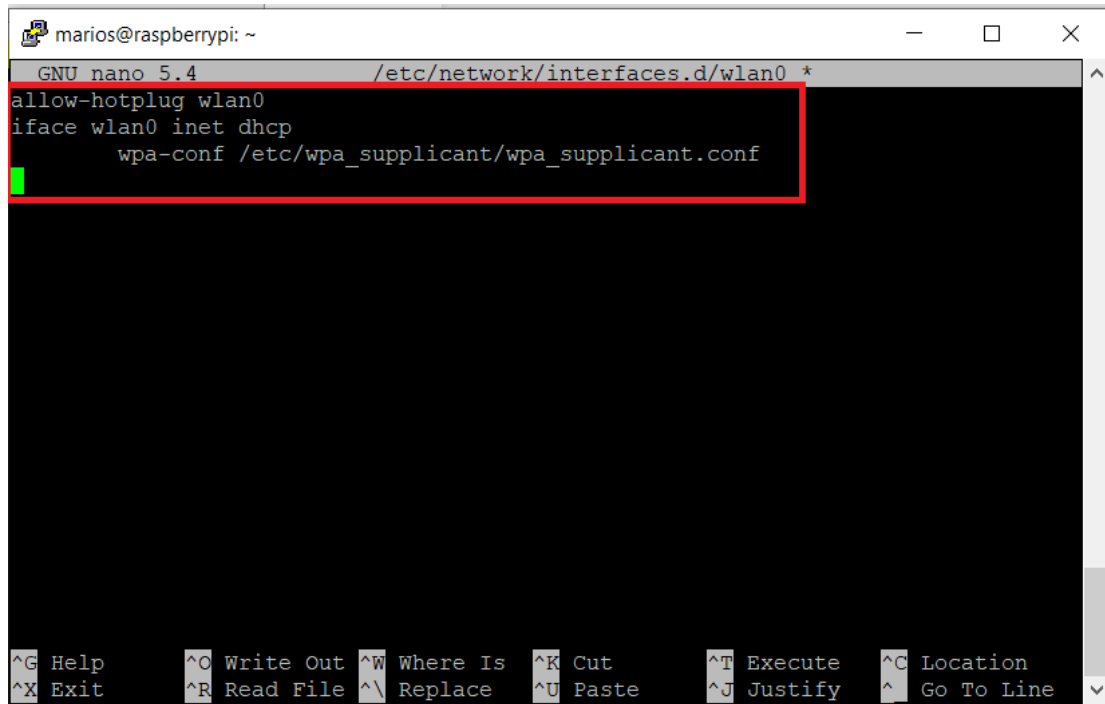
Σε αυτό το σημείο θα κάνω διαμόρφωση του δικτύου:



```
marios@raspberrypi:~ $ sudo nano /etc/network/interfaces.d/wlan0  
GNU nano 5.4 /etc/network/interfaces.d/wlan0
```

Εικόνα 26. Network Configuration

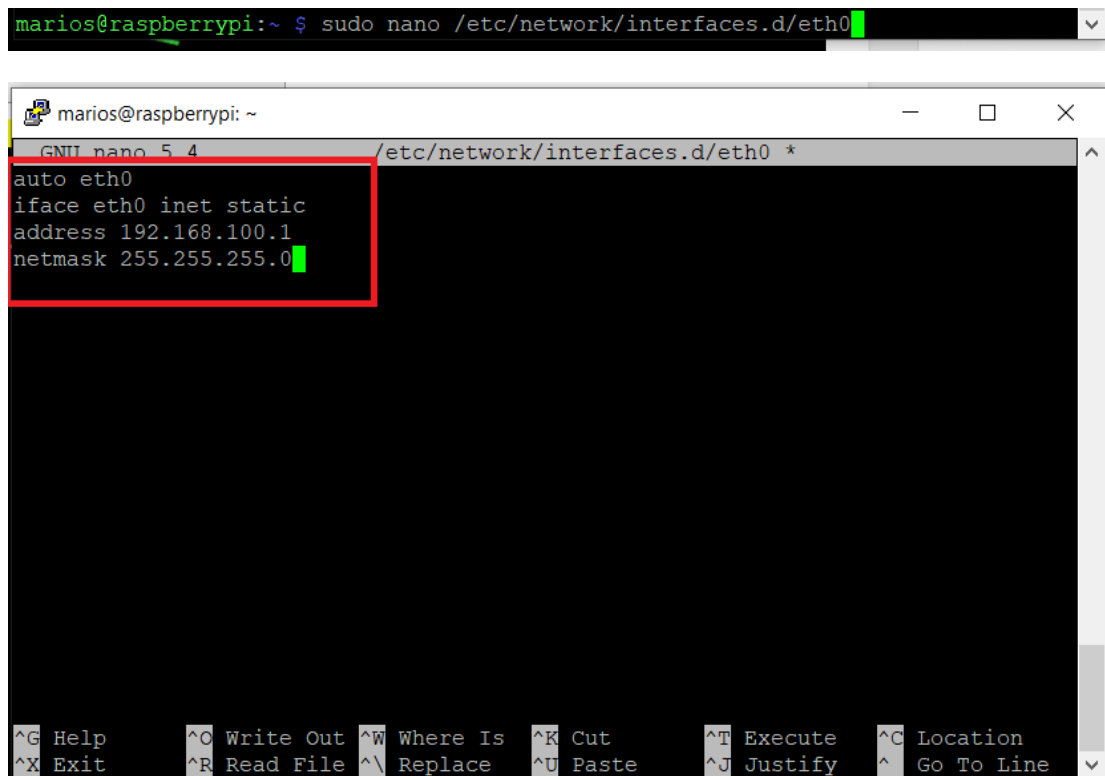
Γράφω τις ακόλουθες εντολές για τη διαμόρφωση



```
marios@raspberrypi: ~  
GNU nano 5.4 /etc/network/interfaces.d/wlan0 *  
allow-hotplug wlan0  
iface wlan0 inet dhcp  
    wpa-conf /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf  
  
^G Help      ^O Write Out  ^W Where Is   ^K Cut        ^T Execute    ^C Location  
^X Exit      ^R Read File  ^\ Replace    ^U Paste      ^J Justify    ^_ Go To Line
```

Εικόνα 27. wlan0 configuration

Στη συνέχεια κάνω διαμόρφωση για το eth0:



```
marios@raspberrypi:~ $ sudo nano /etc/network/interfaces.d/eth0  
GNU nano 5.4 /etc/network/interfaces.d/eth0 *  
auto eth0  
iface eth0 inet static  
address 192.168.100.1  
netmask 255.255.255.0  
  
^G Help      ^O Write Out  ^W Where Is   ^K Cut        ^T Execute    ^C Location  
^X Exit      ^R Read File  ^\ Replace    ^U Paste      ^J Justify    ^_ Go To Line
```

Εικόνα 28. eth0 Configuration

Απενεργοποιώ το dhcpd service:



```
marios@raspberrypi:~ $ sudo systemctl disable dhcpcd
```

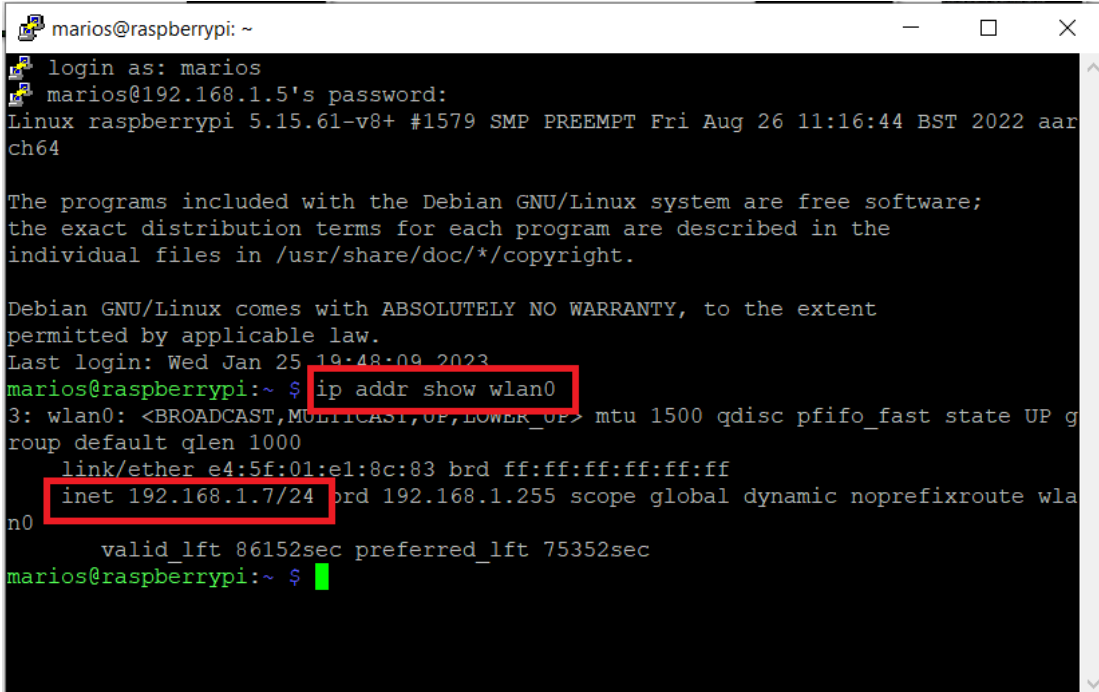
Εικόνα 29. Disable dhcpcd

Και κάνω restart το Raspberry Pi :

```
marios@raspberrypi:~ $ sudo reboot
```

Εικόνα 30. Restart Raspberry

Ελέγχουμε ότι το wlan0 έχει πάρει μια IP από τον DHCP.



```
marios@raspberrypi: ~  
login as: marios  
marios@192.168.1.5's password:  
Linux raspberrypi 5.15.61-v8+ #1579 SMP PREEMPT Fri Aug 26 11:16:44 BST 2022 aar  
ch64  
  
The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;  
the exact distribution terms for each program are described in the  
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.  
  
Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent  
permitted by applicable law.  
Last login: Wed Jan 25 19:48:09 2023  
marios@raspberrypi:~ $ ip addr show wlan0  
3: wlan0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP g  
roup default qlen 1000  
    link/ether e4:5f:01:e1:8c:83 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff  
    inet 192.168.1.7/24 brd 192.168.1.255 scope global dynamic noprefixroute wla  
n0  
        valid_lft 86152sec preferred_lft 75352sec  
marios@raspberrypi:~ $
```

Εικόνα 31. ip Check

Στην συνέχεια κάνουμε έλεγχο και για την eth0 και βλέπουμε ότι έχει πάρει IP.

```
marios@raspberrypi: ~  
The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;  
the exact distribution terms for each program are described in the  
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.  
  
Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent  
permitted by applicable law.  
Last login: Wed Jan 25 19:48:09 2023  
marios@raspberrypi:~$ ip addr show wlan0  
3: wlan0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP group  
default qlen 1000  
    link/ether e4:5f:01:e1:8c:83 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff  
    inet 192.168.1.7/24 brd 192.168.1.255 scope global dynamic noprefixroute wlan0  
        valid_lft 86152sec preferred_lft 75352sec  
marios@raspberrypi:~$ ip addr show eth0  
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc mq state UP group default  
qlen 1000  
    link/ether e4:5f:01:e1:8c:82 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff  
    inet 192.168.100.1/24 brd 192.168.100.255 scope global eth0  
        valid_lft forever preferred_lft forever  
    inet 192.168.1.5/24 brd 192.168.1.255 scope global dynamic noprefixroute eth0  
        valid_lft 85671sec preferred_lft 74871sec  
marios@raspberrypi:~$
```

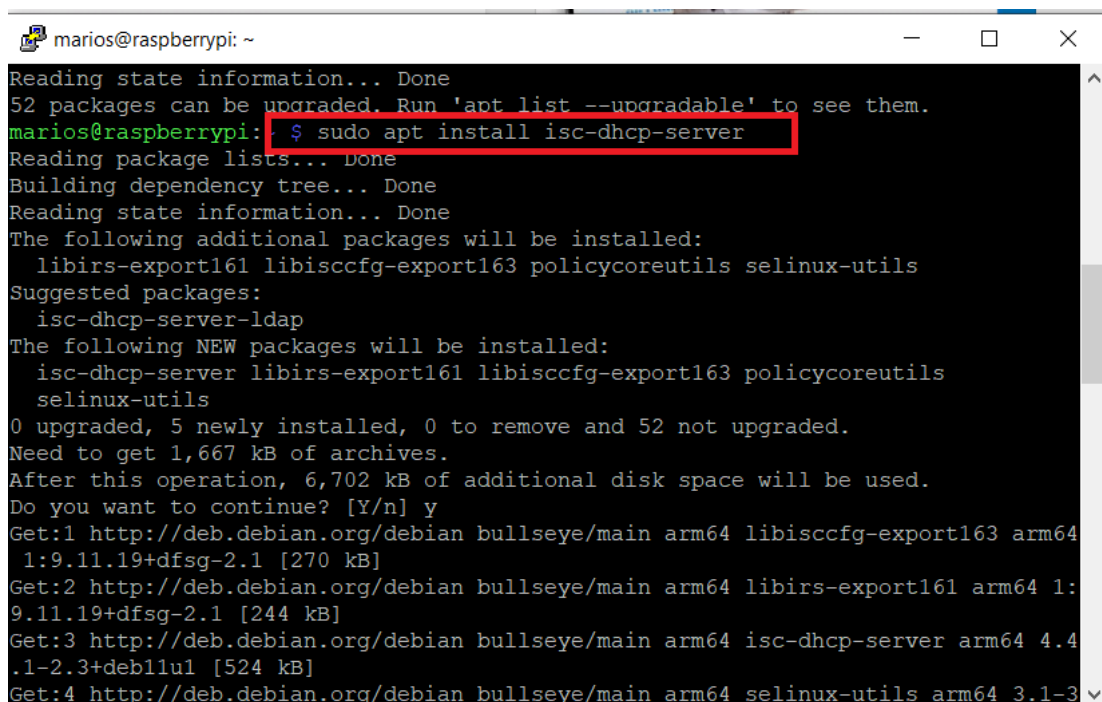
Εικόνα 32. ip Check

Κάνουμε update to APT package :

```
marios@raspberrypi: ~  
roup default qlen 1000  
    link/ether e4:5f:01:e1:8c:83 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff  
    inet 192.168.1.7/24 brd 192.168.1.255 scope global dynamic noprefixroute wlan0  
        valid_lft 86152sec preferred_lft 75352sec  
marios@raspberrypi:~$ ip addr show eth0  
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc mq state UP group default  
qlen 1000  
    link/ether e4:5f:01:e1:8c:82 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff  
    inet 192.168.100.1/24 brd 192.168.100.255 scope global eth0  
        valid_lft forever preferred_lft forever  
    inet 192.168.1.5/24 brd 192.168.1.255 scope global dynamic noprefixroute eth0  
        valid_lft 85671sec preferred_lft 74871sec  
marios@raspberrypi:~$ sudo apt update  
Hit:1 http://archive.raspberrypi.org/debian bullseye InRelease  
Hit:2 http://deb.debian.org/debian bullseye InRelease  
Hit:3 http://security.debian.org/debian-security bullseye-security InRelease  
Hit:4 http://deb.debian.org/debian bullseye-updates InRelease  
Reading package lists... Done  
Building dependency tree... Done  
Reading state information... Done  
52 packages can be upgraded. Run 'apt list --upgradable' to see them.  
marios@raspberrypi:~$
```

Εικόνα 33. Update Apt

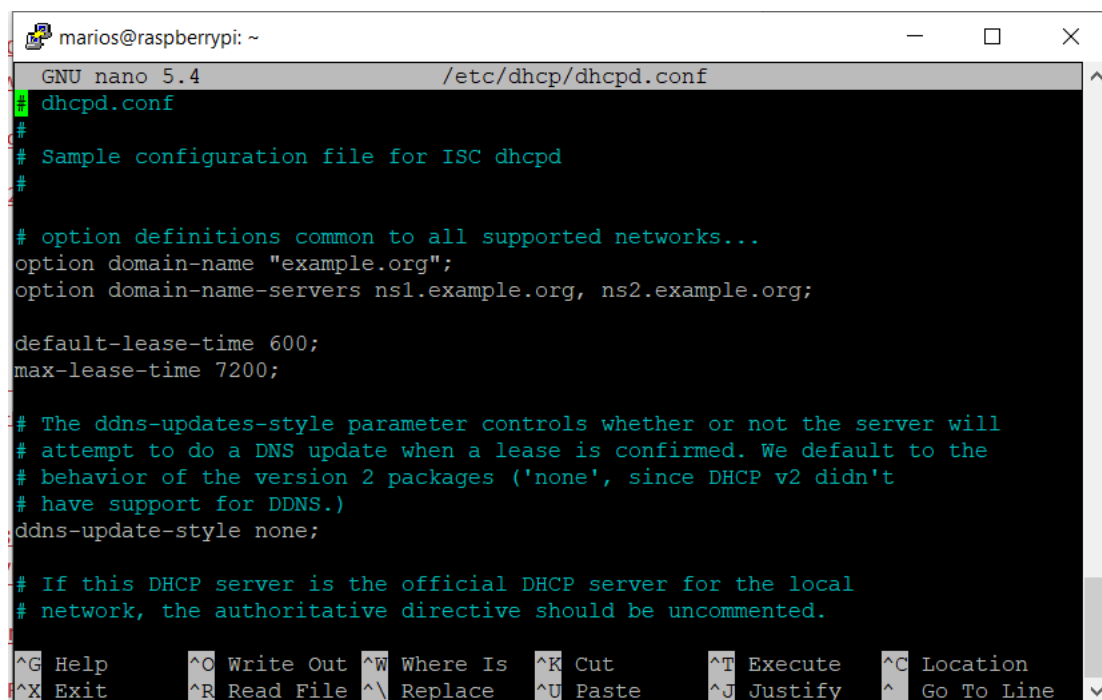
Εγκαθιστώ το ISC DHCP server με την ακόλουθη εντολή: `sudo apt install isc-dhcp-server`



```
marios@raspberrypi: ~  
Reading state information... Done  
52 packages can be upgraded. Run 'apt list --upgradable' to see them.  
marios@raspberrypi: $ sudo apt install isc-dhcp-server  
Reading package lists... Done  
Building dependency tree... Done  
Reading state information... Done  
The following additional packages will be installed:  
  libirs-export161 libiscfg-export163 policycoreutils selinux-utils  
Suggested packages:  
  isc-dhcp-server-ldap  
The following NEW packages will be installed:  
  isc-dhcp-server libirs-export161 libiscfg-export163 policycoreutils  
  selinux-utils  
0 upgraded, 5 newly installed, 0 to remove and 52 not upgraded.  
Need to get 1,667 kB of archives.  
After this operation, 6,702 kB of additional disk space will be used.  
Do you want to continue? [Y/n] y  
Get:1 http://deb.debian.org/debian bullseye/main arm64 libiscfg-export163 arm64 1:9.11.19+dfsg-2.1 [270 kB]  
Get:2 http://deb.debian.org/debian bullseye/main arm64 libirs-export161 arm64 1:9.11.19+dfsg-2.1 [244 kB]  
Get:3 http://deb.debian.org/debian bullseye/main arm64 isc-dhcp-server arm64 4.4.1-2.3+deb11u1 [524 kB]  
Get:4 http://deb.debian.org/debian bullseye/main arm64 selinux-utils arm64 3.1-3
```

Εικόνα 34. Install DHCP

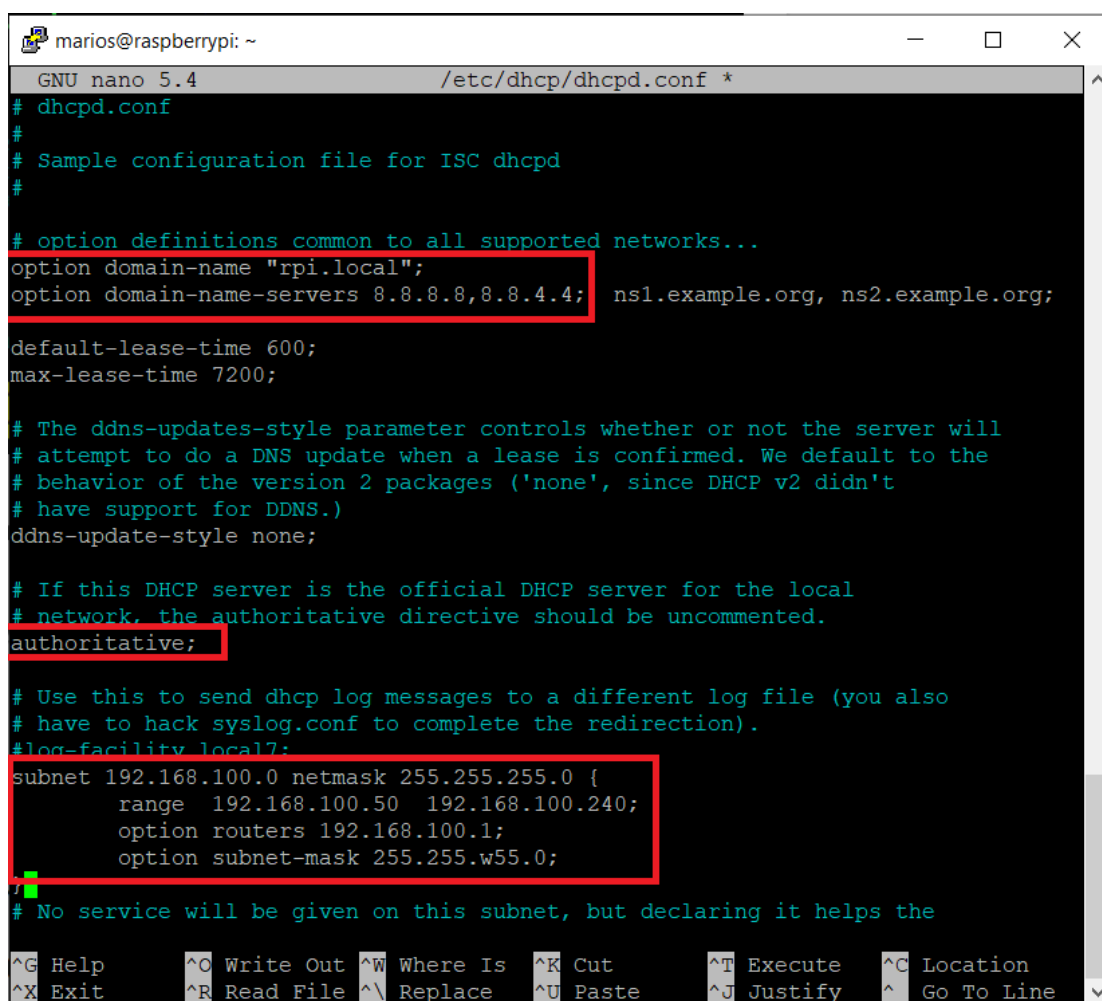
Στην συνέχεια ανοίγω το αρχείο `dhcpd.conf` με την εντολή `sudo nano/etc/dhcp/dhcpd.conf`



```
marios@raspberrypi: ~  
GNU nano 5.4 /etc/dhcp/dhcpd.conf  
dhcpd.conf  
#  
# Sample configuration file for ISC dhcpd  
#  
# option definitions common to all supported networks...  
option domain-name "example.org";  
option domain-name-servers ns1.example.org, ns2.example.org;  
  
default-lease-time 600;  
max-lease-time 7200;  
  
# The ddns-updates-style parameter controls whether or not the server will  
# attempt to do a DNS update when a lease is confirmed. We default to the  
# behavior of the version 2 packages ('none', since DHCP v2 didn't  
# have support for DDNS.)  
ddns-update-style none;  
  
# If this DHCP server is the official DHCP server for the local  
# network, the authoritative directive should be uncommented.  
  
^G Help      ^O Write Out ^W Where Is  ^K Cut      ^T Execute  ^C Location  
^X Exit      ^R Read File  ^\ Replace  ^U Paste    ^J Justify  ^_ Go To Line
```

Εικόνα 35. DHCPD configuration

Κάνω τις ακόλουθες αλλαγές στο αρχείο:



```
marios@raspberrypi: ~
GNU nano 5.4 /etc/dhcp/dhcpd.conf *
# dhcpd.conf
#
# Sample configuration file for ISC dhcpd
#
# option definitions common to all supported networks...
option domain-name "rpi.local";
option domain-name-servers 8.8.8.8,8.8.4.4; ns1.example.org, ns2.example.org;

default-lease-time 600;
max-lease-time 7200;

# The ddns-updates-style parameter controls whether or not the server will
# attempt to do a DNS update when a lease is confirmed. We default to the
# behavior of the version 2 packages ('none', since DHCP v2 didn't
# have support for DDNS.)
# have support for DDNS.)
ddns-update-style none;

# If this DHCP server is the official DHCP server for the local
# network, the authoritative directive should be uncommented.
authoritative;

# Use this to send dhcp log messages to a different log file (you also
# have to hack syslog.conf to complete the redirection).
#log-facility local7;
subnet 192.168.100.0 netmask 255.255.255.0 {
    range 192.168.100.50 192.168.100.240;
    option routers 192.168.100.1;
    option subnet-mask 255.255.w55.0;
}
# No service will be given on this subnet, but declaring it helps the

^G Help      ^O Write Out ^W Where Is  ^K Cut       ^T Execute  ^C Location
^X Exit      ^R Read File ^\ Replace   ^U Paste     ^J Justify  ^_ Go To Line
```

Εικόνα 36. DHCPD Configuration

Ανοίγω το αρχείο ρυθμίσεων του DHCP server με την εντολή :

sudo nano /etc/default/isc-dhcp-server και κάνω τις ακόλουθες αλλαγές:

```
marios@raspberrypi: ~
GNU nano 5.4 /etc/default/isc-dhcp-server *
# Defaults for isc-dhcp-server (sourced by /etc/init.d/isc-dhcp-server)

# Path to dhcpd's config file (default: /etc/dhcp/dhcpd.conf).
#DHCPDv4_CONF=/etc/dhcp/dhcpd.conf
#DHCPDv6_CONF=/etc/dhcp/dhcpd6.conf

# Path to dhcpd's PID file (default: /var/run/dhcpd.pid).
#DHCPDv4_PID=/var/run/dhcpd.pid
#DHCPDv6_PID=/var/run/dhcpd6.pid

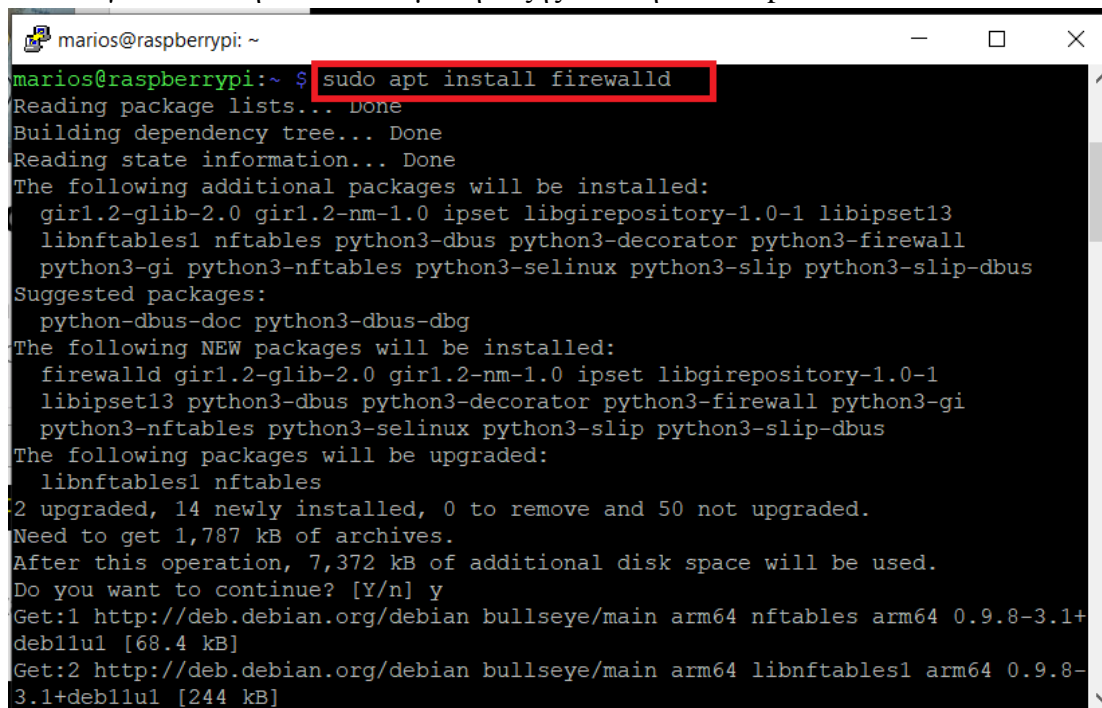
# Additional options to start dhcpd with.
# Don't use options -cf or -pf here; use DHCPD_CONF/ DHCPD_PID instead
#OPTIONS=""

# On what interfaces should the DHCP server (dhcpd) serve DHCP requests?
# Separate multiple interfaces with spaces, e.g. "eth0 eth1".
INTERFACESv4="eth0"
INTERFACESv6=""

^G Help      ^O Write Out ^W Where Is  ^K Cut       ^T Execute  ^C Location
^X Exit      ^R Read File ^\ Replace   ^U Paste     ^J Justify  ^_ Go To Line
```

Εικόνα 37. DHCPD Configuration

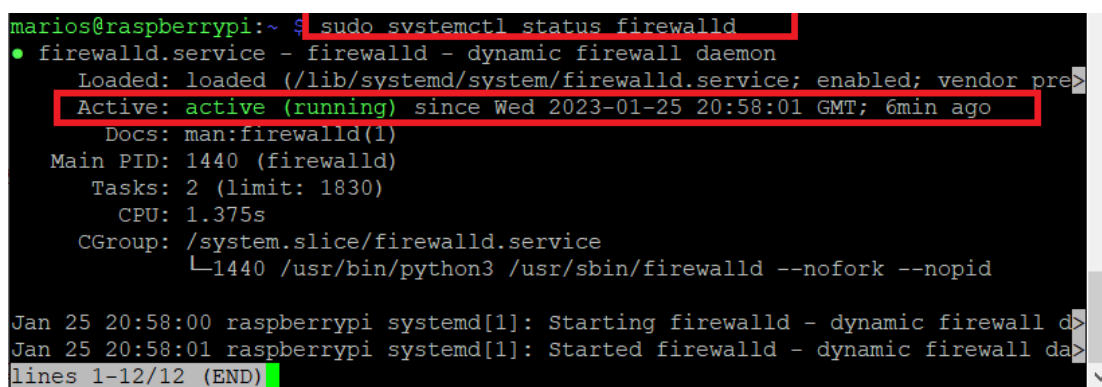
Κάνω εγκατάσταση το firewall με την εξής εντολή : `sudo apt install firewalld`



```
marios@raspberrypi: ~  
marios@raspberrypi:~ $ sudo apt install firewalld  
Reading package lists... Done  
Building dependency tree... Done  
Reading state information... Done  
The following additional packages will be installed:  
  gir1.2-glib-2.0 gir1.2-nm-1.0 ipset libgirepository-1.0-1 libipset13  
  libnftables1 nftables python3-dbus python3-decorator python3-firewall  
  python3-gi python3-nftables python3-selinux python3-slip python3-slip-dbus  
Suggested packages:  
  python-dbus-doc python3-dbus-dbg  
The following NEW packages will be installed:  
  firewalld gir1.2-glib-2.0 gir1.2-nm-1.0 ipset libgirepository-1.0-1  
  libipset13 python3-dbus python3-decorator python3-firewall python3-gi  
  python3-nftables python3-selinux python3-slip python3-slip-dbus  
The following packages will be upgraded:  
  libnftables1 nftables  
2 upgraded, 14 newly installed, 0 to remove and 50 not upgraded.  
Need to get 1,787 kB of archives.  
After this operation, 7,372 kB of additional disk space will be used.  
Do you want to continue? [Y/n] y  
Get:1 http://deb.debian.org/debian bullseye/main arm64 nftables arm64 0.9.8-3.1+  
deb11u1 [68.4 kB]  
Get:2 http://deb.debian.org/debian bullseye/main arm64 libnftables1 arm64 0.9.8-  
3.1+deb11u1 [244 kB]
```

Εικόνα 38. Install Firewall

Ελέγγω ότι το firewall είναι ενεργό με την εντολή : `sudo systemctl status firewalld`



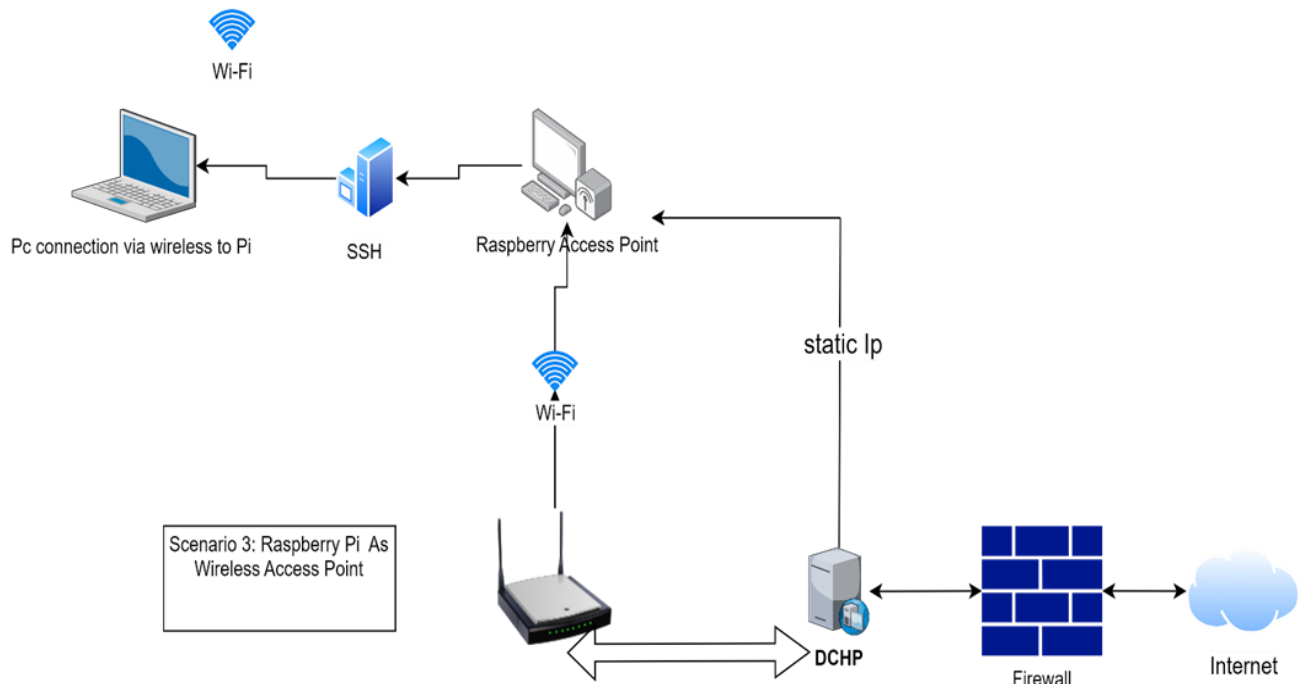
```
marios@raspberrypi:~ $ sudo systemctl status firewalld  
● firewalld.service - firewalld - dynamic firewall daemon  
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/firewalld.service; enabled; vendor pre  
   Active: active (running) since Wed 2023-01-25 20:58:01 GMT; 6min ago  
     Docs: man:firewalld(1)  
    Main PID: 1440 (firewalld)  
      Tasks: 2 (limit: 1830)  
         CPU: 1.375s  
    CGroup: /system.slice/firewalld.service  
            └─1440 /usr/bin/python3 /usr/sbin/firewalld --nofork --nopid  
  
Jan 25 20:58:00 raspberrypi systemd[1]: Starting firewalld - dynamic firewall d  
Jan 25 20:58:01 raspberrypi systemd[1]: Started firewalld - dynamic firewall da  
lines 1-12/12 (END)
```

Εικόνα 39. Firewall Connectio Test

## 5.4 RASPBERRY PI ΣΕ WIRELESS ACCESS POINT

### 5.4.1 Μετατροπή Raspberry Pi σε wireless access point

Στα πλαίσια της εργαστηριακής άσκησης, οι μαθητές θα υλοποιήσουν την μετατροπή του Raspberry Pi σε wireless access point.



Εικόνα 40. Scenario 3: Raspberry Pi As Wireless Access Point

Στόχος αυτού του εργαστηρίου είναι να μάθουν οι συμμετέχοντες να:

- Μάθουν να διαμορφώνουν το Raspberry Pi.
- Μάθουν να εγκαθιστούν εφαρμογές κάνοντας χρήση του PuTTY.
- Μάθουν να αποδίδουν στατική Ip.
- Μάθουν να ρυθμίζουν το traffic ενός router/ access point.

#### 5.4.2 Απαραίτητος εξοπλισμός

Για την υλοποίηση της εργαστηριακής άσκησης θα χρειαστούν:

- Μια αναπτυξιακή πλακέτα Raspberry Pi 4 model B
- Μια κάρτα SD με ελάχιστο χώρο 4Gb
- Καλώδιο Ethernet
- Καλώδιο HDMI
- Ποντίκι/ Πληκτρολόγιο
- Οθόνη
- Router
- Τροφοδοτικό micro usb 5v

#### 5.4.3 Διαδικασία Υλοποίησης

##### Βήμα 1<sup>ο</sup> εγκατάσταση λογισμικού

Για την εγκατάσταση του λογισμικού όπως και στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις αρχικά κάνω format την κάρτα SD και στη συνέχεια με τη χρήση του balenaEtcher ξαναγράφω πάλι την κάρτα SD. Σε αυτό το κεφάλαιο χρησιμοποιώ το Raspberry Pi OS Lite. Συνδέω το πλακέτακι σε μια οθόνη ώστε να ορίσω ένα όνομα και ένα

κωδικό, στη συνέχεια γράφοντας την εντολή: `sudo raspi-config` ανοίγει το περιβάλλον για να εισάγουμε τον όνομα και κωδικό του τοπικού μας δικτύου και τέλος ενεργοποιώ το SSH. Συνδέω πάλι το πλακετάκι στο router και πλέον με τη χρήση του PuTTY πληκτρολογώ την IP που έχει πάρει το πλακετάκι.

## Βήμα 2° update του Raspberry Pi

Κάνουμε update το Raspberry Pi:

```
marios@raspberrypi:~ $ sudo apt update
Hit:1 http://security.debian.org/debian-security bullseye-security InRelease
Hit:2 http://deb.debian.org/debian bullseye InRelease
Hit:3 http://deb.debian.org/debian bullseye-updates InRelease
Hit:4 http://archive.raspberrypi.org/debian bullseye InRelease
Reading package lists... Done
Building dependency tree... Done
Reading state information... Done
56 packages can be upgraded. Run 'apt list --upgradable' to see them.
marios@raspberrypi:~ $ sudo apt upgrade
Reading package lists... Done
Building dependency tree... Done
```

Εικόνα 41. Update Raspberry Pi

Εγκαθιστώ τα ακόλουθα: `hostapd`, `dnsmasq`, `iptables`

```
marios@raspberrypi:~ $ sudo apt install hostapd dnsmasq iptables
```

Εικόνα 42. Install Packages

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σταματήσουμε τα πακέτα που εγκαταστήσαμε να τρέχουν καθώς δεν έχει γίνει η κατάλληλη τροποποίηση.

```
Processing triggers for man-db (2.9.4-2)
marios@raspberrypi:~ $ sudo systemctl stop hostapd
marios@raspberrypi:~ $ sudo systemctl stop dnsmasq
marios@raspberrypi:~ $
```

Εικόνα 43. Pause Packages Running

## Βήμα 3° διαμόρφωση του DHCPD

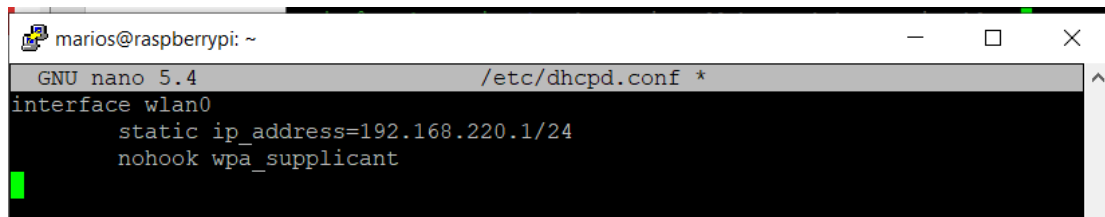
Θα τροποποιήσουμε το `dhcpd` ώστε να έχουμε τον έλεγχο από το `wlan0` interface. Ορίζουμε μια static IP ώστε να μην κάνει χρήση του αρχείου `wpa_supplicant` με στόχο να μετατραπεί το Raspberry Pi σε access point.

```
marios@raspberrypi:~ $ sudo nano /etc/dhcpd.conf
marios@raspberrypi:~ $
```

Εικόνα 44. DHCPD Configuration

Ορίζουμε τις ακόλουθες παραμέτρους:

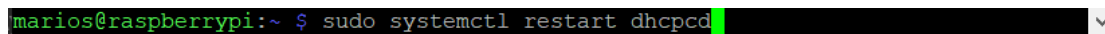




```
marios@raspberrypi: ~
GNU nano 5.4 /etc/dhcpd.conf *
interface wlan0
    static ip_address=192.168.220.1/24
    nohook wpa_supplicant
```

Εικόνα 45. wlan0 Configuration

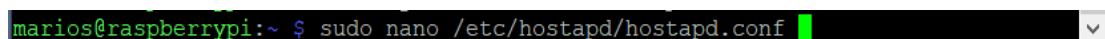
Κάνουμε restart το dhcpd ώστε να φορτώσει τις αλλαγές που κάναμε.



```
marios@raspberrypi:~ $ sudo systemctl restart dhcpd
```

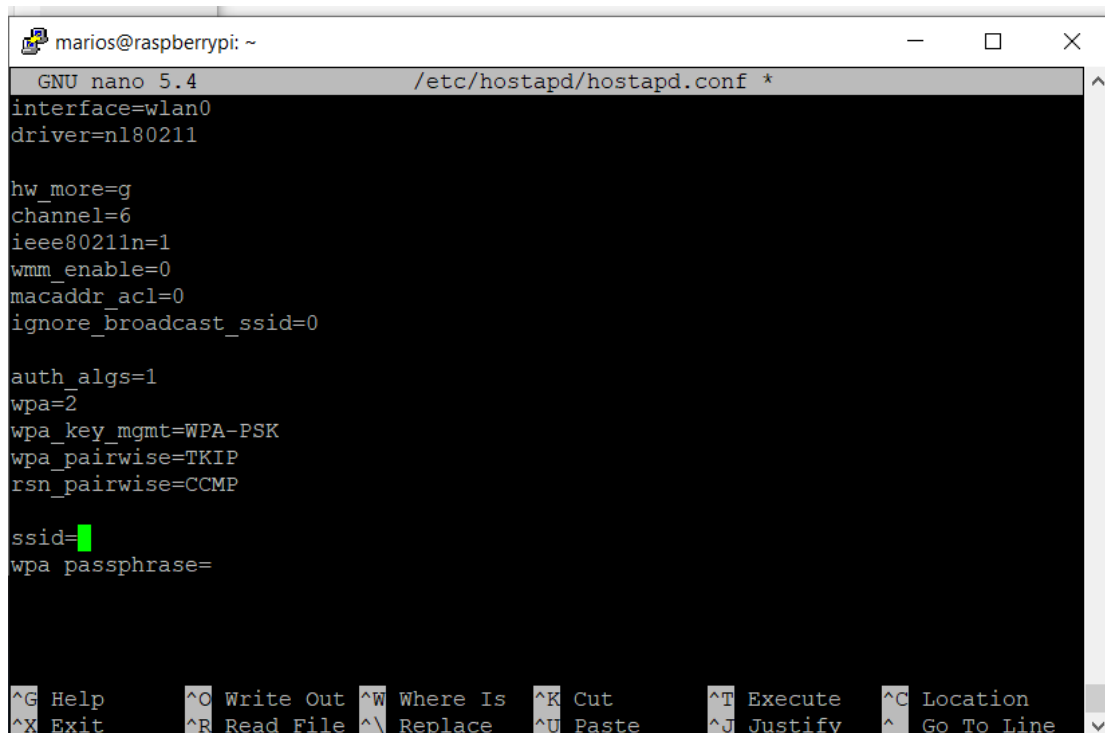
Εικόνα 46. Restart DHCPD

Κάνουμε διαμόρφωση το hostapd:



```
marios@raspberrypi:~ $ sudo nano /etc/hostapd/hostapd.conf
```

Εικόνα 47. Configuration HOSTAPD



```
marios@raspberrypi: ~
GNU nano 5.4 /etc/hostapd/hostapd.conf *
interface=wlan0
driver=nl80211

hw_mode=g
channel=6
ieee80211n=1
wmm_enable=0
macaddr_acl=0
ignore_broadcast_ssid=0

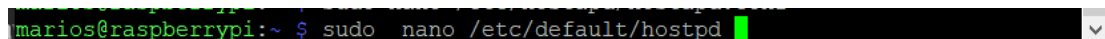
auth_algs=1
wpa=2
wpa_key_mgmt=WPA-PSK
wpa_pairwise=TKIP
rsn_pairwise=CCMP

ssid=
wpa passphrase=

^G Help      ^O Write Out ^W Where Is  ^K Cut       ^T Execute  ^C Location
^X Exit      ^R Read File ^\ Replace  ^U Paste     ^J Justify  ^_ Go To Line
```

Εικόνα 48. Configuration HOSTAPD

Πρέπει να τροποποιηθεί και το ακόλουθο αρχείο:



```
marios@raspberrypi:~ $ sudo nano /etc/default/hostapd
```

Εικόνα 49. Configuration HOSTPD

Κάνω την ακόλουθη αλλαγή:

```

marios@raspberrypi: ~
GNU nano 5.4 /etc/default/hostapd *
# Defaults for hostapd initscript
#
# WARNING: The DAEMON_CONF setting has been deprecated and will be removed
# in future package releases.
#
# See /usr/share/doc/hostapd/README.Debian for information about alternative
# methods of managing hostapd.
#
# Uncomment and set DAEMON_CONF to the absolute path of a hostapd configuration
# file and hostapd will be started during system boot. An example configuration
# file can be found at /usr/share/doc/hostapd/examples/hostapd.conf.gz
#
DAEMON_CONF="/etc/hostapd/hostapd.conf"
#
# Additional daemon options to be appended to hostapd command:-
# -d show more debug messages (-dd for even more)
# -K include key data in debug messages
# -t include timestamps in some debug messages
#
# Note that -B (daemon mode) and -P (pidfile) options are automatically
# configured by the init.d script and must not be added to DAEMON_OPTS.
^G Help      ^O Write Out ^W Where Is  ^K Cut      ^T Execute  ^C Location
^X Exit      ^R Read File ^\ Replace   ^U Paste    ^J Justify  ^_ Go To Line

```

Εικόνα 50. Configuration HOSTPD

Τροποποιώ το ακόλουθο αρχείο:

```

marios@raspberrypi:~ $ sudo nano /etc/init.d/hostapd
marios@raspberrypi: ~
GNU nano 5.4 /etc/init.d/hostapd
#!/bin/sh
### BEGIN INIT INFO
# Provides:          hostapd
# Required-Start:    $remote_fs
# Required-Stop:     $remote_fs
# Should-Start:      $network
# Should-Stop:
# Default-Start:     2 3 4 5
# Default-Stop:      0 1 6
# Short-Description: Access point and authentication server for Wi-Fi and Et
# Description:       Access point and authentication server for Wi-Fi and Et
#                    Userspace IEEE 802.11 AP and IEEE 802.1X/WPA/WPA2/EAP A
### END INIT INFO

PATH=/sbin:/bin:/usr/sbin:/usr/bin
DAEMON_SBIN=/usr/sbin/hostapd
DAEMON_DEFS=/etc/default/hostapd
DAEMON_CONF=/etc/hostapd/hostapd.conf
NAME=hostapd
DESC="advanced IEEE 802.11 management"
[ Read 80 lines ]
^G Help      ^O Write Out ^W Where Is  ^K Cut      ^T Execute  ^C Location
^X Exit      ^R Read File ^\ Replace   ^U Paste    ^J Justify  ^_ Go To Line

```

Εικόνα 51. Configuration HOSTAPD

Αλλάζουμε το όνομα του αρχείου dnsmasq επειδή δεν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε τις ρυθμίσεις που έχει ήδη:

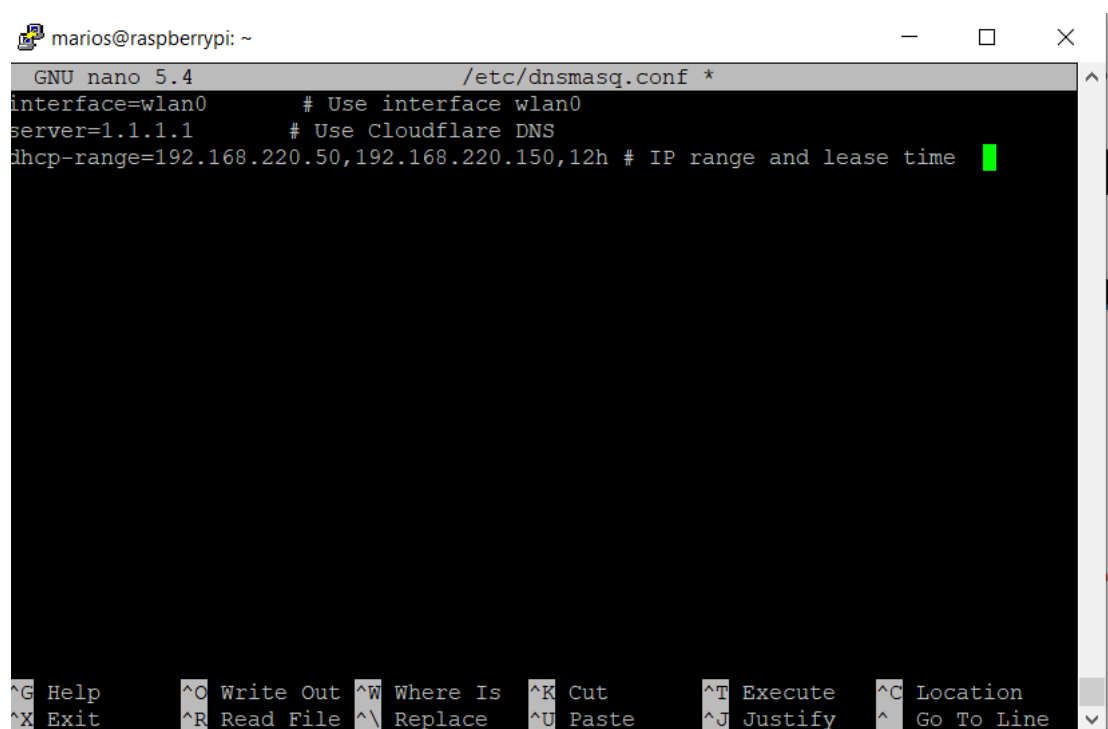
```
marios@raspberrypi:~ $ sudo mv /etc/dnsmasq.conf /etc/dnsmasq.conf.orig
marios@raspberrypi:~ $
```

Εικόνα 52. Rename dnsmasq

Δημιουργούμε νέο αρχείο dnsmasq:

```
marios@raspberrypi:~ $ sudo nano /etc/dnsmasq.conf
```

Γράφω τις ακόλουθες εντολές:



```
marios@raspberrypi: ~
GNU nano 5.4 /etc/dnsmasq.conf *
interface=wlan0 # Use interface wlan0
server=1.1.1.1 # Use Cloudflare DNS
dhcp-range=192.168.220.50,192.168.220.150,12h # IP range and lease time
^G Help      ^O Write Out ^W Where Is  ^K Cut       ^T Execute  ^C Location
^X Exit      ^R Read File ^\ Replace   ^U Paste     ^J Justify  ^_ Go To Line
```

Εικόνα 53. Configuration dnsmasq

Σε αυτό το σημείο θα ρυθμίσουμε το Raspberry Pi:

```
marios@raspberrypi:~ $ sudo nano /etc/sysctl.conf
marios@raspberrypi:~ $ sudo nano /etc/sysctl.conf
```

Εικόνα 54. Raspberry Pi Configuration

Βρίσκω την γραμμή που φαίνεται στην επόμενη φωτογραφία και την αφαιρώ από σχόλιο:

```
# Uncomment the next line to enable packet forwarding for IPv4
net.ipv4.ip_forward=1
^G Help      ^O Write Out ^W Where Is  ^K Cut       ^T Execute  ^C Location
^X Exit      ^R Read File ^\ Replace   ^U Paste     ^J Justify  ^_ Go To Line
```

Εικόνα 55. Raspberry Pi Configuration

Με την επόμενη εντολή το πλακετάκι μας φορτώνει τις αλλαγές που έχουμε κάνει ως τώρα χωρίς να χρειάζεται να κάνουμε restart.

```
marios@raspberrypi:~$ sudo sh -c "echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward"
```

Εικόνα 56. Load Changes to Raspberry Pi

#### Βήμα 4<sup>ο</sup> ρύθμιση traffic του access point

Με την επόμενη εντολή ορίζουμε ότι όλο το traffic από το access point θα περνάει μέσω του καλωδίου ethernet.

```
marios@raspberrypi:~$ sudo iptables -t nat -A POSTROUTING -o eth0 -j MASQUERADE
```

Εικόνα 57. Configuration Raspberry Pi

Αποθηκεύουμε τις αλλαγές που έχουμε κάνει:

```
marios@raspberrypi:~$ sudo sh -c "iptables-save > /etc/iptables.ipv4.nat"
```

Εικόνα 58. Save Changes

Σε κάθε εκκίνηση πρέπει να τρέχουν οι ρυθμίσεις που έχουμε κάνει. Πρέπει να λοιπόν να τροποποιήσουμε το ακόλουθο αρχείο:

```
marios@raspberrypi:~$ sudo nano /etc/rc.local
```

Εικόνα 59. Configuration Raspberry Pi

Με τις παρακάτω αλλαγές:

```
GNU nano 5.4
#
# rc.local
#
# This script is executed at the end of each multiuser runlevel.
# Make sure that the script will "exit 0" on success or any other
# value on error.
#
# In order to enable or disable this script just change the execution
# bits.
#
# By default this script does nothing.

# Print the IP address
_IP=$(hostname -I) || true
if [ "$_IP" ]; then
  printf "My IP address is %s\n" "$_IP"
fi

sudo hostapd /etc/hostapd/hostapd.conf &
iptables-restore < /etc/iptables.ipv4.nat

"exit 0":
```

Εικόνα 60. Add Following Changes for booting

Ενεργοποιούμε το systemctl:

```
marios@raspberrypi:~ $ sudo systemctl unmask hostapd  
sudo systemctl enable hostapd  
sudo systemctl start hostapd  
sudo service dnsmasq start
```

Εικόνα 61. Enable systemctl

Και τέλος κάνουμε reboot το Raspberry Pi:

```
marios@raspberrypi:~ $ sudo reboot
```

Εικόνα 62. Restart Raspberry Pi

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Τα δίκτυα υπολογιστών παίζουν καθοριστικό ρόλο στη σημερινή μας κοινωνία αφού σχεδόν οτιδήποτε κάνουμε στην καθημερινότητα μας συνδέεται άρτια με κάποιο δίκτυο. Όπως αναφέρεται και στην εργασία σε καθημερινή βάση ο κάθε άνθρωπος χρησιμοποιεί το διαδίκτυο για τη δουλειά του, το διαδίκτυο δεν είναι κάτι άλλο από ένα μεγάλο δίκτυο το οποίο συνδέει υπολογιστές σε όλο τον κόσμο. Οι φοιτητές που θα διδάσκονται δίκτυα στο σχολείο, θα έχουν περισσότερες γνώσεις για μελλοντικές θέσεις εργασίας. Επιπλέον, θα είναι πλήρως εξοικειωμένοι με το Linux αλλά και πολλές εφαρμογές όπως το Mininet, Ornet, PuTTY κ.ά. Η οπτικοποίηση του υλικού είναι ίσως ένα από τα πιο βασικά μέρη του μαθήματος για να γίνει η σωστή κατανόηση των εννοιών. Οι περιπτώσεις μελέτης που μπορούν να διδαχθούν είναι πολλές, όπως ασφάλεια στο διαδίκτυο με χρήση Raspberry Pi, wireless network penetration κ.ά. Το πιο σημαντικό μέρος του μαθήματος είναι το πρακτικό κομμάτι στο οποίο θα πρέπει να γίνει συνδυασμός των θεωρητικών γνώσεων που έχει διδαχθεί με το Raspberry Pi. Αρχίζοντας με την μετατροπή του Raspberry Pi σε OpenWRT Router στο οποίο θα πρέπει να ορίσουν την κατάλληλη IP και subnet mask. Στα επόμενα σενάρια θα υπάρχουν περισσότερες επιλογές, η απομακρυσμένη διαμόρφωση του Raspberry Pi ή διαμόρφωση του συνδέοντας απευθείας σε κάποια οθόνη,

Πιστεύω ότι το Raspberry Pi είναι απαραίτητο για κάθε μάθημα πληροφορικής και θα πρέπει να χρησιμοποιείται και σε άλλα μαθήματα για την καλύτερη κατανόηση αυτών. Για τα κάθε μάθημα είναι απαραίτητο να αλλάζουν μια κάρτα SD όπου το κόστος δεν ξεπερνά τα 5€ και προσφέρει τεράστια οφέλη. Το Raspberry Pi με το πέρας των μαθημάτων μπορεί να μετατραπεί σε υπολογιστή χωρίς να έχει κάποιο περιορισμό σε δυνατότητες. Η υλοποίηση είναι σχετικά εύκολη και αυτό είναι ενθαρρυντικό για τη διερεύνηση της χρήσης του Raspberry Pi. σε οποιοδήποτε άλλη θεματική ενότητα και πιθανών εφαρμογών των δικτύων, όπως για παράδειγμα στην παρακολούθηση δικτύου.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Nikhade, Sudhir G. "Wireless sensor network system using Raspberry Pi and zigbee for environmental monitoring applications." 2015 International Conference on Smart Technologies and Management for Computing, Communication, Controls, Energy and Materials (ICSTM). IEEE, 2015.
2. Fine, G. A., & Kleinman, S. (1983). Network and meaning: An interactionist approach to structure. *Symbolic interaction*, 6(1), 97-110. Yang, H. (1991). Current status and needs of educational computer network system for secondary industrial arts education in Taiwan, Republic of China.
3. ANDREW S, T. A. N. E. N. B. A. U. M., & DAVID J, W. E. T. H. E. R. A. L. L. (2011). *Computer networks fifth edition*.
4. Mitchell, B. (2021) Understanding computer networking in schools, Lifewire. Lifewire. Available at: <https://www.lifewire.com/computer-networking-in-todays-schools-4092519> (Accessed: April 3, 2023).
5. Damiris, G. P. (2020). Router forensics (Doctoral dissertation, University of Piraeus (Greece)).
6. Yalcin, N., Altun, Y., & Kose, U. (2015). Educational material development model for teaching computer network and system management. *Computer Applications in Engineering Education*, 23(4), 621-629.
7. Hoyo, Á., Guzmán, J. L., Moreno, J. C., & Berenguel, M. (2015). Teaching control engineering concepts using open source tools on a raspberry pi board. *IFAC-PapersOnLine*, 48(29), 99-104.
8. Prvan, M., & Ožegović, J. (2020). Methods in teaching computer networks: a literature review. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 20(3), 1-35.
9. Yalcin, N., Altun, Y., & Kose, U. (2015). Educational material development model for teaching computer network and system management. *Computer Applications in Engineering Education*, 23(4), 621-629.
10. (no date) Emulab. Available at: <https://www.emulab.net/portal/frontpage.php> (Accessed: April 3, 2023).
11. What is Geni? (no date) GENI. Available at: <http://www.geni.net/about-geni/what-is-geni/> (Accessed: March 13, 2023).
12. PlanetLab (no date) Princeton University. The Trustees of Princeton University. Available at: <https://planetlab.cs.princeton.edu/> (Accessed: March 13, 2023).
13. Open-access research testbed for next-Generation Wireless Networks (orbit) (no date) Orbit. Available at: <https://www.orbit-lab.org/> (Accessed: March 16, 2023).
14. OPNET Network Simulator (2020) Opnet Projects. Available at: <https://opnetprojects.com/opnet-network-simulator/> (Accessed: March 16, 2023).
15. Main page (no date) Nsnam. Available at: [https://www.nsnam.org/wiki/Main\\_Page](https://www.nsnam.org/wiki/Main_Page) (Accessed: March 16, 2023).
16. Zheng, P., & Ni, L. M. (2003, March). Empower: A network emulator for wireline and wireless networks. In *IEEE INFOCOM 2003. Twenty-second Annual Joint Conference of*

- the IEEE Computer and Communications Societies (IEEE Cat. No. 03CH37428) (Vol. 3, pp. 1933-1942). IEEE.
17. Nayyar, A., & Puri, V. (2015). Raspberry Pi-a small, powerful, cost effective and efficient form factor computer: a review. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 5(12), 720-737.
  18. Petrikowski, N. P. (2014). *Getting to Know the Raspberry Pi*. The Rosen Publishing Group, Inc.
  19. Upton, E., & Halfacree, G. (2014). *Raspberry Pi user guide*. John Wiley & Sons.
  20. Ferdoush, S. M. (2014). A low-cost wireless sensor network system using Raspberry Pi and Arduino for environmental monitoring applications. University of North Texas.
  21. Raspberry Pi (no date) Buy A raspberry pi 4 model B, Raspberry Pi. Available at: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/> (Accessed: April 4, 2023).
  22. What is PBL? (no date) PBLWorks. Available at: <https://www.pblworks.org/what-is-pbl> (Accessed: March 16, 2023).
  23. Jiang, C., Wan, Y., Zhu, Y., & Wang, R. (2022). Machine Vision Algorithm Training Course Construction with PBL. *International Journal of Information and Education Technology*, 12(10).
  24. Hoyo, Á., Guzmán, J. L., Moreno, J. C., & Berenguel, M. (2015). Teaching control engineering concepts using open source tools on a raspberry pi board. *IFAC-PapersOnLine*, 48(29), 99-104.
  25. Raspberrypilearning (no date) Raspberrypilearning/networking-lessons: Networking scheme of work for the raspberry pi, GitHub. Available at: <https://github.com/raspberrypilearning/networking-lessons> (Accessed: March 13, 2023).
  26. Stoyanov, R., Wolnikowski, A., Soulé, R., Laki, S., & Zilberman, N. (2021, December). Building an Internet Router with P4Pi. In *Proceedings of the Symposium on Architectures for Networking and Communications Systems* (pp. 151-156).
  27. Safri, M. N. H. M., Nik, W. N. S. W., Mohamad, Z., & Mohamad, M. (2018). Wireless Network Traffic Analysis and Troubleshooting using Raspberry Pi. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(2.15), 58-60.
  28. Carranza, A., Mayorga, D., DeCusatis, C., & Rahemi, H. (2018, July). Comparison of wireless network penetration testing tools on desktops and raspberry Pi platforms. In *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, Boca Raton, FL, USA (pp. 18-20).
  29. Kim, C. S. (2015). Study on the system for prevention of harmful invasion with access from wireless lan access point. *International Journal of Security and Its Applications*, 9(10), 115-124.
  30. Chaqfeh, M. A., & Mohamed, N. (2012, May). Challenges in middleware solutions for the internet of things. In *2012 international conference on collaboration technologies and systems (CTS)* (pp. 21-26). IEEE.
  31. Padhye, J., Firoiu, V., Towsley, D., & Kurose, J. (1998, October). Modeling TCP throughput: A simple model and its empirical validation. In *Proceedings of the ACM SIGCOMM'98 conference on Applications, technologies, architectures, and protocols for computer communication* (pp. 303-314).