



ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΕΛΛΑΔΟΣ

Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής, Υπολογιστών
και Τηλεπικοινωνιών
Μεταπτυχιακό στις Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Η/Υ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

του Σαχινίδη Α. Θεόφιλου

«Συγκριτική Μελέτη Απόδοσης
Πρωτοκόλλων Δρομολόγησης»

Επιβλέπων Καθηγητής:
Δρ. Αναστάσιος Πολίτης

Περιεχόμενα

- ▶ Βασικές Έννοιες – Πρωτόκολλα Εσωτερικής Δρομολόγησης
- ▶ Συγκριτική Αποτίμηση Επιδόσεων Πρωτοκόλλων Εσωτερικής Δρομολόγησης
 - ▶ Πραγματικός Εξοπλισμός
 - ▶ Προσομοίωση
 - ▶ Αποτελέσματα
- ▶ Επίδραση Αριθμού Δρομολογητών ανά OSPF area στο Χρόνο Σύγκλισης του Δικτύου
 - ▶ Βαθμιαία Επεκτεινόμενη Τοπολογία
 - ▶ Μεγαλύτερη Τοπολογία
- ▶ Συμπεράσματα

Δρομολόγηση - Πρωτόκολλα Εσωτερικής Δρομολόγησης

Βασικές Έννοιες

RIP, OSPF, EIGRP

Βασικές Έννοιες

- ▶ Δρομολογητής: Κύρια συσκευή τρίτου επιπέδου του OSI (Επίπεδο Δικτύου).
- ▶ Βασικές Λειτουργίες:
 - ▶ Routing (κατασκευή / ενημέρωση πίνακα δρομ.)
 - ▶ Forwarding (προώθηση πακέτων βάσει αυτού)
- ▶ Πρωτόκολλο Δρομολόγησης
 - ▶ Κανόνες και διαδικασίες για το δυναμικό σχηματισμό – ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησης.
 - ▶ Διακρίνονται σε:
 - ▶ Εσωτερικής και Εξωτερικής δρομολόγησης
 - ▶ Διανυσμάτων Απόστασης (Distance Vector) και Κατάστασης Συνδέσμων (Link State)

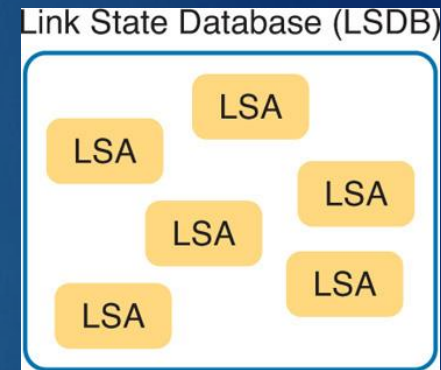
Routing Table			
Destination IP	Subnet Mask	Cost	Next Hop
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

- ▶ Πρωτόκολλο Δρομολόγησης με Διανύσματα Απόστασης
- ▶ Κριτήριο δρομολόγησης: Αριθμός αλμάτων
- ▶ Σχηματισμός και διατήρηση πινάκων δρομολόγησης, μέσω ανταλλαγής διανυσμάτων απόστασης (συνολικών πινάκων δρομολόγησης) μεταξύ γειτονικών δρομολογητών:
 - ▶ Κατόπιν της εκκίνησης των συσκευών
 - ▶ Περιοδικά
 - ▶ Κατόπιν συμβάντος

OSPF

6

- ▶ Πρωτόκολλο Δρομολόγησης Κατάστασης Συνδέσμων
- ▶ Κριτήριο δρομολόγησης: Μεγιστοποίηση εύρους ζώνης
- ▶ Κάθε δρομολογητής διατηρεί πανομοιότυπο και ενημερωμένο χάρτη της τοπολογίας.
 - ▶ Link State Data Base (LSDB) – Σύνολο Link State Advertisements (LSAs)
- ▶ Κατασκευή – διατήρηση πίνακα δρομολόγησης σε δύο στάδια:
 - ▶ Πλημμύρα (εκκίνηση λειτουργίας του δικτύου)
 - ▶ Hellos, πλημμύρα LSAs (περιοδικά και κατόπιν μεταβολής)



EIGRP

- ▶ Ιδιοκτησία της CISCO
- ▶ Κριτήριο δρομολόγησης: Εύρος ζώνης, καθυστέρηση (προεπιλογή)
- ▶ Υβριδικό Πρωτόκολλο
 - ▶ Συνδυασμός χαρακτηριστικών διανυσμάτων απόστασης και κατάστασης συνδέσμων.
- ▶ Έξυπνα σχεδιασμένο:
 - ▶ Τάχιστη σύγκλιση: Διατήρηση προϋπολογισμένων εναλλακτικών διαδρομών στον πίνακα τοπολογίας.
 - ▶ Αλγόριθμος DUAL (υπολογισμός των διαδρομών)
 - ▶ Κατά το δυνατόν μικρή επιβάρυνση του δικτύου με πληροφορία δρομολόγησης.

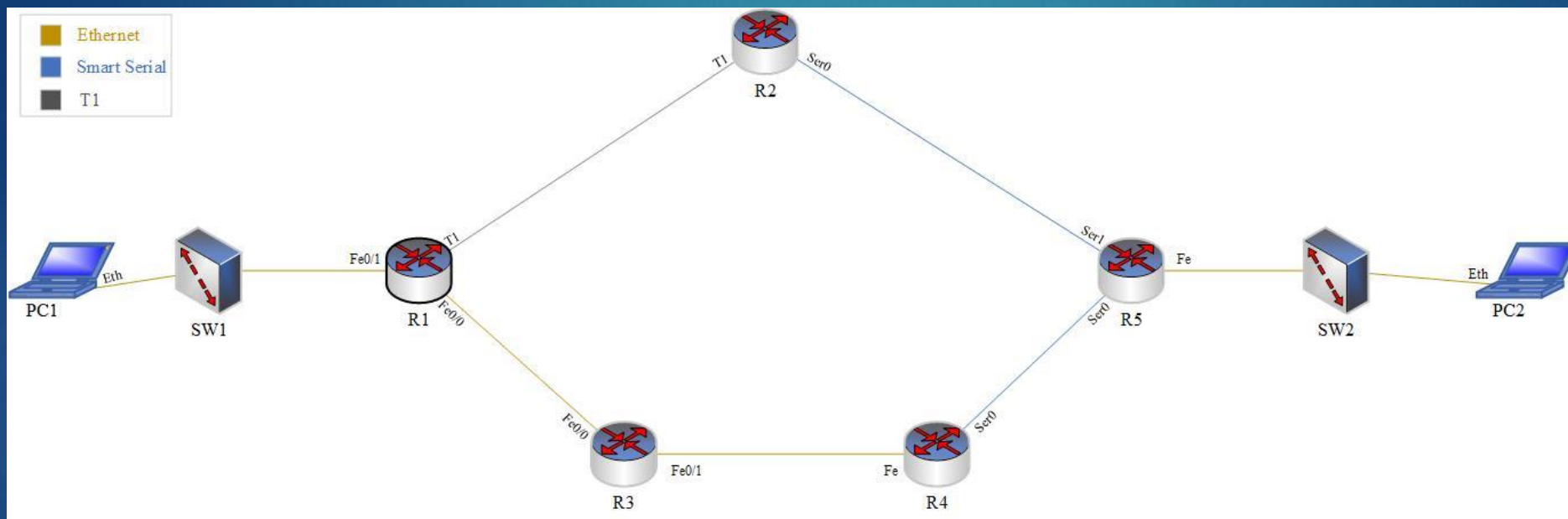
Συγκριτική Αποτίμηση Επιδόσεων

Πείραμα με Πραγματικό Εξοπλισμό

Προσομοιώσεις σε OPNET

Δικτυακή Τοπολογία

9



PC1: Τροφοδότηση δικτύου με UDP πακέτα.

PC2: Αποδέκτης δικτυακής κίνησης.

Κύρια διαδρομή: PC1 – R1 – R2 – R5 – PC2

Εναλλακτική διαδρομή: PC1 – R1 – R3 – R4 – R5 – C2

Διακοπή ζεύξης R2 – R5
και εξαναγκασμός σε
σύγκλιση.

Πείραμα με Πραγματικές Συσκευές

10



Πειραματική διαδικασία:

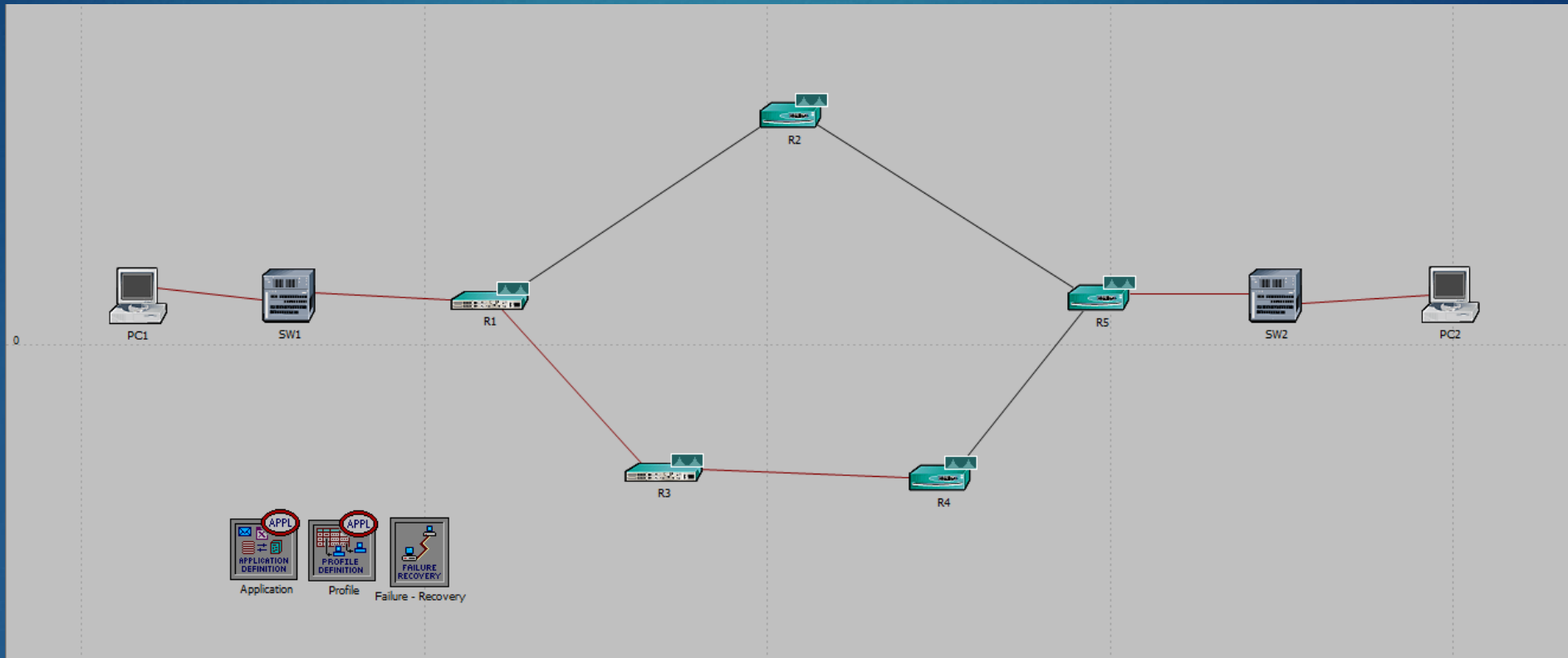
- ❖ Φυσική σύνδεση συσκευών
- ❖ Εφαρμογή κατάλληλων ρυθμίσεων (π.χ. διευθυνσιοδότηση)
- ❖ Εγκατάσταση λογισμικών
- ❖ Ενεργοποίηση πρωτοκόλλων δρομολόγησης
- ❖ Εκτέλεση πειράματος

Προσεγγιστική διαδικασία

- ❖ Καταγραφή χρονικών στιγμών άφιξης πακέτων στον PC2.
- ❖ Εκτίμηση χρόνου σύγκλισης από το «κενό».

Προσομοίωση

11



**Αποτύπωση της τοπολογίας στο OPNET.
Εκτέλεση της διαδικασίας για κάθε πρωτόκολλο.**

Αποτελέσματα (Χρόνος Σύγκλισης)

12

- ▶ **Παράμετρος σύγκρισης: Χρόνος Σύγκλισης:**
 - ▶ *Χρόνος που μεσολαβεί από την εμφάνιση ενός συμβάντος στο δίκτυο, μέχρι την κατάλληλη τροποποίηση κάθε πίνακα δρομολόγησης της τοπολογίας.*
 - ▶ Οι σύγχρονες απαιτήσεις τον ανέδειξαν σε σημαντικό KPI.
- ▶ Αποτελέσματα (sec):

	Πραγματικός Εξοπλισμός	Προσομοίωση
RIP	18.0	8.7
OSPF	7.3	5.0
EIGRP	2.2	0.005

Συμπεράσματα:

- ❖ Σημαντική υπεροχή του EIGRP.
- ❖ Το RIP συγκλίνει αργά.
- ❖ Οι εξαγόμενοι χρόνοι από την πραγματική τοπολογία είναι αρκετά αυξημένοι.

Χρόνος σύγκλισης RIP:

Εξάρτηση από τη στιγμή εμφάνισης της «βλάβης».

Επιβεβαίωση αποτελεσμάτων από σχετική ερευνητική δημοσίευση.

Αποτελέσματα (Άλλες Παράμετροι)

13

Βάσει των χαρακτηριστικών των τριών πρωτοκόλλων και προσομοιώσεων σε OPNET.

- ▶ Ικανότητα επιλογής βέλτιστης διαδρομής:
 - ▶ Υστερεί το RIP (επιλογή βάσει αριθμού αλμάτων).
- ▶ Επεκτασιμότητα:
 - ▶ Υστερεί το RIP (μέγιστος αριθμός αλμάτων: 15).
- ▶ Χρόνος αρχικής σύγκλισης:
 - ▶ Υστερεί το OSPF (πλημμύρα). Ο χρόνος αρχικής σύγκλισης του RIP δεν απέχει πολύ.
- ▶ Πλεονάζουσα πληροφορία:
 - ▶ Το EIGRP επιβαρύνει το δίκτυο με περισσότερο overhead.
- ▶ Κατανάλωση Υπολογιστικών Πόρων (CPU, μνήμη):
 - ▶ Οι απλούστεροι αλγόριθμοι καταναλώνουν λιγότερους (RIP < OSPF < EIGRP).
 - ▶ Δεν αποτελεί πρόβλημα για καλά σχεδιασμένες τοπολογίες σύγχρονων συσκευών.
- ▶ Καθυστέρηση:
 - ▶ Υπερέχει το EIGRP.

Υπεροχή του EIGRP ως προς τις βασικότερες παραμέτρους.

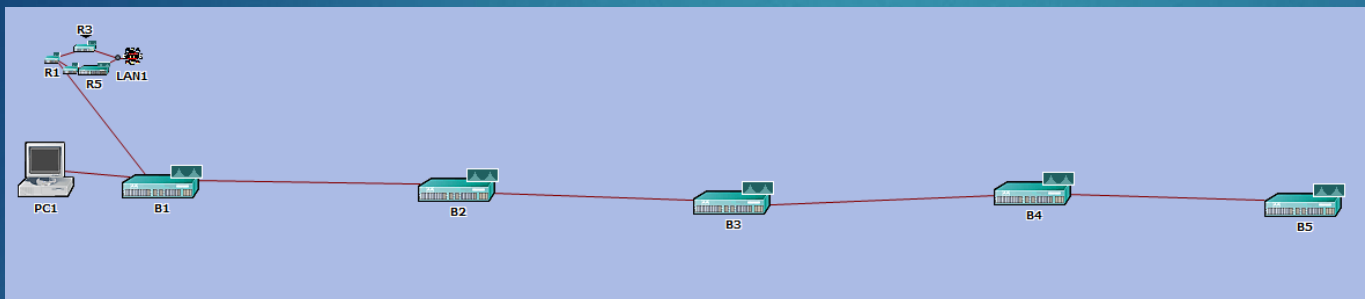
Επίδραση Αριθμού Δρομολογητών ανά OSPF area στο Χρόνο Σύγκλισης του Δικτύου

Διερεύνηση Αριθμού Δρομολογητών πλέον του οποίου ενδείκνυται το multi-area OSPF

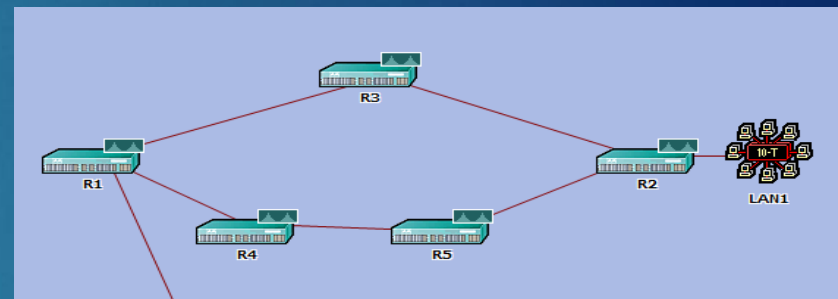
Βαθμιαία Επεκτεινόμενη Τοπολογία

15

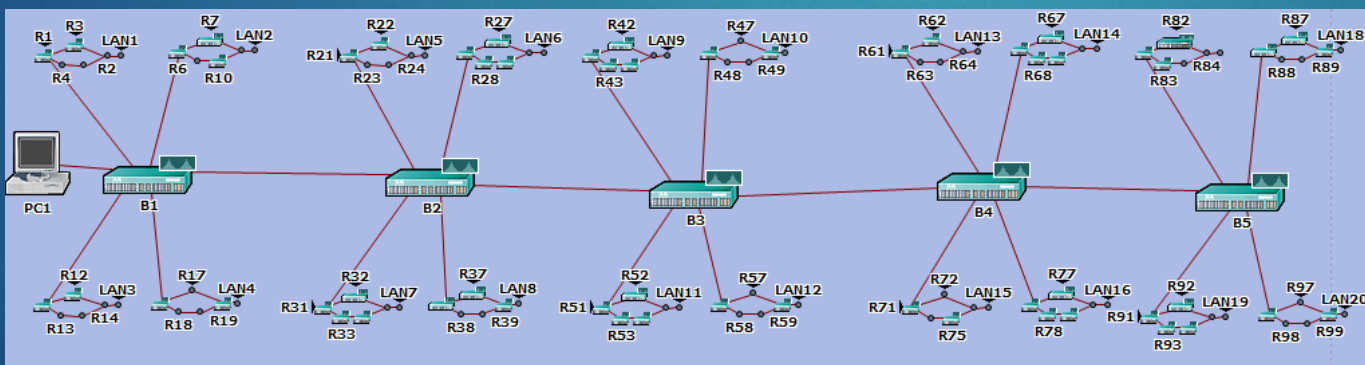
- ▶ Εκτέλεση ζευγών προσομοιώσεων για flat OSPF και multi-area OSPF (3 διαχωρισμοί).



Αρχική περίπτωση.



Βαθμιαία αύξηση ανά 5 δρομολογητές

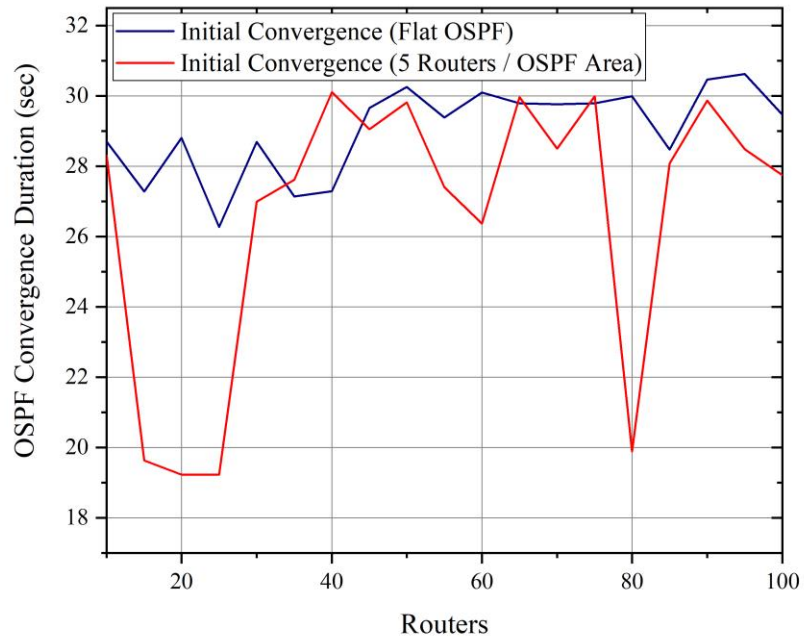


Τελευταία περίπτωση (κατόπιν όλων των επεκτάσεων).

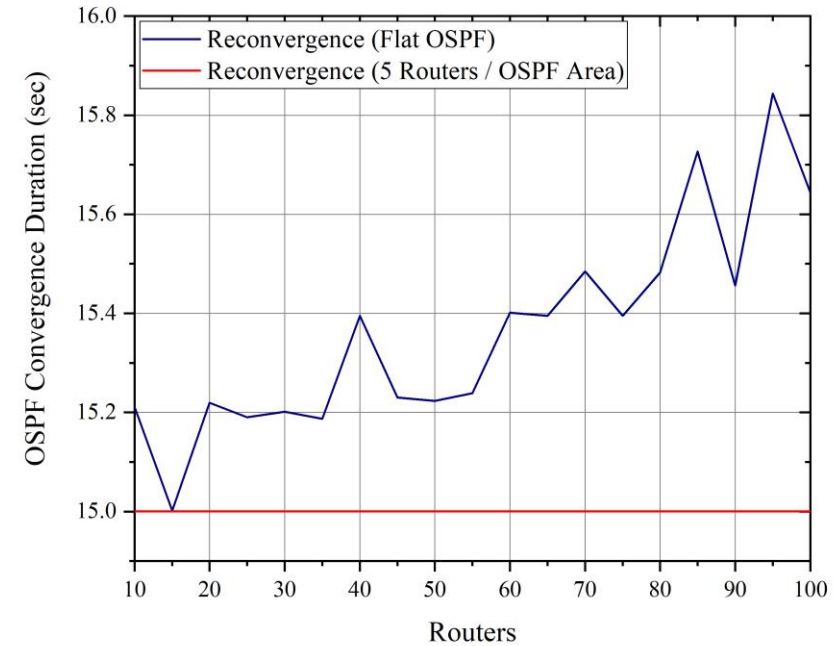
Multi-area OSPF, ομαδοποίηση ανά:

- ❖ 5 δρομολογητές (20 ζεύγη τιμών)
- ❖ 10 δρομολογητές (10 ζεύγη τιμών)
- ❖ 20 δρομολογητές (5 ζεύγη τιμών)

Αποτελέσματα (5 routers / area)

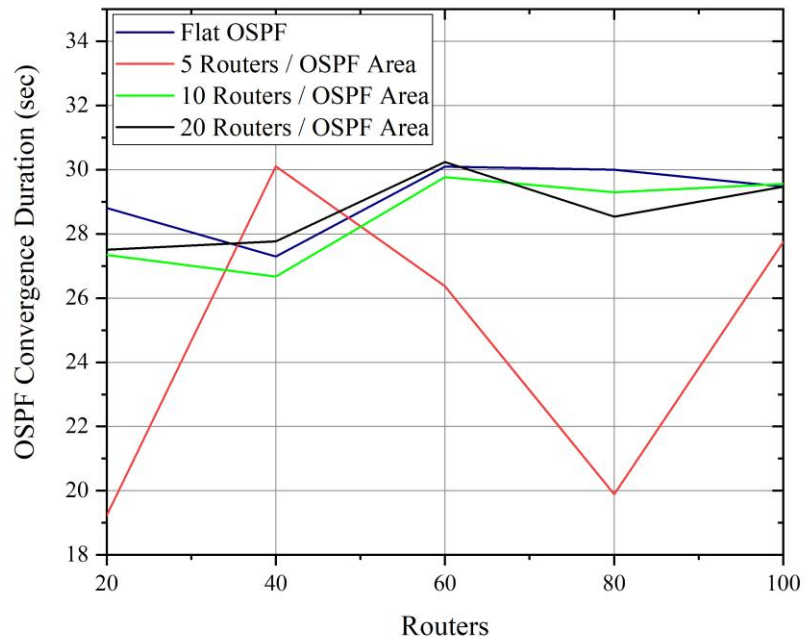


Επίδραση αριθμού δρομολογητών της τοπολογίας στο χρόνο αρχικής σύγκλισης, για flat OSPF και multi-area OSPF των 5 δρομολογητών / area.

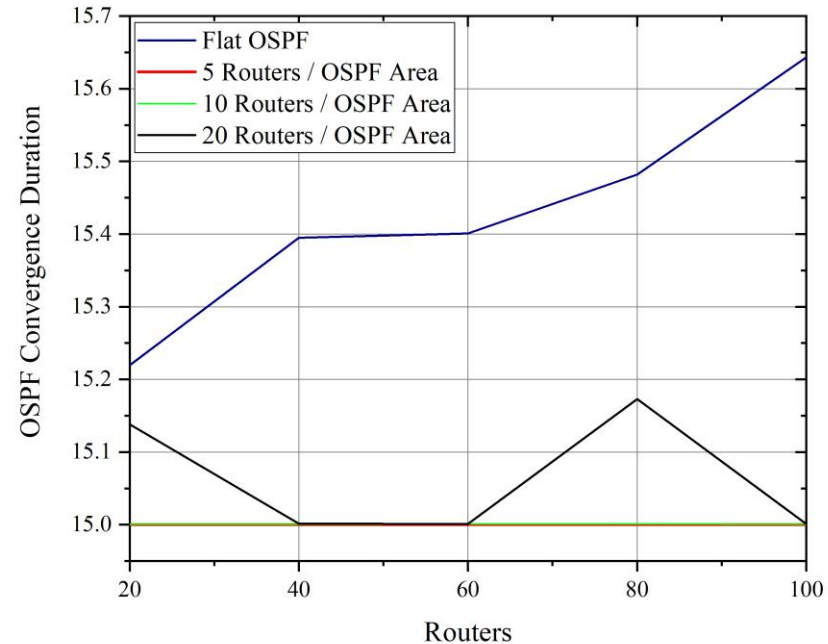


Επίδραση αριθμού δρομολογητών της τοπολογίας στο χρόνο σύγκλισης κατόπιν συμβάντος, για flat OSPF και multi-area OSPF των 5 δρομολογητών / area.

Αποτελέσματα (σύγκριση διαφορετικών διαμερίσεων)



Αντιπαραβολή χρόνων αρχικής σύγκλισης για flat OSPF και διάσπαση σε OSPF areas των 5, 10 και 20 δρομολογητών.

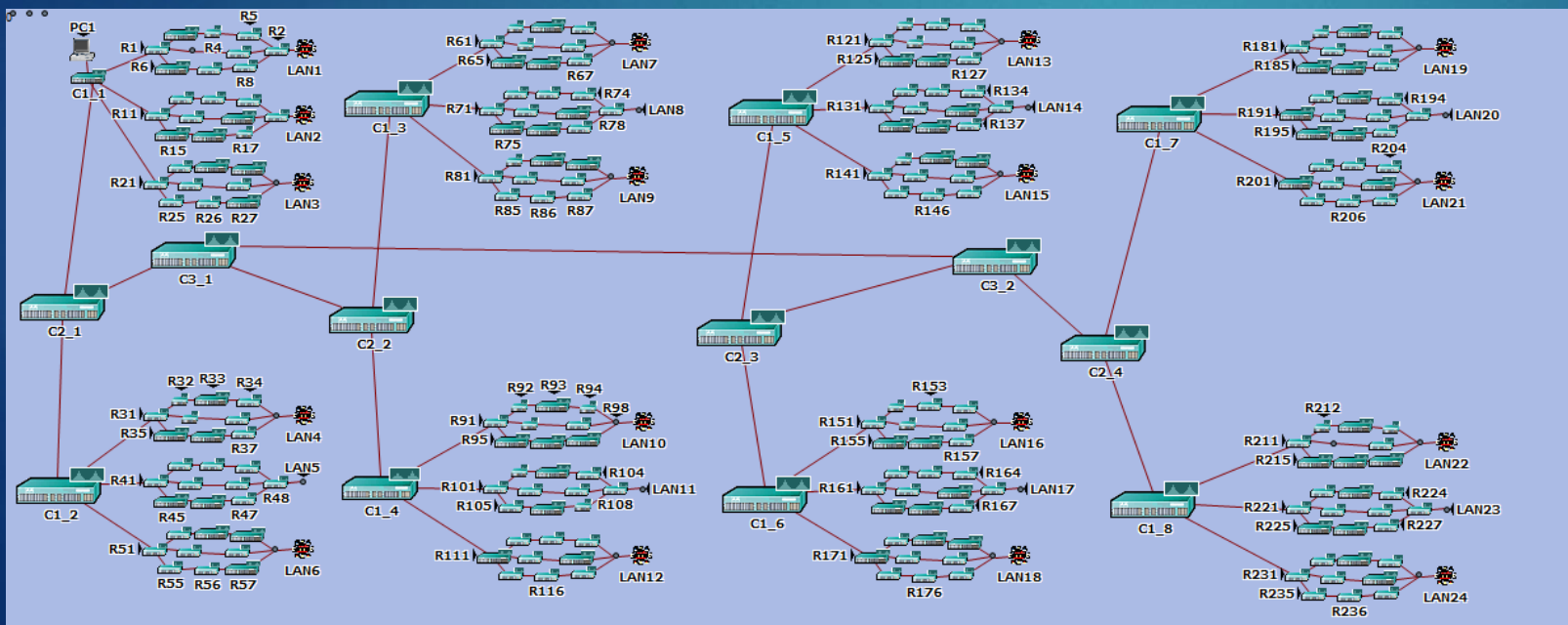


Αντιπαραβολή χρόνων σύγκλισης κατόπιν συμβάντος για flat OSPF και διάσπαση σε OSPF areas των 5, 10 και 20 δρομολογητών.

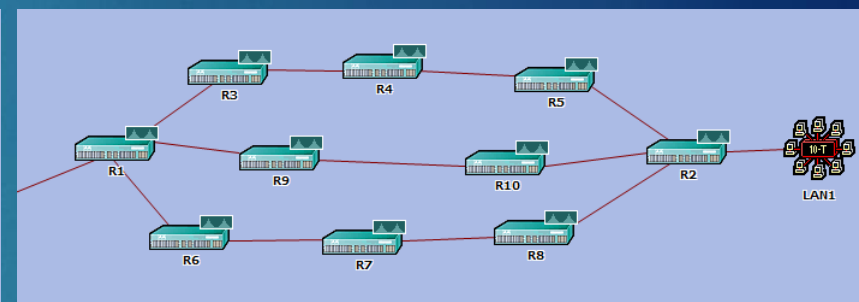
Μεγαλύτερη Τοπολογία

18

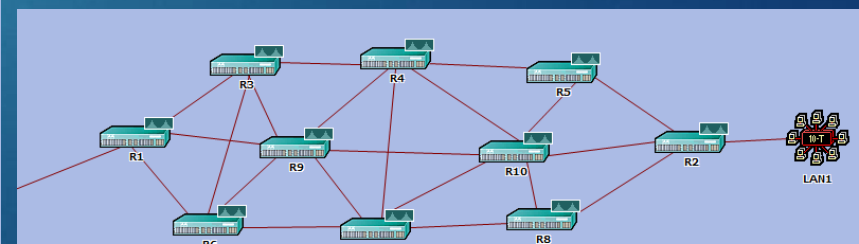
- ▶ Διερεύνηση επίδρασης αριθμού δρομολογητών στο χρόνο αρχικής σύγκλισης και σύγκλισης κατόπιν συμβάντος, προσομοιώνοντας μία μεγαλύτερη τοπολογία (254 δρομολογητές).
- ▶ Διαχωρισμός σε OSPF areas με 5 διαφορετικούς τρόπους.



Τοπολογία των 254 δρομολογητών.



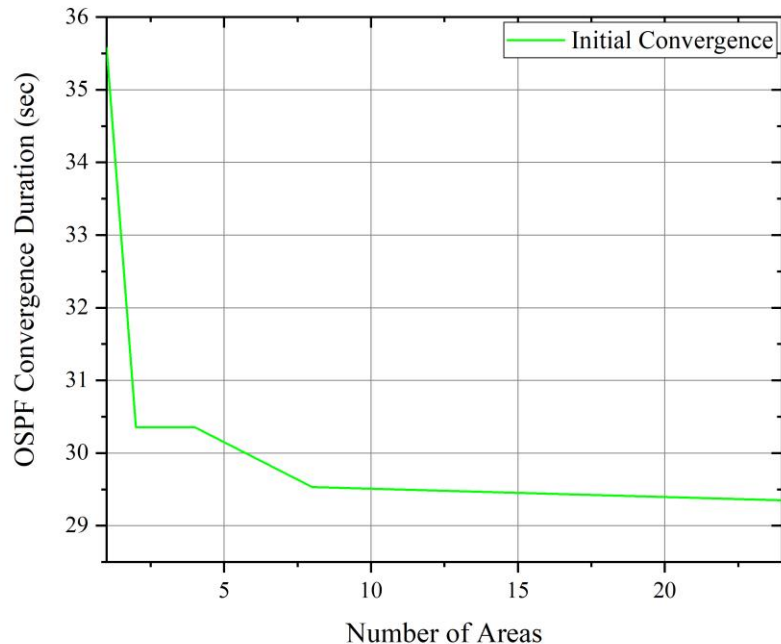
Ομάδα 10 δρομολογητών.



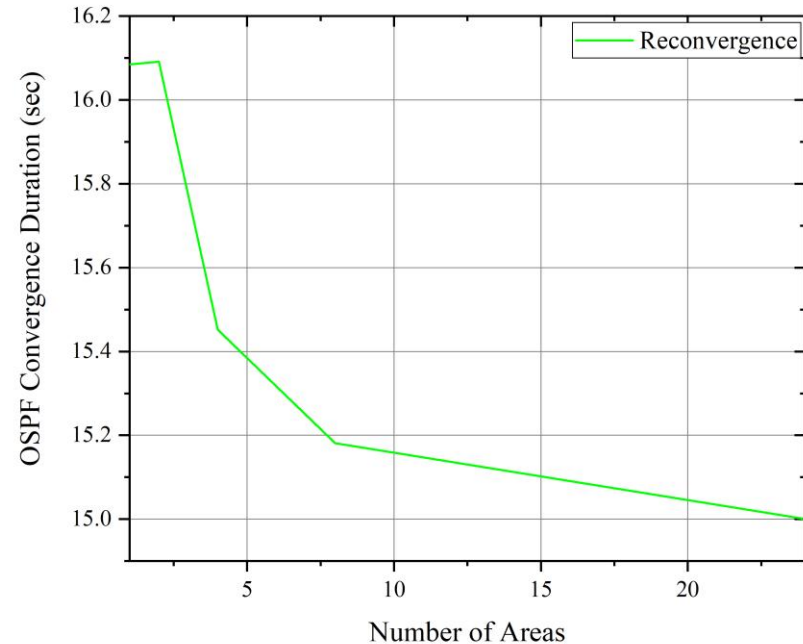
Προσθήκη ζεύξεων σε κάθε ομάδα.

Αποτελέσματα

19



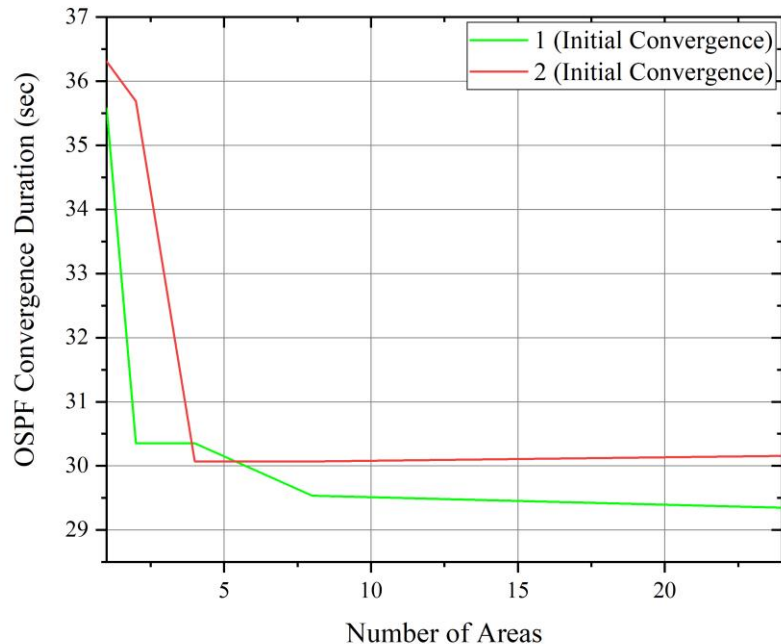
Επίδραση αριθμού OSPF areas (ή πλήθους routers / area) στο χρόνο αρχικής σύγκλισης του πρωτοκόλλου στο δίκτυο.



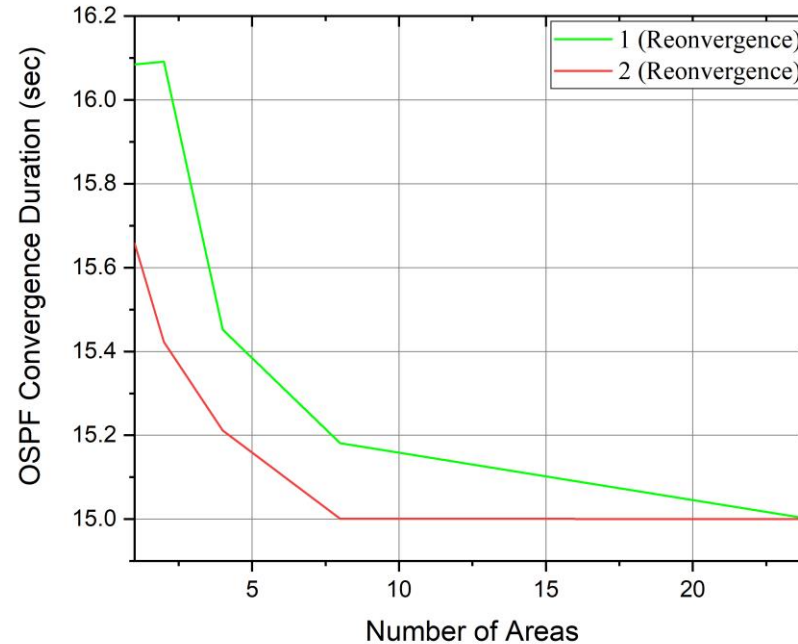
Επίδραση αριθμού OSPF areas (ή πλήθους routers / area) στο χρόνο σύγκλισης κατόπιν συμβάντος του πρωτοκόλλου στο δίκτυο.

Αποτελέσματα

(ίδια τοπολογία, περισσότερες ζεύξεις / area)



Επίδραση αριθμού OSPF areas (ή πλήθους routers / area) στο χρόνο αρχικής σύγκλισης του πρωτοκόλλου στο δίκτυο.



Επίδραση αριθμού OSPF areas (ή πλήθους routers / area) στο χρόνο σύγκλισης κατόπιν συμβάντος του πρωτοκόλλου στο δίκτυο.

Συμπεράσματα

Συμπεράσματα (1/2)

22

Χρόνος Σύγκλισης:

- ❖ Σημαντική υπεροχή του EIGRP.
- ❖ Ακολουθεί το OSPF. Αποδεκτοί χρόνοι, χρησιμοποιώντας νέες τεχνικές.
- ❖ Το RIP συγκλίνει αργά (σημαντικός λόγος σταδιακής αντικατάστασής του)

Πραγματικός Εξοπλισμός VS Προσομοίωση:

- ❖ Κοινά συμπεράσματα.
- ❖ Αρκετά αυξημένοι χρόνοι σύγκλισης στην πραγματική τοπολογία.

Χρόνος Αρχικής Σύγκλισης

- ❖ Υστερεί το OSPF (και το RIP).

Άλλες παράμετροι:

- ❖ Το EIGRP υπερέχει έναντι των άλλων δύο πρωτοκόλλων στις βασικότερες παραμέτρους (χρόνος σύγκλισης κατόπιν συμβάντος, καθυστέρηση).
- ❖ Ωστόσο, το πλέον δημοφιλές είναι το OSPF.
 - ❖ Σε αντίθεση με το EIGRP ήταν και είναι ανοιχτό.

Συμπεράσματα (2/2)

Πλήθος δρομολογητών / OSPF area:

- ❖ Τοπολογίες (ή OSPF areas) με 40 ή περισσότερους δρομολογητές επωφελούνται της εφαρμογής multi-area OSPF.
- ❖ Για 60 και πλέον δρομολογητές, η σύγκλιση εφαρμόζοντας το multi-area OSPF είναι σημαντικά ταχύτερη έναντι του flat OSPF.
- ❖ Ο αριθμός και οι θέσεις των ζεύξεων δύνανται να μεταβάλλουν το όριο στον αριθμό των δρομολογητών απ' όπου φαίνεται η υπεροχή του multi-area OSPF.

Στις δύο τοπολογίες φαίνεται να επιβεβαιώνονται οι εμπειρικοί κανόνες, σύμφωνα με τους οποίους:

- ❖ Τοπολογίες με 50 ή περισσότερους δρομολογητές επωφελούνται του multi-area OSPF.
- ❖ Τα χαρακτηριστικά της τοπολογίας (π.χ. αριθμός ζεύξεων) επιδρούν στην απόφαση χρήσης multi-area OSPF.

Ευχαριστώ για την προσοχή σας