

2. Ανακαλύψτε τη Δομή του Διαδικτύου

Σκοπός του Εργαστηρίου: Στο εργαστήριο αυτό οι φοιτητές θα κατανοήσουν τη δομή του Διαδικτύου, την έννοια της καθυστέρησης (latency) και την έννοια του άλματος (hop). Θα πειραματιστούν σχετικά και θα προσπαθήσουν να εξάγουν σχέσεις μεταξύ του χρόνου μετάδοσης των πακέτων και του αριθμού των αλμάτων (hops) μεταξύ δρομολογητών. Επίσης, μεταξύ του χρόνου μετάδοσης των πακέτων και του αριθμού των δικτύων κορμού που εμπλέκονται στη διαδρομή τους. Με τη μελέτη αυτή θα εξάγουν και συμπεράσματα για τη δομή και τις «διαστάσεις» του Διαδικτύου στην Ελλάδα, τις ΗΠΑ ή οπουδήποτε αλλού στον κόσμο και θα επιχειρήσουν να βρουν τις διαδρομές μεταξύ Αυτόνομων Συστημάτων και των οργανισμών που τα διαχειρίζονται. Θα αναλύσουν τα δεδομένα των μετρήσεων και θα παρουσιάσουν τα αποτελέσματα.

Σύντομη Περιγραφή: Η εργαστηριακή αυτή άσκηση αποτελείται από δύο μέρη. Ο διδάσκων μπορεί να ρυθμίσει εάν αυτά θα εκτελεστούν στον ίδιο ή σε άλλο εργαστηριακό χρόνο. Στο πρώτο χρησιμοποιείται η εντολή `ping` για έλεγχο και μετρήσεις του δικτύου. Το μέρος αυτό θα σας βοηθήσει να κατανοήσετε καλύτερα τις έννοιες της καθυστέρησης (latency) και του εύρους ζώνης στα δίκτυα υπολογιστών. Στο δεύτερο μέρος της άσκησης χρησιμοποιείται η εντολή `tracert`, με την οποία οι φοιτητές μπορούν να ελέγξουν τη διαδρομή που ακολουθούν τα πακέτα ICMP από τον υπολογιστή τους προς κάποια άλλη συσκευή του δικτύου. Έπειτα εξάγονται συμπεράσματα για τη σχέση των χρόνων μετάβασης (transit times), του αριθμού των αλμάτων (hops), της απόστασης και των δικτύων που μεσολαβούν.

Προαπαιτούμενες γνώσεις: Η άσκηση «Βασικές εντολές ελέγχου δικτύων».

Εξοπλισμός: Μπορεί να χρησιμοποιηθεί το τοπικό δίκτυο και οι υπολογιστές του εργαστηρίου ή του σπιτιού σας. Επίσης, θα χρειαστείτε κάποιο πακέτο λογιστικού φύλλου (π.χ. MS Excel, Open Office Calc ή άλλο).

Διάρκεια: 3 ώρες

1. Διαδικασία πρώτου μέρους

Το πρόγραμμα ping χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο ICMP (Internet Control Message Protocol), για να στείλει ένα ECHO_REQUEST, ώστε να προκαλέσει ένα ECHO_RESPONSE από τον ελεγχόμενο υπολογιστή. Θα χρησιμοποιήσετε το ping, για να ελέγξετε κάποιους δικτυακούς τόπους στο Internet, καταγράφοντας τον μέσο χρόνο απόκρισης από αυτούς. Αυτός ο χρόνος, που είναι ο χρόνος που χρειάζεται ένα πακέτο να πάει στον προορισμό του και να επιστρέψει η απάντηση, ονομάζεται Round Trip Time (RTT) και είναι το άθροισμα των καθυστερήσεων (delay ή latency) προς τις δύο κατευθύνσεις της σύνδεσης [1].

1.1 Φάση Α΄

Θα χρησιμοποιήσετε το ping, για να ελέγξετε κάποιους δικτυακούς τόπους στο Internet, καταγράφοντας τον μέσο χρόνο απόκρισης από αυτούς.

1. Αφού εντοπίσετε τους δικτυακούς τόπους που θα ελέγξετε, βρείτε τη φυσική απόσταση μεταξύ του Ιδρύματος και του δικτυακού τόπου. Θα χρειαστείτε έναν παγκόσμιο άτλαντα, που θα τον βρείτε είτε σε κάποια βιβλιοθήκη είτε ακόμα και στο διαδίκτυο. Κάντε ping σε πέντε sites στις ΗΠΑ, πέντε στην Ευρώπη και πέντε σε αναπτυσσόμενες χώρες. Σιγουρευτείτε ότι οι δικτυακοί αυτοί τόποι βρίσκονται (φιλοξενούνται) στη χώρα εκείνη κι όχι στις ΗΠΑ ή κάπου αλλού. Τέλος, κάντε ping και σε έναν υπολογιστή εντός του campus. Συνήθως το ping χρησιμοποιείται, για να διαπιστώσουμε αν κάποιος υπολογιστής ή άλλη δικτυακή συσκευή είναι εν λειτουργία και συνδεδεμένη στο δίκτυο. Εκτός από αυτό, το ping έχει και κάποιες άλλες πολύ ενδιαφέρουσες ιδιότητες, όπως το να αναφέρει τη διαδρομή που ακολούθησε το ECHO_REQUEST στον δρόμο του για το απομακρυσμένο σύστημα. Επίσης, αναφέρει τον χρόνο διάρκειας της διαδρομής των δύο πακέτων (ECHO_REQUEST και ECHO_RESPONSE). Με λίγα λόγια, το ping στέλνει ένα μήνυμα σε ένα οποιοδήποτε δικτυωμένο σύστημα και ζητάει απάντηση. Μετά περιμένει την απάντηση και αναφέρει τον χρόνο που χρειάστηκε.
2. Χρησιμοποιήστε ένα διάγραμμα X-Y, για να αναπαραστήσετε τη σχέση του χρόνου απόκρισης με τη φυσική απόσταση για τη συγκεκριμένη μέρα και ώρα της μέτρησης.
3. Χρησιμοποιήστε ένα άλλο διάγραμμα, για να αναπαραστήσετε τη σχέση (αν υπάρχει) μεταξύ της απόστασης και της απώλειας πακέτων (packet loss).
4. Κάντε τις ίδιες μετρήσεις για τα ίδια sites σε κάποια άλλη ώρα της ημέρας. Προσπαθήστε οι ώρες μέτρησης να απέχουν αρκετά (π.χ. αν η πρώτη έγινε πρωινές ώρες, η δεύτερη να γίνει απόγευμα). Μπορείτε ακόμα να δοκιμάσετε την ίδια ώρα σε εργάσιμη και Σαββατοκύριακο. Ή να κάνετε και κάποια μέτρηση από τον υπολογιστή του σπιτιού σας. Για κάθε ομάδα μετρήσεων που κάνετε, κατασκευάστε τα ίδια διαγράμματα με αυτά των παραγράφων 3 και 4. Μετά κατασκευάστε ένα συγκριτικό διάγραμμα του μέσου χρόνου απόκρισης για κάθε σημείο για τις ώρες των μετρήσεων. Χρησιμοποιήστε κάποιον τρόπο, για να ξεχωρίζουν τα διάφορα sites πάνω στο διάγραμμα.
5. Γράψτε σε μία παράγραφο τις παρατηρήσεις σας σχετικά με τα σημεία, την ώρα της ημέρας και τη συσχέτιση με τις χρονικές ατράκτους του πλανήτη. Πόσο δύσκολο ήταν να βρείτε δικτυακούς τόπους σε αναπτυσσόμενες χώρες; Τι συμπεράσματα βγάξετε από τις παρατηρήσεις σας;
6. Ήταν οι μετρήσεις σας όπως τις περιμένατε; Θυμηθείτε ότι ο χρόνος απόκρισης δεν έχει σχέση με τις τεχνικές προδιαγραφές του υπολογιστή σας, αλλά είναι συνάρτηση του αριθμού των συνδέσεων μεταξύ του υπολογιστή σας και του συστήματος το οποίο ελέγχετε.
7. [Προαιρετική απαίτηση που επαφίεται στον διδάσκοντα.] Στην αναφορά του εργαστηρίου θα παραδώσετε τις παρατηρήσεις σας, τα διαγράμματα καθώς και το λογιστικό φύλλο με τις μετρήσεις σας σε ηλεκτρονική μορφή.

1.2 Χρήσιμες Πληροφορίες

Πώς θα βρείτε τους κατάλληλους δικτυακούς τόπους; Ένας τρόπος είναι να χρησιμοποιήσετε μηχανές αναζήτησης και να δείτε το URL που σας επιστρέφουν για τις αναζητήσεις σας. Για παράδειγμα, .gr θα σημαίνει Ελλάδα, .au θα σημαίνει Αυστραλία, .kr Κορέα, .jp Ιαπωνία κ.ο.κ. Πρέπει να έχετε πάντα υπόψη σας ότι ενδέχεται ένα site να φιλοξενείται σε έναν υπολογιστή που βρίσκεται σε διαφορετική χώρα από αυτή που υποδεικνύει το domain name. Αυτό γίνεται μέσω της διαδικασίας που είναι γνωστή ως virtual hosting. Καλό

είναι να ψάξετε για δικτυακούς τόπους σε μεγάλους οργανισμούς όπως μουσείο, πανεπιστήμιο, υπουργείο κ.λπ. Ζητήστε, για παράδειγμα, κάποιο αξιοθέατο, π.χ. Λουντε.

Όλοι οι δικτυακοί τόποι που μπορείτε να συνδεθείτε με προγράμματα πλοήγησης, είναι υπολογιστές που θα απαντήσουν σε ping. Πώς θα βρείτε το όνομα του υπολογιστή;

Παράδειγμα σύνταξης της εντολής ping.

```
ping -s www.nasa.gov -l 64 -n 10
```

Η εντολή αυτή ζητά να γίνει ping στο www.nasa.gov με πακέτα μεγέθους 64 bytes και να επαναληφθεί η μέτρηση 10 φορές. Ο διακόπτης -s χρειάζεται, για να μαζέψουμε τα στατιστικά χρόνου που χρειαζόμαστε. Αν δεν θέλετε να χρησιμοποιήσετε το διακόπτη -n, μπορείτε να τερματίσετε τη διαδικασία με CTRL-C.

Αν δουλεύετε σε περιβάλλον Windows και δεν χρησιμοποιήσετε το διακόπτη -n, τότε η εντολή θα εκτελεστεί 4 φορές που είναι η προεπιλογή για τα Windows. Μετά τον τερματισμό το ping θα τυπώσει τα στοιχεία που χρειάζεστε.

1.3 Φάση Β'

Θα χρησιμοποιήσετε το ping για στείλετε πακέτα διαφορετικού μεγέθους και να μετρήσετε τον χρόνο απόκρισης από αυτούς. Χρησιμοποιήστε το ping, για να στείλετε πακέτα διαφορετικού μεγέθους 8, 16, 32, 128, 256, 512, 1024 και 2048 bytes, ώστε να μετρήσετε τον χρόνο απόκρισης (RTT – Round Trip Time). Είναι καλύτερα να μετρήσετε μεταξύ 5 και 30 επαναλήψεων της εντολής για κάθε μέγεθος πακέτου και να χρησιμοποιήσετε τον μέσο όρο.

1. Πρέπει να εφαρμόσετε αυτή τη διαδικασία σε δύο τουλάχιστον υπολογιστές του τοπικού δικτύου (LAN) και σε δύο τουλάχιστον απομακρυσμένους στο Internet. Πρέπει να παρατηρήσετε μια μετρήσιμη αύξηση στους χρόνους που έχουν σχέση με τα απομακρυσμένα sites, καθώς μεγαλώνουν τα πακέτα. Σκεφτείτε ότι ο χρόνος απόκρισης αποτελείται από τρία κομμάτια (:).
2. Κατασκευάστε διάγραμμα X-Y, για να αναπαραστήσετε τη σχέση μεταξύ του χρόνου απόκρισης και του μεγέθους των πακέτων για δύο τοπικούς κόμβους, δύο στην Ελλάδα και δύο σε άλλη χώρα.
3. Να επαναλάβετε τις μετρήσεις για 1024 και 2048 bytes, θέτοντας στην εντολή ping τον διακόπτη -f. Αιτιολογήστε το αποτέλεσμα που λαμβάνετε.
4. [Προαιρετική απαίτηση που αφήνεται στην κρίση του διδάσκοντα.] Στην αναφορά του εργαστηρίου θα παραδώσετε τις παρατηρήσεις σας, τα διαγράμματα καθώς και το λογιστικό φύλλο με τις μετρήσεις σας σε ηλεκτρονική μορφή.
5. Ήταν οι μετρήσεις σας όπως τις περιμένατε; Σχολιάστε την επίδραση της απόστασης, του μεγέθους πακέτων και τη σχέση τους με το εύρος ζώνης και την καθυστέρηση.
6. Συζητήστε την επίδραση της απόστασης και του μεγέθους του πακέτου καθώς και τη σχέση τους με την καθυστέρηση και το εύρος ζώνης.

2. Διαδικασία δεύτερου μέρους

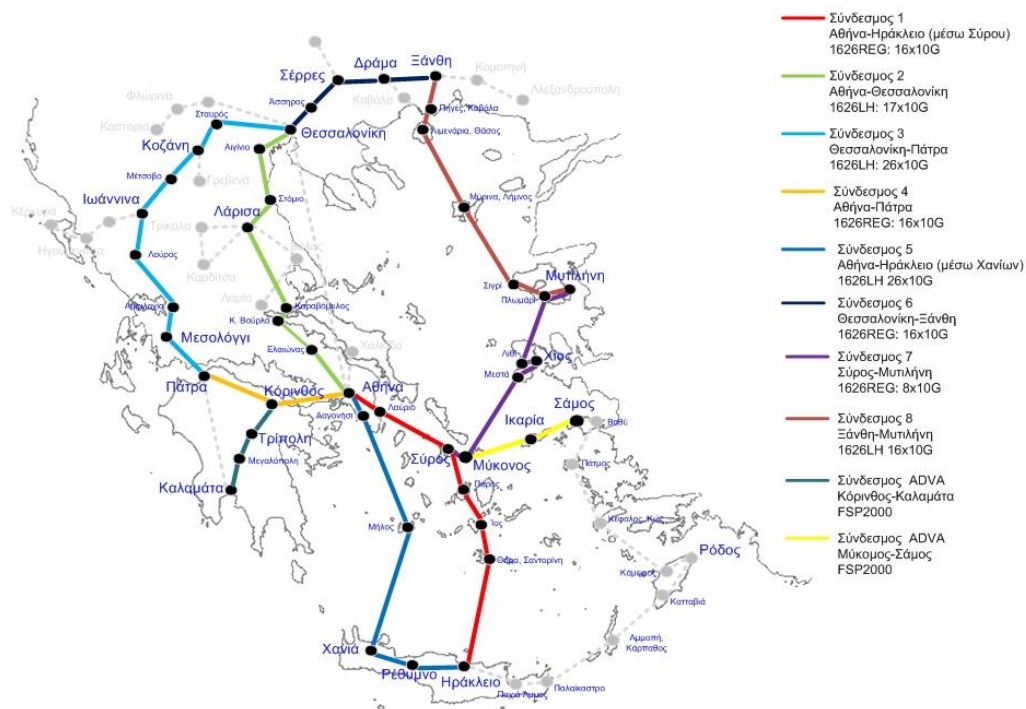
Αν και είναι βολικό να σκεφτόμαστε ότι το Internet αποτελείται από ένα δίκτυο κορμού (backbone), δεν υπάρχει κάποια μοναδική δικτυακή υποδομή που να εκτελεί αυτή την υπηρεσία. Για παράδειγμα, μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του '80 το Ίδρυμα NSF (National Science Foundation) είχε αναλάβει τη χρηματοδότηση αυτού που θα φανταζόμασταν ως δίκτυο κορμού για το Internet στις ΗΠΑ. Την εποχή εκείνη, όμως, άρχισε να μεταβιβάζει την υπηρεσία αυτή σε ιδιωτικές επιχειρήσεις όπως οι ANS, MCI, Sprint, BBN, PSI κ.α. Οι εμπορικές αυτές εταιρείες κατασκεύασαν δίκτυα πολύ υψηλών ταχυτήτων μεταξύ των Πολιτειών. Ένα μέρος αυτών των δικτύων διατίθεται για τη λειτουργία του Internet. Έτσι, οι εταιρείες αυτές αποτελούν τους παρόχους ISPs (Internet Service Providers) της υπηρεσίας και απευθύνονται είτε σε άλλες μικρότερες εταιρείες ISPs είτε απευθείας σε μεγάλους δικούς τους πελάτες. Όλοι αυτοί ενοικιάζουν τη χρήση των ταχύτερων δικτύων που έχουν κατασκευαστεί. Είναι προφανές ότι οι μικρότεροι ISPs νοικιάζουν τη χρήση των δικών τους δικτύων στους δικούς τους πελάτες κ.ο.κ.

Στην Ελλάδα υπάρχουν αντίστοιχα τοπικοί ISPs που έχουν συμβόλαια σύνδεσης με μεγάλους παρόχους στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ, και πωλούν τις υπηρεσίες τους στην ελληνική αγορά. Ειδικά για την παροχή Internet υπηρεσιών στην ακαδημαϊκή και ερευνητική κοινότητα της χώρας υπεύθυνο είναι το ΕΔΕΤ - Εθνικό Δίκτυο

Έρευνας και Τεχνολογίας (<https://www.grnet.gr/el>). Σκοπός του είναι να διασυνδέει όλα τα Πανεπιστήμια και Ερευνητικά Κέντρα της χώρας καθώς και τα τμήματα έρευνας και ανάπτυξης άλλων οργανισμών σε υψηλές ταχύτητες μετάδοσης και με αξιοπιστία.

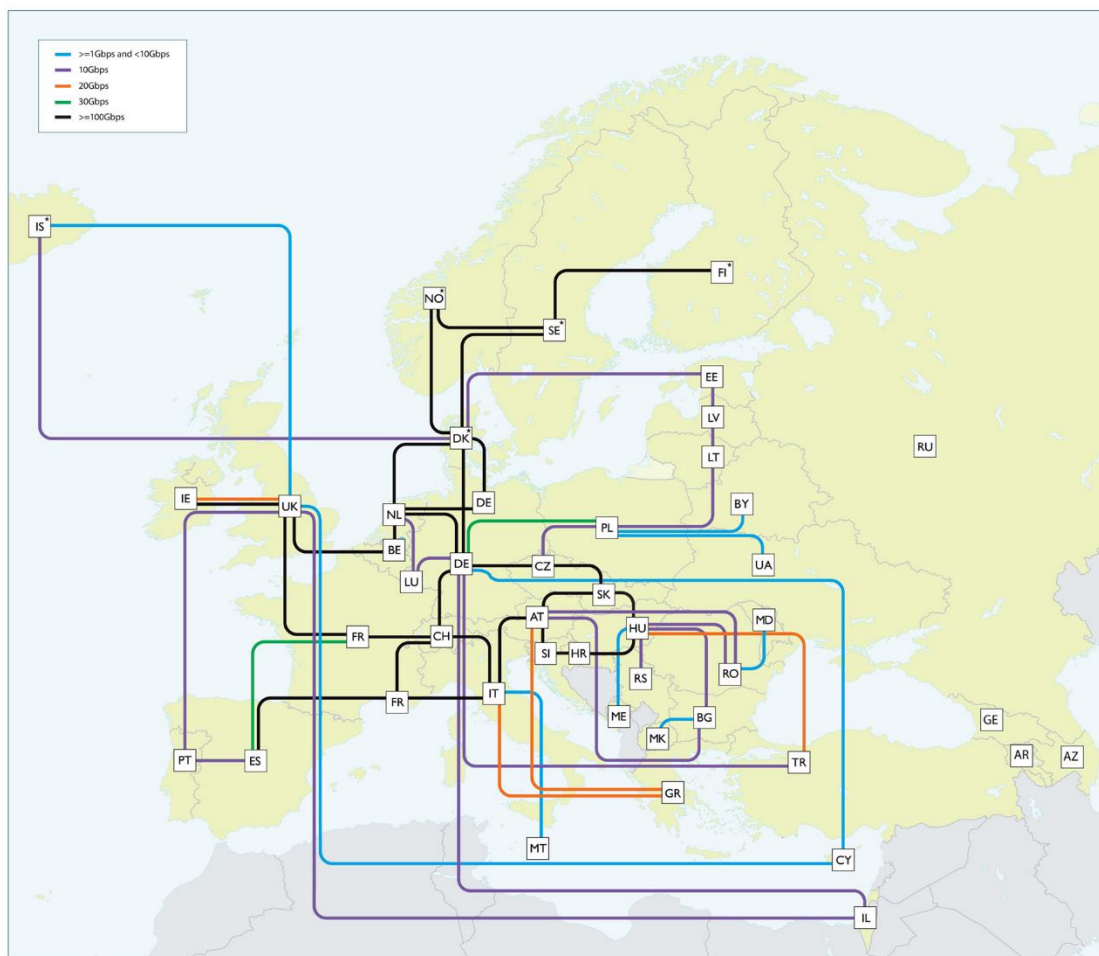
Το ΕΔΕΤ - το Εθνικό Δίκτυο Έρευνας και Τεχνολογίας - καλύπτει σήμερα τις όλο και μεγαλύτερες απαιτήσεις της ελληνικής ακαδημαϊκής και ερευνητικής κοινότητας για υψηλού επιπέδου υπηρεσίες δικτύων κορμού τύπου Internet, παρέχοντας υπηρεσίες εθνικής και διεθνούς διασύνδεσης σε όλα τα Ιδρύματα Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης και τα Ερευνητικά Κέντρα της χώρας (Εικόνα 2.1).

Επιπλέον, υποστηρίζει προηγμένα ερευνητικά έργα και συνεργασίες της ακαδημαϊκής και ερευνητικής κοινότητας της χώρας με την ευρωπαϊκή βιομηχανία ως αναπόσπαστο μέρος του Πανευρωπαϊκού Ερευνητικού Δικτύου *GEANT* (Εικόνα 2.2).



Εικόνα 2.1 Όψη της τοπολογίας του δικτύου οπτικών ινών του GRNET (πηγή: ΕΔΕΤ, <https://www.noc.grnet.gr/el/node/23>, πρόσβαση Φεβρουάριος 2015).

Έτσι, λοιπόν, για να επικοινωνήσουν δύο υπολογιστές στο Internet, εμπλέκονται πολλά δίκτυα κορμού που εκτός των άλλων πρέπει να είναι συνδεδεμένα και μεταξύ τους. Αυτό συμβαίνει σε διάφορα σημεία. Για παράδειγμα, στην Ελλάδα τα δίκτυα συνδέονται κυρίως σε κόμβους στην Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη. Μέσω της Αθήνας συνδέονται στο GEANT (μέσω Ιταλίας ή Αυστρίας) και από εκεί στις ΗΠΑ μέσω Νέας Υόρκης ή Σικάγου. Τα σημεία αυτά ονομάζονται POPs (Points of Presence), MAEs (Metropolitan Area Ethernets), NAPs (Network Access Points), ή IEPs (Internet Exchange Points). Στα σημεία αυτά διασυνδέονται οι μεγάλοι πάροχοι του χώρου.



Εικόνα 2.2 Τοπολογία του δικτύου GEANT τον Ιανουάριο 2014
(πηγή: GEANT, <http://www.geant.org/Resources/#maps>, πρόσβαση Φεβρουάριος 2015).

2.1 Εκτέλεση δεύτερου μέρους

Για τις ανάγκες αυτού του εργαστηρίου θα χρησιμοποιήσετε τις εντολές ring και traceroute καθώς κι ένα δείγμα από 10 τουλάχιστον ανώτατα εκπαιδευτικά ιδρύματα της Ελλάδας. Τα δείγματα αυτά θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο εξαπλωμένα γεωγραφικά. Το ποια ακριβώς και με ποιον τρόπο θα τα βρείτε, είναι απόλυτα δική σας επιλογή.

1. Για κάθε σημείο κάντε ring 10 φορές και καταγράψτε τον μέσο χρόνο. Αμέσως μετά από κάθε ring κάντε traceroute για εκείνο τον τόπο και καταγράψτε τα αποτελέσματα. Μην κάνετε πρώτα όλα τα ring και μετά τα traceroute. Γιατί;
2. Τώρα αναλύστε τα αποτελέσματα.
 - α. Ποια είναι η σχέση μεταξύ του μέσου χρόνου του ring και του αριθμού των αλμάτων (hops);
 - β. Ανάμεσα στην απόσταση και τον αριθμό των αλμάτων;
 - γ. Ανάμεσα στον μέσο χρόνο του ring και τις μεταβάσεις μεταξύ ISPs;
3. Για να αναλύσετε καλύτερα τα αποτελέσματά σας, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε ανάλυση συσχετίσεων (correlation analysis). Ο ευκολότερος τρόπος να το κάνετε αυτό στον προσωπικό σας υπολογιστή είναι να χρησιμοποιήσετε τη συνάρτηση PEARSON του Excel. Το πώς χρησιμοποιείται μπορείτε να το βρείτε από τη βοήθεια του προγράμματος. Αυτή θα σας δώσει για τα δεδομένα σας ένα συντελεστή συσχέτισης μεταξύ -1 και 1. Δίνεται παρακάτω μια ερμηνεία των θετικών αποτελεσμάτων (η αρνητική συσχέτιση έχει ίδια κλίμακα):

περίπου 0	καμία συσχέτιση
.40 - .59	ασθενής συσχέτιση
.60 - .79	μέση συσχέτιση
.80 - .89	ισχυρή συσχέτιση

.90 – 1 πολύ ισχυρή συσχέτιση

4. Επαναλάβετε τα βήματα 3 έως και 5 για 10 σημεία στην Ελλάδα που να μην είναι εκπαιδευτικά ιδρύματα. Επιλέξτε τα σημεία, ώστε να εξαπλώνονται, εάν είναι δυνατόν, γεωγραφικά σε όλη την επικράτεια.
5. Επαναλάβετε τα βήματα 3 έως και 5 για 10 σημεία στις ΗΠΑ. Επιλέξτε τα σημεία, ώστε να εξαπλώνονται γεωγραφικά σε όλη την επικράτεια (Ανατολική και Δυτική Ακτή, Βόρεια, Νότιες και Κεντρικές ΗΠΑ).
6. Στην αναφορά του εργαστηρίου θα παραδώσετε ένα λογιστικό φύλλο με τις μετρήσεις σας. Χρησιμοποιήστε την παρακάτω προτεινόμενη μορφή για την καταγραφή των μετρήσεών σας, ώστε όλες να μπορούν να συνδυαστούν εύκολα (μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το έτοιμο αρχείο [ch02_report.xls](#)). Θα πρέπει να δείξετε και τους τρεις συντελεστές συσχέτισης. Δημιουργήστε διαγράμματα X-Y και για τις τρεις σχέσεις. Παρουσιάστε στην αναφορά σας το πείραμα που κάνατε και παρουσιάστε τα αποτελέσματα.
7. Προσθέστε έναν χάρτη, όπου να φαίνονται καθαρά τα σημεία που επιλέξατε.

	Τμήμα:								
	Ημερομηνία:								
	Όνοματεπώνυμο σπουδαστή 1:								
	Όνοματεπώνυμο σπουδαστή 2:								
a/a	Δικτυακός τόπος	IP Διεύθυνση	Πόλη	Πολιτεία (ΗΠΑ)	Απόσταση σε μίλια	Απόσταση σε km	Μέσος χρόνος ping	Αριθμός αλμάτων	Αλλαγές ISP
	εισαγωγή δεδομένων από αυτή τη γραμμή								

Βιβλιογραφία

- [1]. D. Wetherall, *Everything You Ever Wanted to Know About Message Latency*, 2013. [Online]. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://computernetworks5e.org/blogs/wp-content/uploads/2013/09/latency-suppl.pdf> [Τελευταία πρόσβαση: 18/2/2015].