

# Σύγκριση Στατικής και Δυναμικής Δρομολόγησης σε Δίκτυα με Εναλλασσόμενους Χάρτες Συνδεσιμότητας

Σωτήριος - Άγγελος Λένας<sup>1</sup>, Ιωάννης Κόμνιος<sup>2</sup>, Βασίλης Τσαουσίδης<sup>3</sup>

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης  
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών,  
Πανεπιστημιούπολη Κιμμερίων, 67100 Ξάνθη  
{sl2568, ikomnios, vtsaousi}@ee.duth.gr

<sup>1</sup>Προπτυχιακός φοιτητής    <sup>2</sup>Μεταπτυχιακός φοιτητής    <sup>3</sup>Καθηγητής Δ.Π.Θ.

## Abstract

Routing in computer networks has always attracted research interest; throughout the years different solutions have been proposed, from simple static routing to more intelligent routing algorithms. Extreme network conditions, like long propagation delays and lack of connectivity, pose difficulties for the selection of the most efficient routing method. In this paper, we study the performance of networks that utilize constantly changing connectivity maps, when static and dynamic routing is applied. Our simulation results show that static routing outperforms dynamic routing for high propagation delay values, although it is affected more by long periods of lack of connectivity.

**Keywords:** Dynamic Routing, Static Routing, Connectivity Map

## 1. Εισαγωγή

Στην πλειονότητα των σημερινών διαδικτυακών εφαρμογών η δυναμική δρομολόγηση προτιμάται από τη στατική. Κατά καιρούς και ανάλογα με την τοπολογία και το είδος του δικτύου, έχουν αναπτυχθεί διάφορα πρωτόκολλα δρομολόγησης με πιο διαδεδομένα τα Distance Vector [Hedrick (1988)] και Link State [Clausen et.al (2003)]. Παρότι τα πρωτόκολλα αυτά είναι αρκετά αποδοτικά, δεν αποτελούν τη βέλτιστη λύση για όλες τις συνθήκες που συναντούνται στο Διαδίκτυο. Υπάρχουν δηλαδή περιπτώσεις όπου, ανάλογα με τις εκάστοτε παραμέτρους του δικτύου, είναι προτιμότερη η χρήση στατικής δρομολόγησης σε σχέση με την δυναμική. Στην παρούσα εργασία θα εξετάσουμε την απόδοση τόσο της στατικής, όσο και της δυναμικής δρομολόγησης σε δίκτυα με εναλλασσόμενους χάρτες συνδεσιμότητας, στους οποίους ορίζονται τα χρονικά διαστήματα για τα οποία η κάθε σύνδεση παραμένει ενεργή. Μερικά ενδεικτικά παραδείγματα αποτελούν τα δίκτυα υψηλής καθυστέρησης, όπως τα δορυφορικά και διαστημικά δίκτυα, τα δίκτυα με μεγάλο αριθμό σφαλμάτων, όπως τα ασύρματα δίκτυα, και τα δίκτυα με διακοπτόμενη συνδεσιμότητα.

Η δομή της εργασίας έχει ως εξής: στην ενότητα 2 δίνονται οι βασικές αρχές της δρομολόγησης και πώς αυτή επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά συνδεσιμότητας του δικτύου. Η ενότητα 3 περιλαμβάνει τα πειραματικά αποτελέσματα χωρισμένα σε υποενότητες ανάλογα με την παράμετρο που εξετάζεται κάθε φορά. Τέλος, η ενότητα 4 συνοψίζει τα συμπεράσματα και αποτελεί τον επίλογο της εργασίας.

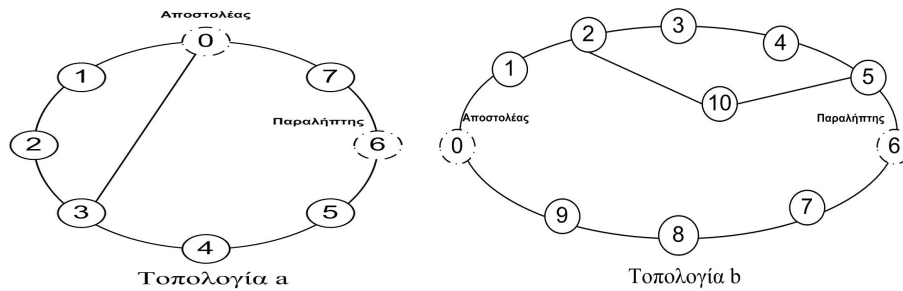
## **2. Συνδεσιμότητα και Δρομολόγηση**

Σε τοπολογίες δικτύων που υποστηρίζουν εναλλακτικές διαδρομές για αποστολή δεδομένων από τον αποστολέα προς τον παραλήπτη συνήθως χρησιμοποιείται κάποιο πρωτόκολλο δρομολόγησης, ώστε να αποφασίζει ποια διαδρομή θα ακολουθήσουν τα προς αποστολή δεδομένα. Σκοπός των περισσότερων αλγορίθμων δρομολόγησης πακέτων είναι η εύρεση σε κάθε χρονική στιγμή μιας βέλτιστης διαδρομής, αξιοποιώντας διάφορα δικτυακά χαρακτηριστικά ως κριτήρια, και εν συνεχεία η αποστολή των πακέτων μέσω αυτής. Βέβαια, η εύρεση της βέλτιστης διαδρομής στο Διαδίκτυο είναι πρακτικά αδύνατη λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του και του μεγάλου όγκου πληροφοριών που πρέπει να ανταλλαχθούν, ώστε να καταστεί εφικτή μια τέτοιου είδους προσπάθεια και, έτσι, συνήθως αρκούμαστε στην εύρεση μιας απλά καλής διαδρομής. Επίσης, υπάρχουν πρωτόκολλα δρομολόγησης, όπως αυτό της ‘καυτής πατάτας’ [Texeira et.al (2004)], τα οποία δεν στοχεύουν έστω στην εύρεση μιας καλής διαδρομής, αλλά δρομολογούν τυχαία τα πακέτα από κόμβο σε κόμβο μέχρι να φτάσουν στον τελικό τους προορισμό. Όσον αφορά την εύρεση μιας καλής διαδρομής, αυτή προϋποθέτει την ανταλλαγή επιπλέον πληροφορίας μεταξύ των κόμβων (overhead), ώστε να αποκτηθεί μια εικόνα της εκάστοτε τοπολογίας επομένως, η χρησιμοποίηση ενός αλγορίθμου δρομολόγησης εύρεσης καλής διαδρομής έχει ένα επιπλέον κόστος, αυτό του overhead. Έτσι, σε περίπτωση που χαθεί η σύνδεση προς κάποιο κόμβο που είναι μέρος της διαδρομής, την οποία ακολουθούσαν τα δεδομένα, ο αλγόριθμος δρομολόγησης θα κληθεί να δρομολογήσει τα δεδομένα από μια άλλη επανυπολογισμένη διαδρομή, εφόσον αυτή υπάρχει. Στην παρούσα εργασία μελετώνται περιπτώσεις κατά τις οποίες ο επανυπολογισμός και η δρομολόγηση δεδομένων από εναλλακτικές διαδρομές, λόγω απώλειας της σύνδεσης προς κάποιο κόμβο, πιθανά να κοστίζει περισσότερο από το να είχε επιλεγεί στατική δρομολόγηση, δηλαδή η αποστολή δεδομένων μέσω μιας συγκεκριμένης διαδρομής που έχει οριστεί από την αρχή της αποστολής. Στην περίπτωση κατά την οποία είχε επιλεγεί στατική δρομολόγηση, ο αποστολέας θα περίμενε την αποκατάσταση της σύνδεσης και θα συνέχιζε να στέλνει δεδομένα μόλις γινόταν ενεργή.

## **3. Πειραματικά αποτελέσματα**

Για την εκτέλεση των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκε ο προσομοιωτής δικτύων Network Simulator 2 (NS-2) [The Network Simulator NS-2 (2009)]. Στην παρακάτω

εικόνα φαίνονται οι τοπολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για να εξετάσουμε τις διαφορές παραμέτρους του δικτύου και πώς αυτές επηρεάζουν την τελική απόφαση μεταξύ χρήσης δυναμικής ή στατικής δρομολόγησης.



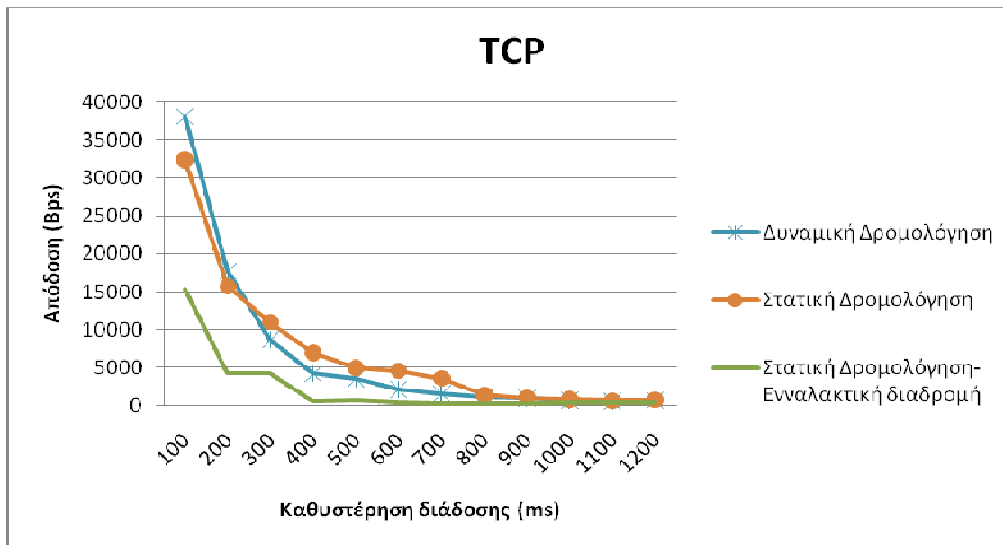
**Σχήμα 1.** Τοπολογίες πειραμάτων

Οι τοπολογίες επιλέχθηκαν λόγω των εναλλακτικών διαδρομών που παρέχουν προς τον παραλήπτη, με διαφορετικό πλήθος ενδιάμεσων κόμβων η καθεμία. Με την τοπολογία a εξετάζουμε την περίπτωση όπου η βέλτιστη διαδρομή από άποψη πλήθους ενδιάμεσων κόμβων έχει σαφές πλεονέκτημα ως προς τις υπόλοιπες, ενώ η τοπολογία b αποτελεί μια πιο δυναμική σχεδίαση, με την βέλτιστη διαδρομή να παρουσιάζει ελάχιστη διαφορά από τις υπόλοιπες. Αναλυτικότερα, για τα πειράματα που ακολουθούν χρησιμοποιείται ένα τυχαίο μοντέλο συνδεσιμότητας το οποίο ακολουθεί ομοιόμορφη κατανομή, κάθε σύνδεση έχει 1Mb χωρητικότητα και ο αποστολέας (κόμβος 0) στέλνει δεδομένα στον παραλήπτη (κόμβος 6), για δεδομένο χρονικό διάστημα, μέσω μιας ftp ή cbr εφαρμογής χρησιμοποιώντας τόσο το αξιόπιστο πρωτόκολλο μεταφοράς από άκρο σε άκρο (end-to-end) TCP New Reno [Floyd et.al (2004)], όσο και το μη αξιόπιστο πρωτόκολλο μεταφοράς UDP [Postel (1980)]. Το πρωτόκολλο δυναμικής δρομολόγησης που επιλέχθηκε είναι το Distance Vector, ενώ για την στατική δρομολόγηση επιλέγεται πάντοτε η συντομότερη διαδρομή (κόμβοι 0-7-6 ή 0-9-8-7-6). Το στοιχείο που εξετάζεται σε κάθε πείραμα είναι η συμπεριφορά ως προς την απόδοση της δυναμικής και της στατικής δρομολόγησης σε σχέση με μια συγκεκριμένη παράμετρο, κρατώντας όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους σταθερές. Τέλος, τα σενάρια που έχουν ως παραμέτρους την καθυστέρηση διάδοσης και τη βαθμιαία αύξηση του ποσοστού πτώσεων των συνδέσεων επί του συνολικού χρόνου αποστολής δεδομένων εξετάζονται ποσοτικά, ενώ τα σενάρια με τις τυχαίες πτώσεις και ανόδους των συνδέσεων, λόγω της τυχαιότητας αυτής, εξετάζονται ποιοτικά.

### 3.1 Αυξανόμενη καθυστέρηση (Τοπολογία a)

Σε αυτό το πείραμα εξετάζουμε τον παράγοντα της καθυστέρησης διάδοσης (Propagation Delay) και πώς η αύξηση αυτής επηρεάζει την απόδοση του συστήματος, χρησιμοποιώντας δυναμική ή στατική δρομολόγηση. Τα πειράματα έγιναν με την χρήση ενός δεδομένου χάρτη συνδεσιμότητας και δοκιμάστηκε τόσο το

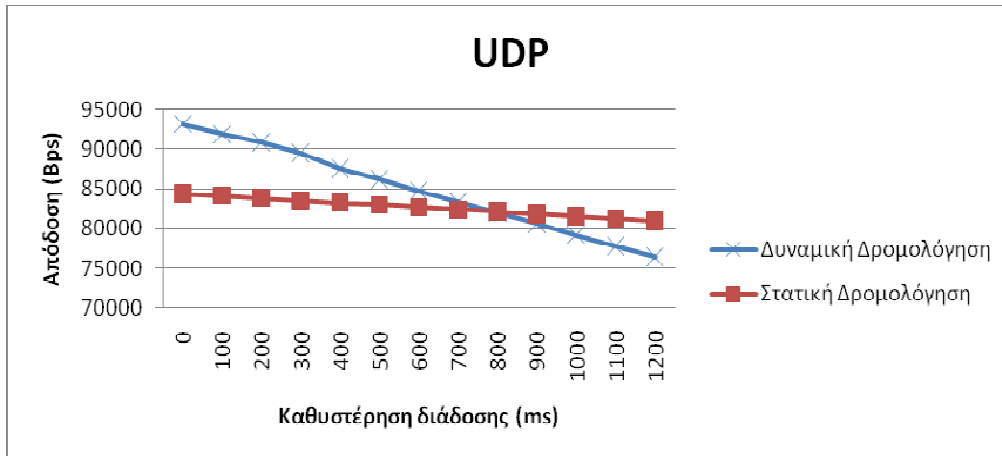
TCP, όσο και το UDP πρωτόκολλο. Τα αποτελέσματα με την χρήση του πρωτοκόλλου TCP φαίνονται στην παρακάτω γραφική παράσταση.



**Σχήμα 2.** Σύγκριση δυναμικής – στατικής δρομολόγησης για διάφορες τιμές καθυστέρησης διάδοσης με χρήση TCP πρωτοκόλλου.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 2, για μικρές τιμές της καθυστέρησης διάδοσης η δυναμική δρομολόγηση είναι προτιμότερη, ενώ όσο η καθυστέρηση αυξάνεται, παρατηρείται βελτίωση της απόδοσης της στατικής δρομολόγησης σε τέτοιο βαθμό, ώστε να ξεπερνά αυτή της δυναμικής. Η διαφορά αυτή είναι σημαντική, διότι, όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, οι βαθμίδες στον άξονα της απόδοσης δίνονται σε δεκάδες χιλιάδες. Επιπλέον, ένα σημείο στο οποίο πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή είναι η σημαντική πτώση της απόδοσης στην περίπτωση που η κίνηση δρομολογηθεί στατικά μέσω μιας διαφορετικής διαδρομής από την βέλτιστη στο συγκεκριμένο πείραμα η κίνηση δρομολογήθηκε μέσω της δεύτερης καλύτερης διαδρομής ως προς το πλήθος των ενδιάμεσων κόμβων. Για πολύ μεγάλες τιμές καθυστέρησης διάδοσης (μεγαλύτερες από 800ms) παρατηρείται ταύτιση της απόδοσης των δύο τύπων δρομολόγησης. Η αιτία που συμβαίνει αυτό έγκειται στη χρήση του TCP πρωτοκόλλου, η απόδοση του οποίου πέφτει κατακόρυφα για πολύ μεγάλες τιμές καθυστέρησης διάδοσης, γεγονός που αναδεικνύει την ακαταλληλότητα χρήσης του υπό αυτές τις συνθήκες.

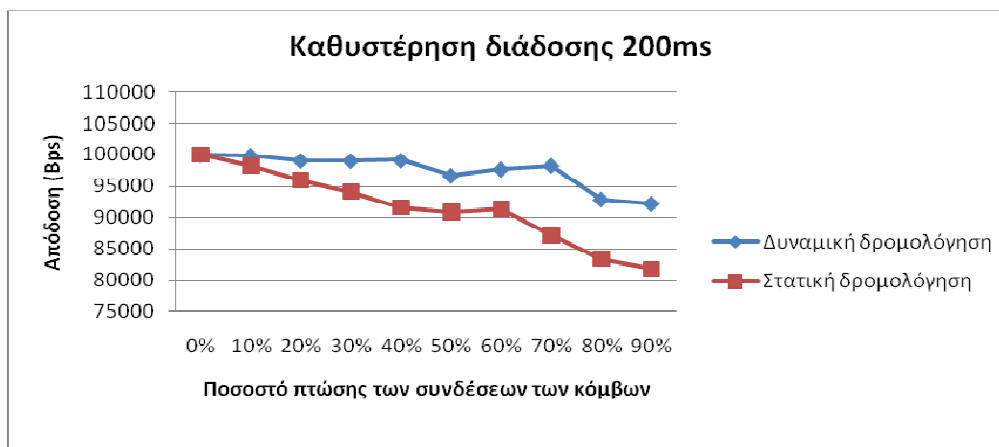
Όσο αφορά τη χρήση του πρωτοκόλλου UDP, παρατηρείται μια πιο ομαλή συμπεριφορά, η οποία οφείλεται στην έλλειψη μηχανισμών αξιοπιστίας που χαρακτηρίζει το πρωτόκολλο UDP. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω και είναι αντίστοιχα με αυτά της προηγούμενης περίπτωσης.



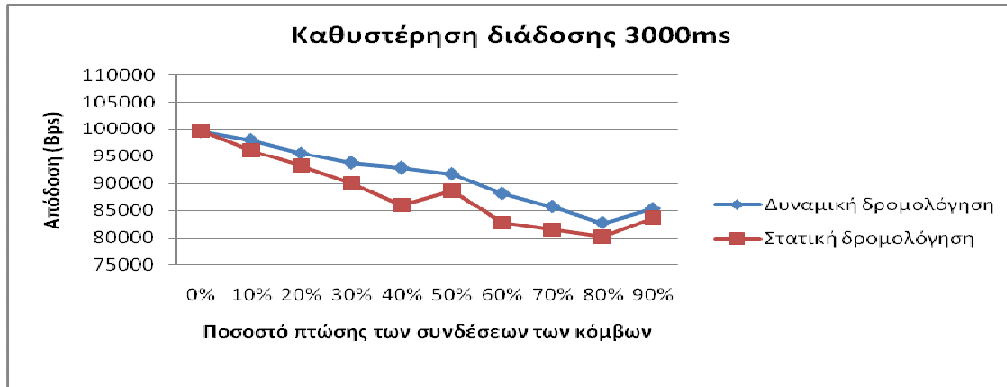
**Σχήμα 3.** Σύγκριση δυναμικής – στατικής δρομολόγησης για διάφορες τιμές καθυστέρησης διάδοσης με χρήση UDP πρωτοκόλλου.

### 3.2 Βαθμιαία αύξηση του ποσοστού πτώσεων των συνδέσεων επί του συνολικού χρόνου αποστολής δεδομένων. (Τοπολογία α)

Μια δεύτερη παράμετρος που εξετάστηκε είναι η βαθμιαία αύξηση του ποσοστού πτώσεων των συνδέσεων επί του συνολικού χρόνου αποστολής δεδομένων και το εάν αυτή συνδέεται με την καθυστέρηση διάδοσης. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε ένα τυχαίο μοντέλο πτώσεων, το οποίο ακολουθεί ομοιόμορφη κατανομή, με την δυνατότητα να ρυθμίζει τον συνολικό χρόνο πτώσεων των συνδέσεων ανάλογα με κάποιο επιθυμητό ποσοστό επί του συνολικού χρόνου εκτέλεσης του πειράματος. Τα αποτελέσματα για το UDP πρωτόκολλο φαίνονται στα παρακάτω σχήματα:



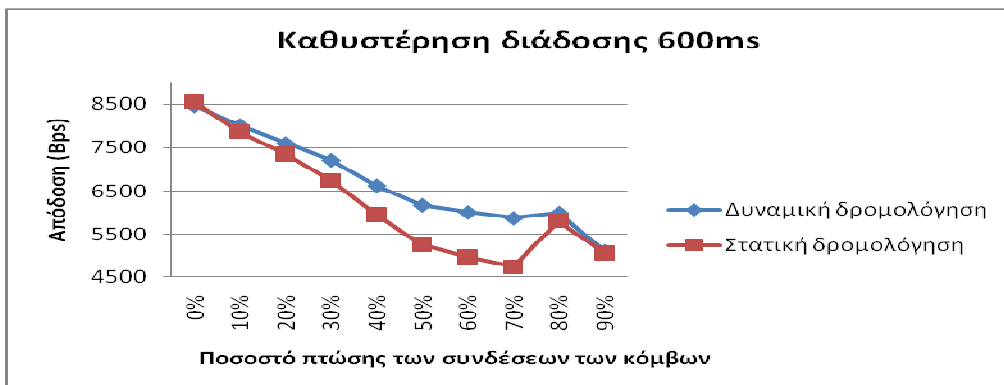
**Σχήμα 4.** Σύγκριση δυναμικής – στατικής δρομολόγησης για διάφορες τιμές ποσοστού πτώσεων των συνδέσεων για καθυστέρηση διάδοσης 200ms.



**Σχήμα 5.** Σύγκριση δυναμικής – στατικής δρομολόγησης για διάφορες τιμές ποσοστού πτώσεων των συνδέσεων για καθυστέρηση διάδοσης 3000ms.

Από τα παραπάνω σχήματα παρατηρούμε ότι, ειδικά για μικρές καθυστερήσεις διάδοσης, το μεγάλο ποσοστό πτώσεων έχει σημαντικά αρνητική επίδραση στη στατική δρομολόγηση (σχήμα 4). Βέβαια, ο παράγοντας αυτός αντισταθμίζεται με την αύξηση της καθυστέρησης διάδοσης, αφού, όπως παρατηρούμε στο σχήμα 5, οι δύο γραφικές παραστάσεις παρουσιάζουν μικρότερη διαφορά από ότι στο σχήμα 4 και η αύξηση του ποσοστού πτώσεων δεν δείχνει να έχει τόσο μεγάλη επίδραση για μεγάλες καθυστερήσεις διάδοσης. Έτσι, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα πως οι δύο αυτοί παράγοντες πρέπει να εξετάζονται παράλληλα για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

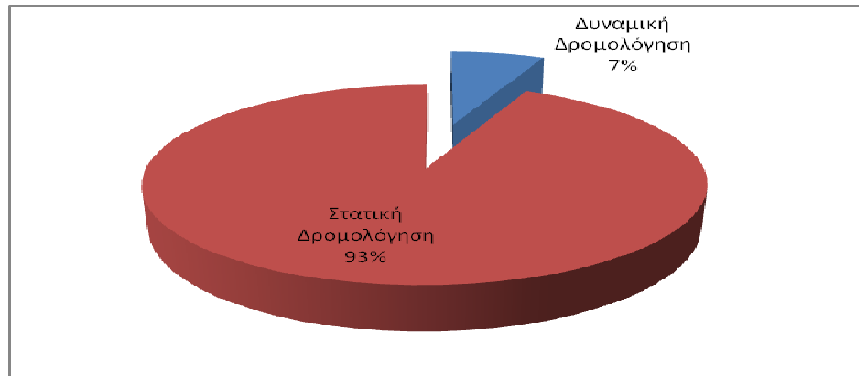
Όσον αφορά το πρωτόκολλο TCP, παρατηρούμε ότι η συμπεριφορά που παρουσιάζει είναι σαφώς πιο απότομη από αυτή του πρωτοκόλλου UDP και η απόδοση του, όπως αναμενόταν, είναι κατά πολύ μειωμένη. Ενδεικτικά παρουσιάζεται παρακάτω μια γραφική παράσταση η οποία καταδεικνύει τα παραπάνω σχόλια:



**Σχήμα 6.** Σύγκριση δυναμικής – στατικής δρομολόγησης για διάφορες τιμές ποσοστού πτώσεων των συνδέσεων για καθυστέρηση διάδοσης 600ms.

### 3.3 Τυχαίες πτώσεις και άνοδοι. (Τοπολογία a)

Σε αυτό το πείραμα μελετούμε με στατιστικές μεθόδους την υπερχρή της στατικής ή δυναμικής δρομολόγησης στη τοπολογία a για μεγάλη καθυστέρηση διάδοσης της τάξης των 600ms με χρήση του TCP πρωτοκόλλου. Για αυτό τον λόγο χρησιμοποιήθηκε ένα τυχαίο μοντέλο πτώσεων και ανόδων των συνδέσεων των κόμβων, το οποίο ακολουθεί ομοιόμορφη κατανομή και έγινε δειγματοληψία 60 σεναρίων. Σε κάθε σενάριο παράγονταν ένας νέος χάρτης συνδεσιμότητας και γινόταν σύγκριση της απόδοσης μεταξύ δυναμικής και στατικής δρομολόγησης. Τα ποσοστιαία αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω:



Σχήμα 7. Αποτελέσματα δειγματοληψίας πειράματος 3.3.

Για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία  $\chi$ -τετράγωνο για σύγκριση ποιοτικών παρατηρήσεων κατά ζεύγη. Εφαρμόζοντας τον παρακάτω τύπο με τα δεδομένα τα οποία παρουσιάζονται στον πίνακα 1 βρέθηκε ότι  $X^2 = 90,133333$ .

$$X^2 = \frac{(ad - bc)^2 (a + b + c + d)}{(a + b)(c + d)(b + d)(a + c)} \quad (1)$$

		Δυναμική Δρομολόγηση		Στατική Δρομολόγηση
Υπερτερεί	a	4	b	56
Υστερεί	c	56	d	4
Σύνολο		60		60

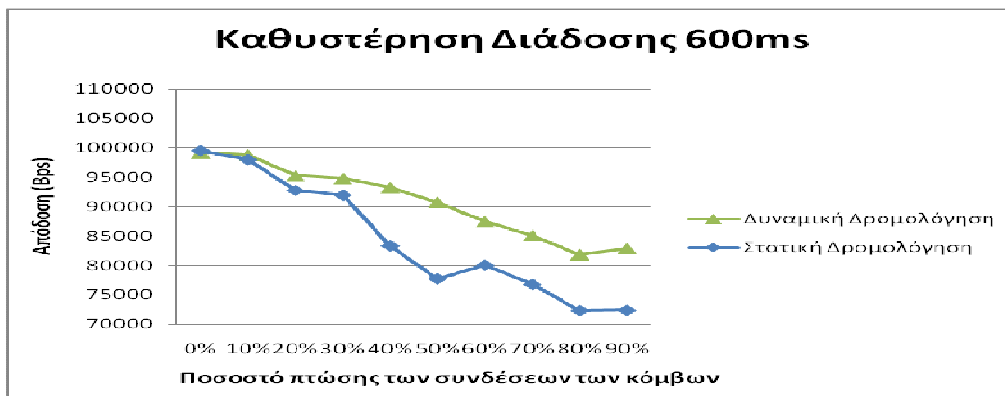
Πίνακας 1. Αποτελέσματα πειράματος

Για ένα βαθμό ελευθερίας (πίνακας 2x2) και για στατιστική σημαντικότητα της τάξης του 99,9% μέσω των πινάκων της  $\chi$ -τετράγωνο κατανομής βρίσκουμε ότι

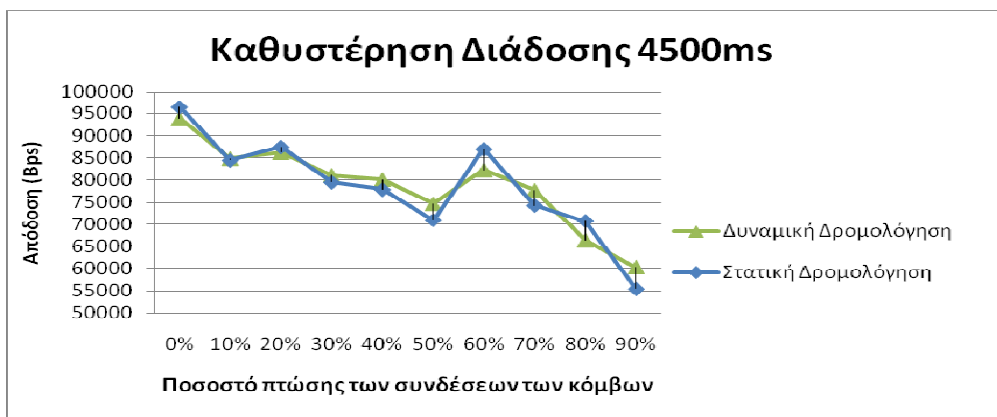
90,1333>>10,83, έτσι προκύπτει ότι η μηδενική υπόθεση (οι δύο μέθοδοι δεν διαφέρουν σημαντικά) απορρίπτεται. Επομένως, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως, για την συγκεκριμένη τοπολογία και για καθυστέρηση διάδοσης 600ms, η στατική δρομολόγηση υπερτερεί της δυναμικής.

### 3.4 Βαθμιαία αύξηση ποσοστού πτώσεων των συνδέσεων επί του συνολικού χρόνου αποστολής δεδομένων. (Τοπολογία b)

Στο πείραμα επανεξετάζουμε την βαθμιαία αύξηση ποσοστού πτώσεων των συνδέσεων επί του συνολικού χρόνου αποστολής δεδομένων, χρησιμοποιώντας όμως μια πιο δυναμική τοπολογία. Έχει ακολουθηθεί ακριβώς η ίδια πειραματική μεθοδολογία και τα αποτελέσματα για το UDP πρωτόκολλο φαίνονται στα παρακάτω σχήματα:



**Σχήμα 8.** Σύγκριση δυναμικής – στατικής δρομολόγησης για διάφορες τιμές ποσοστού πτώσεων των συνδέσεων για καθυστέρηση διάδοσης 600ms.



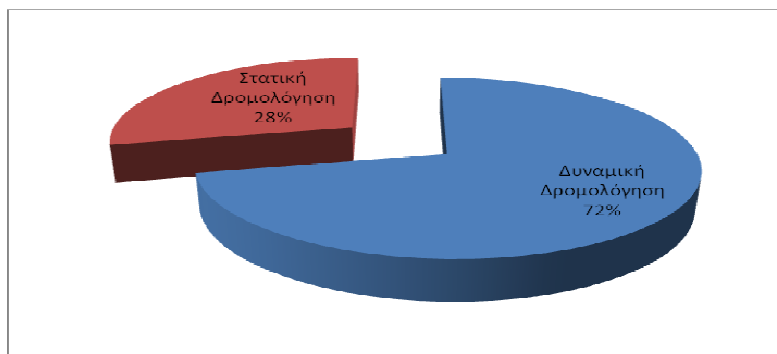
**Σχήμα 9.** Σύγκριση δυναμικής – στατικής δρομολόγησης για διάφορες τιμές ποσοστού πτώσεων των συνδέσεων για καθυστέρηση διάδοσης 4500ms.



Παρατηρούμε και πάλι ότι για μικρή καθυστέρηση διάδοσης και για ποσοστό απώλειας σύνδεσης μεγαλύτερο του 20%, η στατική δρομολόγηση παρουσιάζει σαφές μειονέκτημα έναντι της δυναμικής, παράγοντας που αντισταθμίζεται για μεγαλύτερες τιμές της καθυστέρησης διάδοσης. Σε σύγκριση με το πείραμα 3.2, σε αυτή τη περίπτωση, λόγω του πιο δυναμικού χαρακτήρα της τοπολογίας, η σύγκλιση των δύο μεθόδων δρομολόγησης επιτυγχάνεται για αρκετά μεγαλύτερη καθυστέρηση διάδοσης.

### 3.5 Τυχαίες πτώσεις και άνοδοι. (Τοπολογία b)

Σε αυτό το πείραμα, όπως και στο πείραμα 3.3, μελετούμε αν υπάρχει σημαντική στατιστική διαφορά (μηδενική υπόθεση) μεταξύ των αποτελεσμάτων εξήντα σεναρίων, όπου για κάθε ένα από αυτά παράγεται ένας τυχαίος χάρτης συνδεσιμότητας, και συγκρίνεται η απόδοση δυναμικής και στατικής δρομολόγησης. Τα ποσοστιαία αποτελέσματα για καθυστέρηση διάδοσης ίση με 600ms και με χρήση του πρωτοκόλλου TCP φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 10. Αποτελέσματα δειγματοληψίας πειράματος 3.5.

Ακολουθώντας την ίδια στατιστική ανάλυση με το πείραμα 3.3, κατασκευάζουμε τον παρακάτω πίνακα και με την χρήση της εξίσωσης (1) υπολογίζουμε το  $\chi^2$ :

		Δυναμική Δρομολόγηση		Στατική Δρομολόγηση
Υπερτερεί	a	43	b	17
Υστερεί	c	17	d	43
Σύνολο		60		60

Πίνακας 2. Αποτελέσματα πειράματος

$$\chi^2 = 22,5333333$$

Για ένα βαθμό ελευθερίας (πίνακας 2x2) και για στατιστική σημαντικότητα της τάξης του 99,9% μέσω των πινάκων της  $\chi$ -τετράγωνο κατανομής βρίσκουμε ότι  $22,5333333 > 10,83$ , επομένως η μηδενική υπόθεση (οι δύο μέθοδοι δεν διαφέρουν σημαντικά) απορρίπτεται. Έτσι, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως για την συγκεκριμένη τοπολογία και για καθυστέρηση διάδοσης 600ms, η δυναμική δρομολόγηση υπερτερεί της στατικής, σε αντίθεση με το πείραμα 3.3. Βέβαια, στην σύγκριση των δύο πειραμάτων παρατηρούμε πως η στατιστική διαφορά στο πείραμα 3.3 είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι στο παρόν πείραμα.

#### 4. Συμπεράσματα

Τα πειραματικά αποτελέσματα της παρούσας εργασίας δείχνουν πως η επιλογή ενός τύπου δρομολόγησης σε δίκτυα με εναλλασσόμενους χάρτες συνδεσιμότητας δεν αποτελεί μια εύκολη απόφαση, καθώς η αποδοτικότητα των δύο τύπων δρομολόγησης εναλλάσσεται ανάλογα με τα ειδικότερα χαρακτηριστικά του δικτύου. Παρόλα αυτά, παρατηρούμε μια τάση επικράτησης της στατικής δρομολόγησης έναντι της δυναμικής για μεγάλες τιμές καθυστέρησης διάδοσης (το πόσο μεγάλη θα είναι η τιμή εξαρτάται από την εκάστοτε τοπολογία). Η απόδοση της στατικής δρομολόγησης δείχνει να επηρεάζεται αρνητικά σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι η δυναμική δρομολόγηση για μεγάλα ποσοστά απώλειας συνδεσιμότητας κατά την διάρκεια αποστολής δεδομένων. Τέλος, σε τοπολογίες των οποίων η βέλτιστη διαδρομή παρουσιάζει μεγάλη διαφορά σε αριθμό ενδιάμεσων κόμβων από τον παραλήπτη στο αποστολέα σε σύγκριση με τις εναλλακτικές διαδρομές που διαθέτει η εκάστοτε τοπολογία, η στατική δρομολόγηση μέσω της βέλτιστης διαδρομής δείχνει να επιτυγχάνει καλύτερη απόδοση για ένα μεγάλο εύρος πιθανών παραμέτρων δικτύου όπως πχ. η μεγάλη καθυστέρηση διάδοσης και η συχνή απώλεια συνδεσιμότητας.

#### 5. Αναφορές

1. Clausen T. and Jacquet P. (2003), *Optimized Link State Routing Protocol (OLSR)*, IETF RFC 3626, Internet Engineering Task Force, URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3626.txt>
2. Floyd S., Henderson T. and Gurtov A. (2004), *The NewReno Modification to TCP's Fast Recovery Algorithm*, IETF RFC 3782, Internet Engineering Task Force, URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3782.txt>
3. Hedrick C. (1988), *Routing Information Protocol*, IETF RFC 1058, Internet Engineering Task Force, URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc1058.txt>
4. Postel J. (1980), *User Datagram Protocol*, IETF RFC 768, Internet Engineering Task Force, URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc768.txt>
5. Texeira R, Shaikh A., Griffin T. and Rexford J. (2004), *Dynamics of hot-potato routing in IP networks*, Proceedings of ACM SIGMETRICS
6. "The Network Simulator NS-2" (2009), URL: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>