



*ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ  
SPANNING TREE PROTOCOL  
ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ GNS3*

*ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ*

*ΤΟΥ*

*ΠΑΝΤΑΖΗ ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ (2695)*

*Επιβλέπων: Αναστάσιος Χ. Πολίτης, Καθηγητής Εφαρμογών*

**ΣΕΡΡΕΣ, ΜΑΪΟΣ 2017**

# ***ΕΙΣΑΓΩΓΗ***

## ***(Α)***

- ❖ Το πρώτο τοπικό δίκτυο τεχνολογίας Ethernet (Ethernet LAN) αναπτύχθηκε από την εταιρία Xerox PARC γύρω στο 1973-1975. Τη δεκαετία του 1980 τυποποιήθηκε από την οργάνωση IEEE με το πρότυπο 802.3 .
- ❖ Με το πέρασμα του χρόνου και την ανάπτυξη της τεχνολογίας φτάσαμε στη δημιουργία του Internet και των πρώτων προσωπικών υπολογιστών (PCs) που άρχισαν να χρησιμοποιούνται στα τοπικά δίκτυα.
- ❖ Αποτέλεσμα ήταν η υπερβολική αύξηση των χρηστών και η εμφάνιση προβλημάτων στη λειτουργία των Ethernet LAN λόγω του φόρτου κίνησης.

## ***ΕΙΣΑΓΩΓΗ (B)***

- ❖ Για την αντιμετώπιση και επίλυση των προβλημάτων που δημιουργήθηκαν, κατασκευάστηκαν δικτυακές συσκευές για τον διαχωρισμό των τοπικών δικτύων σε τμήματα. Οι πρώτες συσκευές κατασκευάστηκαν το 1980 και ονομάστηκαν γέφυρες (bridges).
- ❖ Οι γέφυρες αποτελούνταν από δύο θύρες έχοντας την ικανότητα διασύνδεσης δύο LAN μεταξύ τους. Επομένως, τα διαχωριζόμενα τμήματα ενός δίκτυο ήταν ελάχιστα, σε αντίθεση με τα πεδία σύγκρουσης (collision domain) που δημιουργόντουσαν λόγω της αυξημένης κίνησης δεδομένων και των πολλών χρηστών ενός δικτύου. Για τον λόγο αυτό, μετά από λίγα χρόνια αναπτύχθηκαν οι μεταγωγείς (switches).

# SWITCHES

- ❖ Το switch είναι μία δικτυακή συσκευή που περιέχει πολλαπλές γέφυρες ενσωματωμένες και κατασκευάστηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1980.
- ❖ Τα switches χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το επίπεδο χρησιμοποίησης σύμφωνα με το μοντέλο αναφοράς OSI:

- 1. Τα Layer 2 switches*
- 2. Τα Layer 3 switches*
- 3. Τα Multilayer switches*

# LAYER 2 SWITCHES – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ (Α)

1. Τα Layer 2 switches επικοινωνούν με τις συσκευές ενός LAN, ανταλλάσσοντας δεδομένα σε μορφή πλαισίων (Ethernet Frames) τα οποία χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:
  - a) **Broadcast Frames (πλαίσια μετάδοσης):** Τέτοιου είδους πλαίσια λαμβάνονται και αποστέλλονται από τα switches προς κάθε συσκευή στο δίκτυο. Παράγονται όταν ορισμένες υπηρεσίες του δικτύου πρέπει να κάνουν ανακοινώσεις σε άλλους κόμβους στο δίκτυο.
  - b) **Multicast Frames (πολλαπλής μετάδοσης πλαίσια):** Τέτοιου είδους πλαίσια αποστέλλονται από ένα ή περισσότερα switches προς ένα ή πολλαπλά σημεία.
  - c) **Unknown Unicast Frames (άγνωστα πλαίσια μοναδικής διανομής):** Αυτό του είδους πλαίσιο αποστέλλεται όταν η διεύθυνση προορισμού είναι άγνωστη από το switch. Σε αυτή τη περίπτωση, το switch προωθεί το πλαίσιο ακολουθώντας την ίδια διαδικασία με το broadcast frame. Το πλαίσιο αποστέλλεται σε όλες τις θύρες εκτός της θύρας που έλαβε το πλαίσιο.

## *LAYER 2 SWITCHES – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ (B)*

- 2. *Address Learning (εκμάθηση διευθύνσεων)*:** Τα switches αποθηκεύουν και διατηρούν τις φυσικές διευθύνσεις (Media Access Control Addresses) των υλικών πηγών του κάθε πλαισίου που λαμβάνονται σε μια διασύνδεση και εισάγουν τις πληροφορίες αυτές σε μια βάση δεδομένων φυσικών διευθύνσεων που λέγεται πίνακας forward/filter.
- 3. *Forward/Filter Decisions (αποφάσεις προώθηση/φιλτραρίσματος)*:** Όταν ένα πλαίσιο λαμβάνεται σε μία διασύνδεση, το switch κοιτάζει τη διεύθυνση υλικού προορισμού και έπειτα διαλέγει από το πίνακα forward/filter τη κατάλληλη διεπαφή εξόδου για να αποστείλει το πλαίσιο. Με αυτό τον τρόπο, το πλαίσιο προωθείται μόνο από τη σωστή θύρα προορισμού.
- 4. *Loop Avoidance (αποφυγή βρόχου)*:** Αν δημιουργήσουμε πολλαπλές συνδέσεις μεταξύ των switches σε ένα δίκτυο για λόγους εφεδρείας τότε υπάρχει το ενδεχόμενο να προκληθούν δικτυακοί βρόχοι. Το Spanning Tree Protocol χρησιμοποιείται για να εμποδίσει τη δημιουργία βρόχων στο δίκτυο επιτρέποντας την ύπαρξη εφεδρικών διαδρομών μεταξύ των switches.

## *LAYER 3 SWITCHES*

- ❖ Στο επίπεδο 3 του μοντέλου αναφοράς OSI λειτουργούν οι συσκευές router. Υπάρχουν όμως και Layer 3 switches που έχουν τις δυνατότητες των Layer 2 switches και επιπλέον μπορούν να εκτελέσουν λειτουργίες ενός router μεταφέροντας δεδομένα μεταξύ LANs και WANs με την ταχύτητα του καλωδίου.
- ❖ Τα επιπέδου 3 switches είναι κατασκευασμένα για τη μεταγωγή πλαισίων και πακέτων και αυτό τα κάνει να διαφέρουν από τα επιπέδου 2 switches.
- ❖ Κάποιες από τις τεχνολογίες που εφαρμόζουν τα Layer 3 switches συμπεριλαμβάνουν πρωτόκολλα δρομολόγησης πύλης δικτύου όπως το RIP (Routing Information Protocol) και το OSPF (Open Shortest Path First).
- ❖ Τα Layer 3 switches δρομολογούν δεδομένα μεταξύ διαφορετικών τμημάτων του δικτύου περιορίζοντας τον αριθμό των πρωτοκόλλων δρομολόγησης, και χρησιμοποιώντας περισσότερο την τεχνολογία των ASIC κυκλωμάτων παρά των RISC κυκλωμάτων ή το λογισμικό.

## *LAYER 3 SWITCHES - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ*

1. Μία μέθοδος δρομολόγησης είναι πως όταν λάβουν ένα πακέτο δεδομένων το αποστέλλουν προς ένα router ή route server ώστε να αποφασιστεί αν τα επόμενα πακέτα δεδομένων θα πρέπει να δρομολογηθούν ή να γίνει μεταγωγή. Αν αποφασιστεί να δρομολογηθούν τότε η μετάδοση των πακέτων γίνεται μέσω του δρομολογητή. Αν αποφασιστεί πως η μεταγωγή είναι ταχύτερη μέθοδος τότε τα πακέτα θα προωθηθούν δια μέσου του Layer 3 switch.
2. Τα Layer 3 switches έχουν δύο μεθόδους μεταγωγής δεδομένων.
  - a) Μέθοδος Packet-by-Packet Layer 3 (PPL3): τα switches ψάχνουν κάθε πακέτο για να προσδιορίσουν τη λογική διεύθυνση προορισμού επιπέδου 3 (όπως είναι η διεύθυνση IP προορισμού).
  - b) Μέθοδος δρομολόγησης πακέτων Cut-Through ή Flow Control: τα switches ελέγχουν το πρώτο πακέτο, από μια σειρά πακέτων που δέχονται, για να καθορίσουν τη λογική διεύθυνση προορισμού επιπέδου 3, και στη συνέχεια προωθούν τα υπόλοιπα πακέτα χρησιμοποιώντας τη φυσική διεύθυνση του επιπέδου 2.



## *MULTILAYER SWITCHES - MLS*

- ❖ Το MLS έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί στα υψηλότερα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI, σε αντίθεση με τα παραδοσιακά switches που λειτουργούν στο δεύτερο επίπεδο, εκτελώντας ταυτόχρονα λειτουργίες των switches και routers με γρήγορη ταχύτητα.
- ❖ Ένα άλλο όνομα για τα MLS επίσης είναι το NetFlow-Based Switching.
- ❖ Το MLS χρησιμοποιεί κυκλώματα ASIC για την εκτέλεση δρομολόγησης πακέτων σε αντίθεση με τα παραδοσιακά routers που βασίζονται σε μικροεπεξεργαστές και χρησιμοποιούν εφαρμογές που εκτελούνται σε αυτό, για να εκτελέσουν τις λειτουργίες δρομολόγησης τους.
- ❖ Το MLS εξετάζει αναλυτικότερα τις πληροφορίες που λαμβάνει ή αποστέλλει (σε πακέτα ή σε επίπεδο τομέα).

## *SPANNING TREE PROTOCOL*

- ❖ Το Spanning Tree Protocol (STP) είναι ένα πρωτόκολλο διαχείρισης σύνδεσης (802.1D), που ανήκει στο επίπεδο 2 του μοντέλου αναφοράς OSI, το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων και λειτουργεί στις συσκευές διασύνδεσης, τα switches. Βασίζεται σε αλγόριθμο, τον οποίο ανέπτυξε η Radia Perlman ενώ εργαζόταν για την εταιρία Digital Equipment Corporation (DEC) το 1990.
- ❖ Η βασική λειτουργία του πρωτοκόλλου είναι η εξασφάλιση της εξάλειψης βρόχων σε ένα τοπικό δίκτυο μεταγωγής, όταν πολλά switches συνδέονται μέσω πολλαπλών διαδρομών, με στόχο να επιτρέπει την καλύτερη διαδρομή μεταξύ δύο switches. Οι επιπλέον διαδρομές μπλοκάρονται προσωρινά και διατηρούνται ως εφεδρικές σε περίπτωση που μια ενεργή διαδρομή παύει να λειτουργεί ή αντιμετωπίζει πρόβλημα. Τότε αντικαθίσταται από κάποια εφεδρική.

## ***STP – BPDU ΜΗΝΥΜΑΤΑ (Α)***

- ❖ Τα switches επικοινωνούν μεταξύ τους με την ανταλλαγή μηνυμάτων, τα BPDUs, που περιέχουν πληροφορίες για το κάθε ένα switch που συμμετέχει στη διαδικασία του STP.
- ❖ Υπάρχουν τρεις τύποι ενός μηνύματος BPDU:
  1. *Configuration BPDU (CBPDU)*
  2. *Topology Change Notification BPDU (TCN BPDU)*
  3. *Topology Notification Acknowledgement (TCA BPDU)*

## STP – BPDU ΜΗΝΥΜΑΤΑ (B)

❖ Ένα Configuration BPDU περιέχει τα εξής στοιχεία:

- a) **Protocol Identifier** (2 bytes): Περιέχει τη τιμή 0000 για το πρότυπο IEEE 802.1d.
- b) **Version Identifier** (1 byte): Περιέχει τη τιμή 0.
- c) **Message Type** (1 byte): Περιέχει το τύπου του μηνύματος του BPDU, Configuration ή TCN BPDU.
- d) **Flags** (1 byte): Περιέχει 8 bit.
- e) **Root ID** (8 bytes): Περιέχει το μοναδικό αναγνωριστικό του switch
- f) **Root Path Cost** (4 bytes): Περιέχει τη πληροφορία του κόστους της διαδρομής από τη θύρα μετάδοσης προς το root switch.
- g) **Bridge ID ή Switch ID** (8 bytes): Περιέχει το μοναδικό αναγνωριστικό του switch που μεταδίδει το μήνυμα.
- h) **Port ID** (2 bytes): Περιέχει το αναγνωριστικό της θύρας του switch μέσω του οποίου μεταδόθηκε το μήνυμα.
- i) **Message Age** (2 bytes): Περιέχει το συνολικό χρόνο που έκανε το μήνυμα BPDU να μεταδοθεί από το root switch προς το επόμενο switch.
- j) **Maximum Age ή Max Age** (2 bytes): Περιέχει τη τιμή του χρονικού ορίου χρησιμοποιείται για να περιοριστεί το χρονικό διάστημα για το οποίο θεωρείται έγκυρο το τελευταίο μήνυμα και μετά διαγράφεται.
- k) **Hello Time** (2 bytes): Περιέχει τη χρονική στιγμή για το πόσο συχνά στέλνονται τα μηνύματα από το root switch.
- l) **Forward Delay** (2 bytes): Περιέχει το χρονικό όριο για το οποίο τα switches θα πρέπει να περιμένουν πριν μεταβούν σε μια νέα κατάσταση.

## *STP – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ (Α)*

- ❖ Το STP εκλέγει ένα Root Switch ως σημείο αναφοράς με βάση τη MAC address και το Bridge Priority. Το switch με τη μικρότερη MAC address, σε περίπτωση ισοτιμίας του Bridge Priority εκλέγεται ως Root Switch. Διαφορετικά το switch με το μικρότερο Bridge Priority εκλέγεται ως Root Switch.
- ❖ Ορίζει τις θύρες όλων των switches που έχουν ως προορισμό το Root Switch, ως Root Ports.
- ❖ Ορίζει τις θύρες των switches που καταλήγουν σε άλλα switches ή τερματικούς σταθμούς, ως Designated Ports.
- ❖ Τις θύρες των switches που δεν έχουν οριστεί ως Root ή Designated Ports, ορίζονται ως Alternative ή Non Designated Ports.

## ***STP – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ (B)***

❖ Οι θύρες των switches μεταβαίνουν σε διάφορες καταστάσεις οι οποίες είναι:

- 1. Blocking:** Δεν έχουμε προώθηση κίνησης, δέχεται μηνύματα BPDUS.
- 2. Listening:** Δεν έχουμε προώθηση κίνησης, δέχεται μηνύματα BPDUS, προορίζεται για Root ή Designated Port.
- 3. Learning:** Δεν έχουμε προώθηση κίνησης, δέχεται μηνύματα BPDUS, μπορεί να προσθέτει MAC addresses στο πίνακα του άλλων συσκευών.
- 4. Forwarding:** Η θύρα βρίσκεται σε πλήρη λειτουργικότητα.
- 5. Disabled:** Οι θύρες μεταβαίνουν σε αυτή τη κατάσταση όταν απενεργοποιούνται από τον διαχειριστή του δικτύου.

# *STP – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ (Γ)*

- ❖ Το STP αναγνωρίζει μεταβολές στη τοπολογία του δικτύου με δύο τρόπους.
  1. Όταν υπάρξει μεταβολή κατάστασης μια θύρας ενός switch σε κατάσταση forwarding ενώ είναι ταυτόχρονα και designated port.
  2. Όταν υπάρξει μεταβολή κατάστασης μιας θύρας ενός switch σε κατάσταση blocking.
  
- ❖ Η ενημέρωση των switches για τις αλλαγές γίνεται μέσω της μετάδοσης των TCN BPDUs.

# *STP – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ*

## *(Δ)*

Όταν τα switches καταλήξουν στη τελική τους διαμόρφωση, τότε το STP έχει ολοκληρώσει τη λειτουργία του και τα switches έχουν συγκλίνει στο τελικό στάδιο. Τα switches χρειάζεται να επανασυγκλίνουν όταν:

- 1. Έχουμε μετάβαση των καταστάσεων των θυρών και απαιτείται χρόνος 30-50 δευτερόλεπτα.*
- 2. Έχουμε επαναδιαμόρφωση της τοπολογίας του STP λόγω κάποια βλάβης των συνδέσεων μεταξύ των switches.*

Η δεύτερη περίπτωση επανασύγκλισης μπορεί να οφείλεται σε δύο ειδών βλάβης:

- 1. Την άμεση βλάβη (Direct Failure)*
- 2. Την έμμεση βλάβη (Indirect Failure)*



## ***RAPID SPANNING TREE PROTOCOL - RSTP***

- ❖ Το RSTP θεωρείται μια αναβάθμιση του αρχικού STP διότι μπορεί να συγκλίνει σε λιγότερο χρόνο από το STP και ορίζεται στο πρότυπο IEEE 802.1w .
- ❖ Είναι συμβατό με το STP IEEE 802.1d χωρίς τη ταχύτερη σύγκλιση.
- ❖ Λειτουργεί μόνο σε συνδέσεις point-to-point.

# RSTP – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ (A)

1. Εκλέγει το root switch χρησιμοποιώντας τους κανόνες του STP.
2. Επιλέγει το root port και τις designated ports σε κάθε switch με τους ίδιους κανόνες του STP.
3. Τοποθετεί τις θύρες των switches στις διάφορες καταστάσεις (forwarding, blocking...)
4. Προσθέτει τρία νέα είδη θυρών:
  - a) **Alternate port:** είναι μία θύρα του switch που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική της Root Port σε περίπτωση που υπάρξει κάποια βλάβη στη θύρα.
  - b) **Backup Port:** είναι η θύρα του switch η οποία παρέχει τη θέση της ως εφεδρική για την Designated Port.
  - c) **Edge Ports:** είναι οι θύρες συνδέουν μόνο μία συσκευή (PC ή Server) στην άκρη του δικτύου.

## ***RSTP – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ (B)***

Το RSTP παρέχει σαφή διαφοροποίηση μεταξύ των καταστάσεων μιας θύρας (π.χ forwarding or blocking) και το ρόλο στη λειτουργία του STP (π.χ root port, ή designated port). Με το RSTP υπάρχουν μόνο τρεις καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί μια θύρα.

- 1. Discarding:** Η θύρα δέχεται πακέτα δεδομένων, αλλά δεν τα προωθεί. Δεν μαθαίνει τις φυσικές διευθύνσεις και ακούει για τα BPDUs μηνύματα. Σε αυτή τη κατάσταση έχουν ενσωματωθεί οι τρεις καταστάσεις του STP, blocking, listening και disabled.
- 2. Learning:** Η θύρα δέχεται και μεταδίδει BPDUs μηνύματα και μαθαίνει φυσικές διευθύνσεις, αλλά δεν μπορεί να προωθήσει πακέτα δεδομένων.
- 3. Forwarding:** Η θύρα δέχεται και στέλνει πακέτα δεδομένων, δέχεται και μεταδίδει BPDUs μηνύματα, μαθαίνει φυσικές διευθύνσεις και βρίσκεται σε πλήρη λειτουργικότητα.

## ***RSTP – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ (Γ)***

- ❖ Το RSTP χειρίζεται τις μεταβολές στην τοπολογία του δικτύου πιο αποτελεσματικά σε σχέση με το STP.
- ❖ Στο RSTP, αλλαγή της τοπολογίας συμβαίνει μόνο όταν μία θύρα που δεν είναι edge port μεταβεί στη κατάσταση forward.
- ❖ Κάθε switch μπορεί να εντοπίσει αλλαγή στη τοπολογία. Να δημιουργήσει και να προωθήσει TC BPDUs μηνύματα για την ενημέρωση των γειτονικών switches ως προς τις αλλαγές και να επιτευχθεί ταχύτερη σύγκλιση.
- ❖ Όταν ένα switch λάβει ένα TC BPDU μήνυμα, διαγράφει τη μνήμη των φυσικών διευθύνσεων σε όλες τις θύρες εκτός της θύρας-παραλήπτη και αποστέλλει το δικό του TC BPDU στο root port και τις designated ports ώστε η ειδοποίηση της αλλαγής στη τοπολογία να εξαπλωθεί άμεσα στο δίκτυο χωρίς να βασιστεί στο root switch.

## ***RSTP – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ***

### ***(4)***

- ❖ Η σύγκλιση στο RSTP γίνεται αμέσως χωρίς χρονικούς περιορισμούς. Οι θύρες των switches μπορούν να μεταβαίνουν σε κατάσταση discarding χωρίς την ύπαρξη ρίσκου δημιουργίας βρόχων στο δίκτυο.
- ❖ Η μεταβολή της κατάστασης των θυρών σε κατάσταση forwarding είναι ριψοκίνδυνες διότι πρέπει να συμφωνούν με τις καταστάσεις των θυρών των γειτονικών switches.
- ❖ Το RSTP μεταβάλλει μια alternate port σε κατάσταση forwarding μόλις εντοπιστεί βλάβη σε ένα root port γιατί η μόνη αλλαγή που θα προκύψει στο δίκτυο και είναι αναγκαία, είναι διαγραφή των διευθύνσεων στο προς τα πάνω γειτονικό switch στο διάγραμμα του δέντρου.
- ❖ Για τη μεταβολή της κατάστασης όμως μιας designated port σε κατάσταση forwarding, η συμφωνία μεταξύ των ρόλων που θα έχουν οι θύρες ενός switch επιτυγχάνεται μέσω μιας ρητής “χειραψίας” μεταξύ των γειτονικών switches.

## ***ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ - VLANS***

ΟΡΙΣΜΟΣ: Ένα εικονικό τοπικό δίκτυο (Virtual Local Area Network-VLAN) είναι μια ομάδα αποτελούμενη από σταθμούς εργασίας, διακομιστές και δικτυακές συσκευές που φαίνεται να ανήκουν στο ίδιο τοπικό δίκτυο ανεξαρτήτως της γεωγραφικής τους θέσης και ορίζεται στο πρότυπο IEEE 802.1q.

- ❖ Το vlan επιτρέπει σε υπολογιστές και χρήστες να επικοινωνούν σε ένα τεχνητό περιβάλλον σαν να συνυπάρχουν σε ένα τοπικό δίκτυο και να μοιράζονται ένα ενιαίο τομέα σύγκρουσης και ένα ενιαίο τομέα μετάδοσης.
- ❖ Τα vlans εφαρμόζονται για την επέκταση ενός τοπικού δικτύου. Για την ασφάλεια τους, την εύκολη διαχείριση αφού προσαρμόζονται στις αλλαγές και στις απαιτήσεις του δικτύου γρήγορα, καθώς και στην εύκολη μετεγκατάσταση των σταθμών εργασίας και των διακομιστών.

## *PER VLAN STP - PVST*

Η έλλειψη γνώσης των vlans οδήγησε στην ανάπτυξη ενός άλλου συνόλου κατοχυρωμένων βελτιώσεων, από τον οργανισμό IEEE και την εταιρία CISCO, για την λειτουργία των vlans στο STP, όπως το PVST και το PVST+ .

- ❖ Το PVST επιτρέπει στο δίκτυο την ύπαρξη και εκτέλεση διαφορετικών περιπτώσεων του STP.
- ❖ Το PVST είναι μια ανεπτυγμένη λύση της εταιρίας CISCO για τα προβλήματα κλιμάκωσης και σταθερότητας που σχετίζονται με το STP σε μεγάλης κλίμακας δίκτυα που εκτείνονται στη τοπολογία μορφής δέντρου.
- ❖ Ξεχωριστές περιπτώσεις του PVST σε κάθε vlan, μειώνουν το χρόνο σύγκλισης για τον υπολογισμό εκ νέου του STP και αυξάνουν την αξιοπιστία του δικτύου. Ωστόσο, δημιουργεί μειονεκτήματα στη τοπολογία του STP αφού χρησιμοποιεί περισσότερη επεξεργαστική ισχύ και καταναλώνει περισσότερο εύρος ζώνης για να μπορεί να υποστηρίξει τη διατήρηση της τοπολογίας του STP και τα μηνύματα BPDUs για κάθε vlan.

## *PVST+*

- ❖ Το PVST+ είναι συμβατό και λειτουργικό με τα switches του τύπου Mono Spanning Tree (MST) και τα PVST switches. Επίσης υποστηρίζει τρεις ομάδες του STP που είναι λειτουργικές σε ένα κοινό δίκτυο. Switches που υποστηρίζουν το PVST, PVST+ και το CST/MST πάνω στο πρότυπο IEEE 802.1Q μπορούν να επικοινωνούν και να δουλεύουν άρτια.
- ❖ Είναι τύπου λειτουργίας plug-and-play.
- ❖ Παρέχει αποτελεσματική εκλογή του root switch. Η επιλογή του αποδοτικότερου root switch επιτρέπει ταχύτερη σύγκλιση και βέλτιστη διαδρομή προορισμού.
- ❖ Για την λειτουργία του PVST+ , υπάρχει ένα πεδίο στα μηνύματα BPDUs που δέχεται το εκτεταμένο ID συστήματος (Extended System ID) ώστε το PVST+ να μπορεί να έχει ένα διαμορφωμένο root switch για κάθε περίπτωση του STP.
- ❖ Το PVST+ λειτουργεί ως μεταφραστής μεταξύ των STP switches και των PVST switches. Το PVST+ μπορεί να επικοινωνήσει απευθείας με το με PVST μέσω των ISL καναλιών.



## ***MULTIPLE SPANNING TREE PROTOCOL - MSTP***

- ❖ Το Multiple Spanning Tree Protocol (MSTP) θεωρείται ως εξέλιξη του STP και του RSTP. Αρχικά τυποποιήθηκε ως πρότυπο IEEE 802.1s και αργότερα ενσωματώθηκε στο πρότυπο 802.1Q – 2005.
- ❖ Το MSTP αναπτύχθηκε για την επίλυση προβλημάτων που υπήρχαν σχετικά με την έλλειψη γνώσεων των vlans γύρω από STP και τις ανεπάρκειες του PVST.

# *MSTP – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ*

## *(A)*

Για να μπορέσουν τα δίκτυα μεταγωγής επιπέδου 2 να υποστηρίξουν ένα εύρος ποικιλόμορφων vlans :

- ❖ Το MSTP εισάγει την έννοια των περιοχών MST.
- ❖ Το MST ορίζει ένα Internal Spanning Tree (IST), μία περίπτωση του RSTP που εκτείνεται σε όλα τα switches στη συγκεκριμένη περιοχή. Αντιπροσωπεύει ολόκληρη τη MST περιοχή ως ένα μοναδικό εικονικό switch που παίρνει μέρος στο STP.
- ❖ Για τα περισσότερα συστήματα της εταιρίας Cisco, μία περιοχή μπορεί να περιέχει το μέγιστο 16 MSTIs (0-15). Εξ' ορισμού, όλα τα VLANs ανήκουν στη περίπτωση 0.
- ❖ Τα όρια των περιοχών του MST καθορίζονται από τις θύρες ορίων (Boundary Ports) που συνδέουν τις περιοχές μεταξύ τους.

## ***MSTP – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ (B)***

- ❖ Τα μηνύματα BPDUs των MST περιπτώσεων δεν προωθούνται από τις θύρες ορίων, αλλά μόνο τα CST BPDUs μηνύματα.
- ❖ Το MST είναι συμβατό με όλες τις εφαρμογές του STP. Αν μία MST περιοχή δεν είναι κατανοητή από switches που δεν υποστηρίζουν το MSTP, τότε αντιμετωπίζεται ολόκληρη η περιοχή ως μεμονωμένο STP switch ή ως RSTP switch.

## **ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ**

**Προσομοίωση 1:** Αποτελείται από δύο EtherSwitches τύπου c3725, συνδεδεμένα μεταξύ τους, σε σειρά, με δύο καλώδια.

**Προσομοίωση 2:** Αποτελείται από τρία EtherSwitches τύπου c3725, συνδεδεμένα μεταξύ τους, σε σχήμα τριγώνου, με τρία καλώδια.

**Προσομοίωση 3:** Αποτελείται από τέσσερα EtherSwitches τύπου c3725, συνδεδεμένα μεταξύ τους με τέσσερα καλώδια, σε σχήμα τετραγώνου.

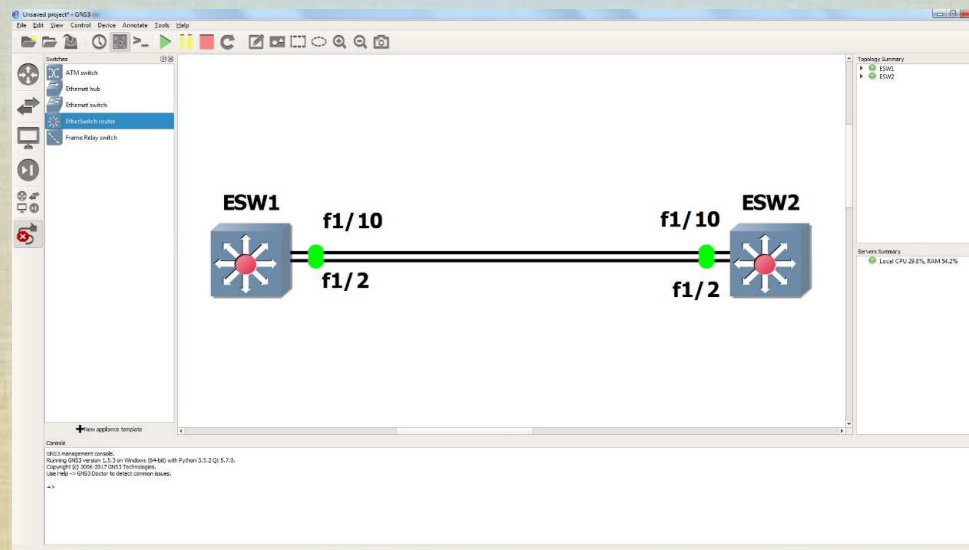
**Προσομοίωση 4:** Αποτελείται από τρία EtherSwitches τύπου c3725, συνδεδεμένα μεταξύ τους, σε τριγωνικό σχήμα, με τρία καλώδια.

**Προσομοίωση 5:** Αποτελείται από δύο EtherSwitches τύπου c3725, συνδεδεμένα μεταξύ τους, σε σειρά, με ένα καλώδιο.

# ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 1 (A)

**Στόχος προσομοίωσης:** Τρόπος εμφάνισης των βασικών χαρακτηριστικών των switches του STP.

## ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ 1



# ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 1

## (B)

Χρησιμοποίηση της εντολής `<show spanning-tree brief>` στα switches ESW1 και ESW2.

```
ESW1#show spanning-tree brief

VLAN1
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32768
            Address    c201.0d94.0000
            This bridge is the root
            Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32768
            Address    c201.0d94.0000
            Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
            Aging Time 300

Interface
Name          Port ID Prio Cost  Sts Cost  Bridge ID          Port ID
-----
FastEthernet1/2  128.43  128   19 FWD   0 32768 c201.0d94.0000 128.43
FastEthernet1/10 128.51  128   19 FWD   0 32768 c201.0d94.0000 128.51

ESW1#
```

```
ESW2#show spanning-tree brief

VLAN1
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32768
            Address    c201.0d94.0000
            Cost        19
            Port        43 (FastEthernet1/2)
            Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32768
            Address    c202.1450.0000
            Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
            Aging Time 300

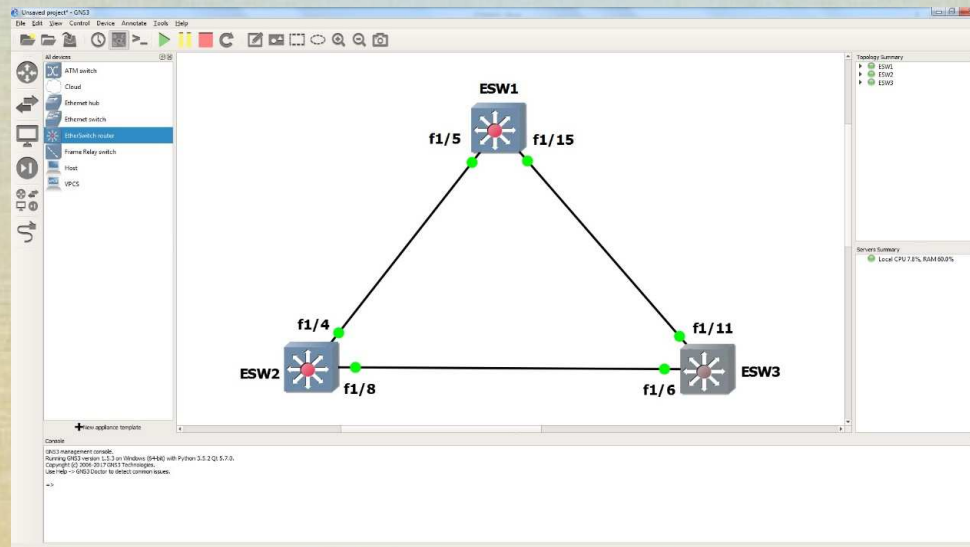
Interface
Name          Port ID Prio Cost  Sts Cost  Bridge ID          Port ID
-----
FastEthernet1/2  128.43  128   19 FWD   0 32768 c201.0d94.0000 128.43
FastEthernet1/10 128.51  128   19 BLK   0 32768 c201.0d94.0000 128.51

ESW2#
```

# ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 2 (A)

**Στόχος προσομοίωσης:** Τρόπος αλλαγής τιμών προτεραιότητας σε κάθε switch, και την επιρροή της εκλογής του root switch.

## ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ 2



## ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 2 (B)

Χρησιμοποίηση της εντολής `<show spanning-tree brief>` στα switches ESW1, ESW2 και ESW3.

```
ESW1#show spanning-tree brief
```

```
VLAN1
```

```
Spanning tree enabled protocol ieee
```

```
Root ID    Priority    32768  
Address    c203.1144.0000  
This bridge is the root  
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID  Priority    32768  
Address    c203.1144.0000  
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec  
Aging Time 300
```

| Interface<br>Name | Designated |      |      |     |      |                      |         |
|-------------------|------------|------|------|-----|------|----------------------|---------|
|                   | Port ID    | Prio | Cost | Sts | Cost | Bridge ID            | Port ID |
| FastEthernet1/5   | 128.46     | 128  | 19   | FWD | 0    | 32768 c203.1144.0000 | 128.46  |
| FastEthernet1/15  | 128.56     | 128  | 19   | FWD | 0    | 32768 c203.1144.0000 | 128.56  |

```
ESW1#
```

```
ESW2#show spanning-tree brief
```

```
VLAN1
```

```
Spanning tree enabled protocol ieee
```

```
Root ID    Priority    32768  
Address    c203.1144.0000  
Cost       19  
Port       45 (FastEthernet1/4)  
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID  Priority    32768  
Address    c204.11fc.0000  
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec  
Aging Time 300
```

| Interface<br>Name | Designated |      |      |     |      |                      |         |
|-------------------|------------|------|------|-----|------|----------------------|---------|
|                   | Port ID    | Prio | Cost | Sts | Cost | Bridge ID            | Port ID |
| FastEthernet1/4   | 128.45     | 128  | 19   | FWD | 0    | 32768 c203.1144.0000 | 128.46  |
| FastEthernet1/8   | 128.49     | 128  | 19   | FWD | 19   | 32768 c204.11fc.0000 | 128.49  |

```
ESW2#
```

```
ESW3#show spanning-tree brief
```

```
VLAN1
```

```
Spanning tree enabled protocol ieee
```

```
Root ID    Priority    32768  
Address    c203.1144.0000  
Cost       19  
Port       52 (FastEthernet1/11)  
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID  Priority    32768  
Address    c205.0c10.0000  
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec  
Aging Time 300
```

| Interface<br>Name | Designated |      |      |     |      |                      |         |
|-------------------|------------|------|------|-----|------|----------------------|---------|
|                   | Port ID    | Prio | Cost | Sts | Cost | Bridge ID            | Port ID |
| FastEthernet1/6   | 128.47     | 128  | 19   | BLK | 19   | 32768 c204.11fc.0000 | 128.49  |
| FastEthernet1/11  | 128.52     | 128  | 19   | FWD | 0    | 32768 c203.1144.0000 | 128.56  |

```
ESW3#
```



## ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 2 (Γ)

Εισαγωγή σε κατάσταση διαμόρφωσης του ESW3 και αλλαγή της τιμής προτεραιότητας με τις αντίστοιχες εντολές *<config terminal>* και *<spanning-tree vlan 1 priority 10000>*.

```
ESW3#config terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
```

```
ESW3(config)#spanning-tree vlan 1 priority ?
<0-65535> bridge priority

ESW3(config)#spanning-tree vlan 1 priority 10000
ESW3(config)#exit
ESW3#
*Mar  1 01:20:13.371: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
ESW3#
```

# ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 2

## (Δ)

Εμφάνιση νέων στοιχείων του ESW3 μετά την αλλαγή και του ESW2.

```
ESW3#show spanning-tree brief
```

```
VLAN1
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID    Priority    10000
Address    c205.0c10.0000
This bridge is the root
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID  Priority    10000
Address    c205.0c10.0000
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 300
```

| Interface Name   | Port ID | Prio | Cost | Sts | Designated Cost | Designated Bridge ID | Port ID |
|------------------|---------|------|------|-----|-----------------|----------------------|---------|
| FastEthernet1/6  | 128.47  | 128  | 19   | FWD | 0 10000         | c205.0c10.0000       | 128.47  |
| FastEthernet1/11 | 128.52  | 128  | 19   | FWD | 0 10000         | c205.0c10.0000       | 128.52  |

```
ESW3#
```

```
ESW2#show spanning-tree brief
```

```
VLAN1
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID    Priority    10000
Address    c205.0c10.0000
Cost       19
Port       49 (FastEthernet1/8)
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID  Priority    32768
Address    c204.11fc.0000
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 300
```

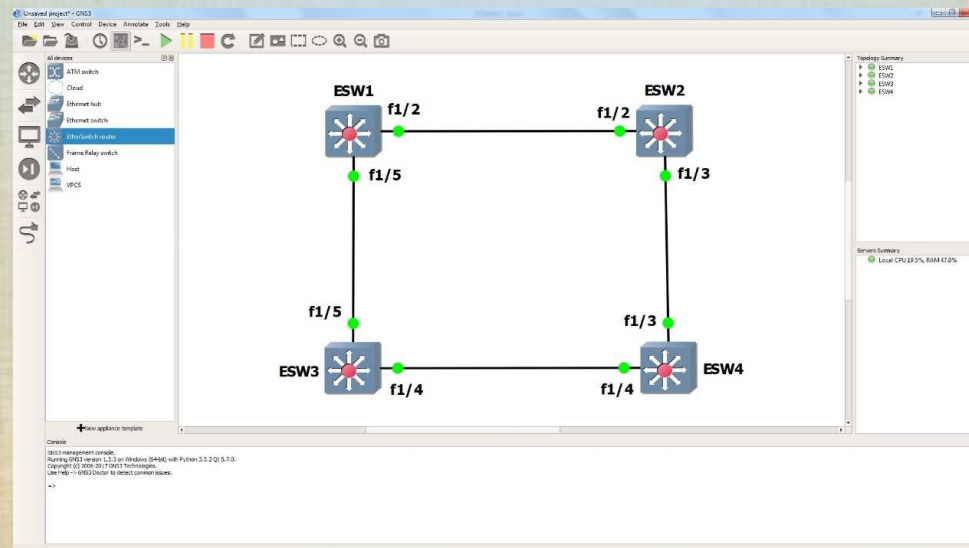
| Interface Name  | Port ID | Prio | Cost | Sts | Designated Cost | Designated Bridge ID | Port ID |
|-----------------|---------|------|------|-----|-----------------|----------------------|---------|
| FastEthernet1/4 | 128.45  | 128  | 19   | BLK | 19 32768        | c203.1144.0000       | 128.46  |
| FastEthernet1/8 | 128.49  | 128  | 19   | FWD | 0 10000         | c205.0c10.0000       | 128.47  |

```
ESW2#
```

# ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 3 (A)

**Στόχος προσομοίωσης:** Τρόπος καθορισμού της επιλογής ρόλων των θυρών στα switches και εμφάνιση τους.

## ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ 3



# ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 3

## (B)

Εμφάνιση πληροφοριών των θυρών των switches ESW1, ESW2, ESW3 και ESW4 με τη χρήση της εντολής `<show spanning-tree>`.

```
ESW1#show spanning-tree
```

```
VLAN1 is executing the ieee compatible Spanning Tree protocol
Bridge Identifier has priority 32768, address c201.04e0.0000
Configured hello time 2, max age 20, forward delay 15
We are the root of the spanning tree
Topology change flag not set, detected flag not set
Number of topology changes 1 last change occurred 00:01:56 ago
from FastEthernet1/2
Times: hold 1, topology change 35, notification 2
hello 2, max age 20, forward delay 15
Timers: hello 0, topology change 0, notification 0, aging 300
```

```
Port 43 (FastEthernet1/2) of VLAN1 is forwarding
Port path cost 19, Port priority 128, Port Identifier 128.43.
Designated root has priority 32768, address c201.04e0.0000
Designated bridge has priority 32768, address c201.04e0.0000
Designated port id is 128.43, designated path cost 0
Timers: message age 0, forward delay 0, hold 0
Number of transitions to forwarding state: 1
BPDU: sent 73, received 1
```

```
Port 46 (FastEthernet1/5) of VLAN1 is forwarding
Port path cost 19, Port priority 128, Port Identifier 128.46.
Designated root has priority 32768, address c201.04e0.0000
Designated bridge has priority 32768, address c201.04e0.0000
Designated port id is 128.46, designated path cost 0
Timers: message age 0, forward delay 0, hold 0
Number of transitions to forwarding state: 1
BPDU: sent 73, received 1
```

```
ESW2#show spanning-tree
```

```
VLAN1 is executing the ieee compatible Spanning Tree protocol
Bridge Identifier has priority 32768, address c202.0a14.0000
Configured hello time 2, max age 20, forward delay 15
Current root has priority 32768, address c201.04e0.0000
Root port is 43 (FastEthernet1/2), cost of root path is 19
Topology change flag not set, detected flag not set
Number of topology changes 1 last change occurred 00:02:07 ago
from FastEthernet1/2
Times: hold 1, topology change 35, notification 2
hello 2, max age 20, forward delay 15
Timers: hello 0, topology change 0, notification 0, aging 300
```

```
Port 43 (FastEthernet1/2) of VLAN1 is forwarding
Port path cost 19, Port priority 128, Port Identifier 128.43.
Designated root has priority 32768, address c201.04e0.0000
Designated bridge has priority 32768, address c201.04e0.0000
Designated port id is 128.43, designated path cost 0
Timers: message age 2, forward delay 0, hold 0
Number of transitions to forwarding state: 1
BPDU: sent 1, received 79
```

```
Port 44 (FastEthernet1/3) of VLAN1 is forwarding
Port path cost 19, Port priority 128, Port Identifier 128.44.
Designated root has priority 32768, address c201.04e0.0000
Designated bridge has priority 32768, address c202.0a14.0000
Designated port id is 128.44, designated path cost 19
Timers: message age 0, forward delay 0, hold 0
Number of transitions to forwarding state: 1
BPDU: sent 80, received 0
```

```
ESW3#show spanning-tree
```

```
VLAN1 is executing the ieee compatible Spanning Tree protocol
Bridge Identifier has priority 32768, address c203.1540.0000
Configured hello time 2, max age 20, forward delay 15
Current root has priority 32768, address c201.04e0.0000
Root port is 46 (FastEthernet1/5), cost of root path is 19
Topology change flag not set, detected flag not set
Number of topology changes 1 last change occurred 00:02:16 ago
from FastEthernet1/4
Times: hold 1, topology change 35, notification 2
hello 2, max age 20, forward delay 15
Timers: hello 0, topology change 0, notification 0, aging 300
```

```
Port 45 (FastEthernet1/4) of VLAN1 is forwarding
Port path cost 19, Port priority 128, Port Identifier 128.45.
Designated root has priority 32768, address c201.04e0.0000
Designated bridge has priority 32768, address c203.1540.0000
Designated port id is 128.45, designated path cost 19
Timers: message age 0, forward delay 0, hold 0
Number of transitions to forwarding state: 1
BPDU: sent 85, received 1
```

```
Port 46 (FastEthernet1/5) of VLAN1 is forwarding
Port path cost 19, Port priority 128, Port Identifier 128.46.
Designated root has priority 32768, address c201.04e0.0000
Designated bridge has priority 32768, address c201.04e0.0000
Designated port id is 128.46, designated path cost 0
Timers: message age 1, forward delay 0, hold 0
Number of transitions to forwarding state: 1
BPDU: sent 1, received 85
```

```
ESW4#show spanning-tree
```

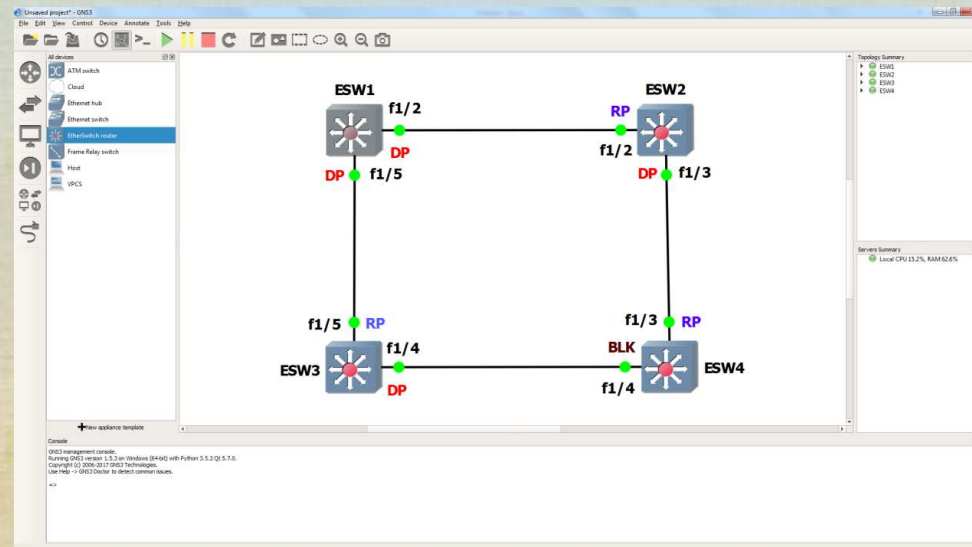
```
VLAN1 is executing the ieee compatible Spanning Tree protocol
Bridge Identifier has priority 32768, address c204.0c74.0000
Configured hello time 2, max age 20, forward delay 15
Current root has priority 32768, address c201.04e0.0000
Root port is 44 (FastEthernet1/3), cost of root path is 38
Topology change flag not set, detected flag not set
Number of topology changes 0 last change occurred 00:02:55 ago
Times: hold 1, topology change 35, notification 2
hello 2, max age 20, forward delay 15
Timers: hello 0, topology change 0, notification 0, aging 300
```

```
Port 44 (FastEthernet1/3) of VLAN1 is forwarding
Port path cost 19, Port priority 128, Port Identifier 128.44.
Designated root has priority 32768, address c201.04e0.0000
Designated bridge has priority 32768, address c202.0a14.0000
Designated port id is 128.44, designated path cost 19
Timers: message age 3, forward delay 0, hold 0
Number of transitions to forwarding state: 1
BPDU: sent 0, received 88
```

```
Port 45 (FastEthernet1/4) of VLAN1 is blocking
Port path cost 19, Port priority 128, Port Identifier 128.45.
Designated root has priority 32768, address c201.04e0.0000
Designated bridge has priority 32768, address c203.1540.0000
Designated port id is 128.45, designated path cost 19
Timers: message age 2, forward delay 0, hold 0
Number of transitions to forwarding state: 0
BPDU: sent 1, received 90
```

# ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 3 (Γ)

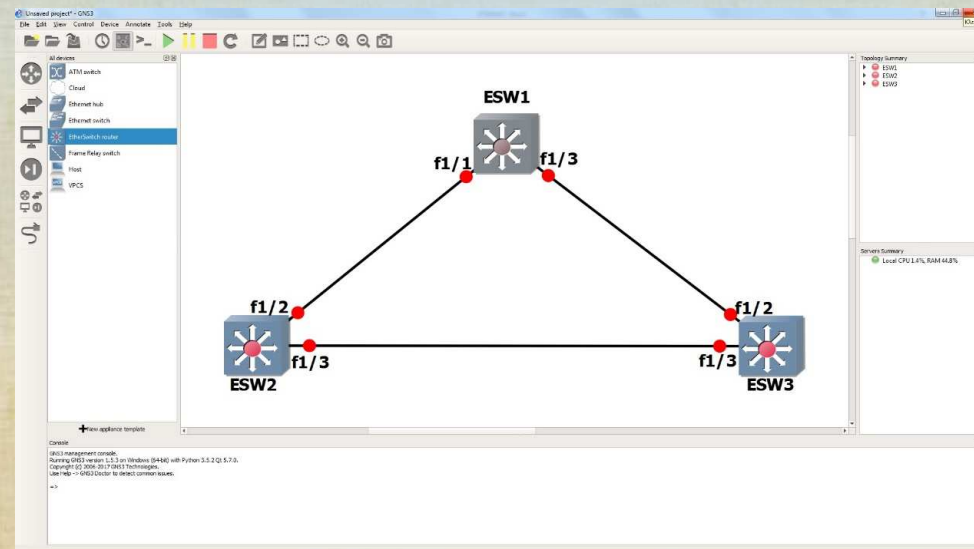
## ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ 3 – ΡΟΛΟΙ ΘΥΡΩΝ



# ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 4 (A)

**Στόχος προσομοίωσης:** Εμφάνιση μεταβολών καταστάσεων θυρών ενός switch, όταν ενεργοποιείται για πρώτη φορά το switch και οι διεπαφές του. Εμφάνιση χρόνου μεταβολών και επιρροή του STP από τις μεταβολές.

## ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ 4



## ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 4 (B)

Εκτέλεση εντολής `<show spanning-tree brief>` στο ESW3.

```
ESW3#show spanning-tree brief

VLAN1
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID    Priority    32768
           Address    c201.0d98.0000
           Cost        19
           Port        43 (FastEthernet1/2)
           Hello Time  2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID  Priority    32768
           Address    c203.0c88.0000
           Hello Time  2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
           Aging Time 300

Interface
Name       Port ID Prio Cost  Sts Cost  Bridge ID      Port ID
-----
FastEthernet1/2  128.43  128   19 FWD   0  32768 c201.0d98.0000  128.44
FastEthernet1/3  128.44  128   19 BLK   19 32768 c202.1424.0000  128.44
```

Εκτέλεση εντολής `<debug spanning-tree events>` στο ESW3.

```
ESW3#debug spanning-tree events
Spanning Tree event debugging is on
ESW3#
```

Εκτέλεση εντολής `<config terminal>` και μετάβαση σε κατάσταση διαμόρφωσης επαφής f1/2

```
ESW3#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
ESW3(config)#interface f1/2
ESW3(config-if)#
```

## ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 4 (Γ)

Απενεργοποίηση της διεπαφής f1/2  
με την εντολή *<shutdown>* και μεταβολή  
καταστάσεων της διεπαφής f1/3 του ESW3.

```
ESW3(config-if)#shutdown
ESW3(config-if)#
*Mar 1 00:14:27.263: STP: VLAN1 Fa1/2 -> blocking
*Mar 1 00:14:27.263: STP: VLAN1 new root port Fa1/3, cost 38
*Mar 1 00:14:27.267: STP: VLAN1 Fa1/3 -> listening
ESW3(config-if)#
*Mar 1 00:14:29.251: %LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet1/2, changed state to administratively down
ESW3(config-if)#
*Mar 1 00:14:29.251: STP: VLAN1 sent Topology Change Notice on Fa1/3
ESW3(config-if)#
*Mar 1 00:14:30.251: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet1/2, changed state to down
ESW3(config-if)#
*Mar 1 00:14:42.279: STP: VLAN1 Fa1/3 -> learning
ESW3(config-if)#
*Mar 1 00:14:57.299: STP: VLAN1 Fa1/3 -> forwarding
ESW3(config-if)#
```

Παράλληλη ενημέρωση αλλαγών στο ESW1 και ESW2

```
ESW1#
*Mar 1 00:13:09.271: STP: VLAN1 Topology Change rcvd on Fa1/1
ESW1#
```

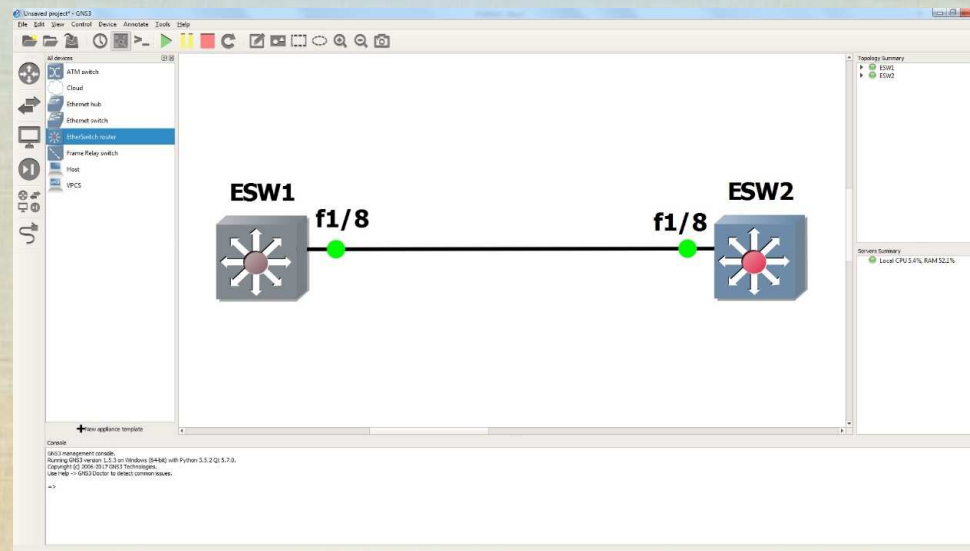
```
ESW2#
*Mar 1 00:10:29.175: STP: VLAN1 Topology Change rcvd on Fa1/3
*Mar 1 00:10:29.179: STP: VLAN1 sent Topology Change Notice on Fa1/2
ESW2#
```



# ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 5 (A)

**Στόχος προσομοίωσης:** Εμφάνιση περιεχομένου μηνυμάτων BPDU και τρόπος αποστολής μεταξύ των switches μέσω του GNS3 και του Wireshark.

## ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ 5



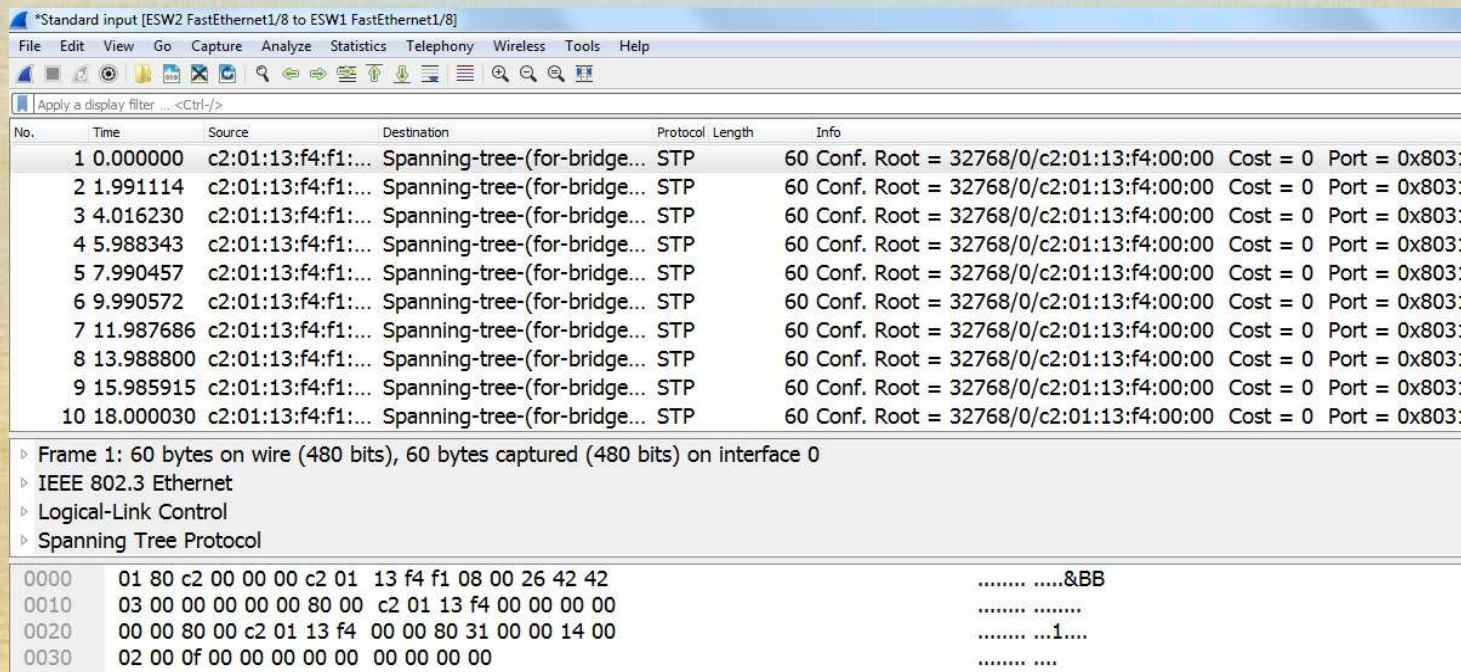
## ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 5 (B)

Εμφάνιση μεταδιδόμενων μηνυμάτων BPDU από το ESW1 προς το ESW2 στο GNS3 με χρήση της εντολής *<debug spanning-tree bpdu>*.

```
ESW2#debug spanning-tree bpdu
Spanning Tree BPDU debugging is on
ESW2#
*Mar 1 00:02:17.383: STP: VLAN1: config protocol = ieee, packet from FastEthernet1/8 , linktype IEEE_SPANNING , enctype 2, encsize 17
*Mar 1 00:02:17.383: STP: enc 01 80 C2 00 00 00 C2 01 13 F4 F1 08 00 26 42 42 03
*Mar 1 00:02:17.391: STP: Data 00000000008000C20113F40000000000008000C20113F4000080310000140002000F00
*Mar 1 00:02:17.403: STP: VLAN1 Fa1/8:0000 00 00 00 8000C20113F40000 00000000 8000C20113F40000 8031 0000 1400 0200 0F00
ESW2#debug spanning-tree bpdu
*Mar 1 00:02:21.247: STP: VLAN1: config protocol = ieee, packet from FastEthernet1/8 , linktype IEEE_SPANNING , enctype 2, encsize 17
*Mar 1 00:02:21.247: STP: enc 01 80 C2 00 00 00 C2 01 13 F4 F1 08 00 26 42 42 03
*Mar 1 00:02:21.255: STP: Data 00000000008000C20113F40000000000008000C20113F4000080310000140002000F00
*Mar 1 00:02:21.267: STP: VLAN1 Fa1/8:0000 00 00 00 8000C20113F40000 00000000 8000C20113F40000 8031 0000 1400 0200 0F00
ESW2#undebug spanning-tree bpdu
*Mar 1 00:02:25.203: STP: VLAN1: config protocol = ieee, packet from FastEthernet1/8 , linktype IEEE_SPANNING , enctype 2, encsize 17
*Mar 1 00:02:25.203: STP: enc 01 80 C2 00 00 00 C2 01 13 F4 F1 08 00 26 42 42 03
*Mar 1 00:02:25.211: STP: Data 00000000008000C20113F40000000000008000C20113F4000080310000140002000F00
*Mar 1 00:02:25.223: STP: VLAN1 Fa1/8:0000 00 00 00 8000C20113F40000 00000000 8000C20113F40000 8031 0000 1400 0200 0F00
ESW2#undebug spanning-tree bpdu
Spanning Tree BPDU debugging is off
ESW2#
```

# ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 5 (Γ)

Εμφάνιση μεταδιδόμενων μηνυμάτων BPDU από το ESW1 προς το ESW2 μέσω του Wireshark εκτελώντας την λειτουργία *<capture>* του GNS3.



The screenshot shows the Wireshark interface with a list of captured packets. The packets are BPDUs (Spanning Tree Protocol) sent from source c2:01:13:f4:f1: to destination Spanning-tree-(for-bridge... on interface 0. The protocol is STP, and the length is 60 bytes. The info field shows: Conf. Root = 32768/0/c2:01:13:f4:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031.

| No. | Time      | Source             | Destination                  | Protocol | Length | Info  |
|-----|-----------|--------------------|------------------------------|----------|--------|---|
| 1   | 0.000000  | c2:01:13:f4:f1:... | Spanning-tree-(for-bridge... | STP      | 60     | Conf. Root = 32768/0/c2:01:13:f4:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 2   | 1.991114  | c2:01:13:f4:f1:... | Spanning-tree-(for-bridge... | STP      | 60     | Conf. Root = 32768/0/c2:01:13:f4:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 3   | 4.016230  | c2:01:13:f4:f1:... | Spanning-tree-(for-bridge... | STP      | 60     | Conf. Root = 32768/0/c2:01:13:f4:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 4   | 5.988343  | c2:01:13:f4:f1:... | Spanning-tree-(for-bridge... | STP      | 60     | Conf. Root = 32768/0/c2:01:13:f4:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 5   | 7.990457  | c2:01:13:f4:f1:... | Spanning-tree-(for-bridge... | STP      | 60     | Conf. Root = 32768/0/c2:01:13:f4:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 6   | 9.990572  | c2:01:13:f4:f1:... | Spanning-tree-(for-bridge... | STP      | 60     | Conf. Root = 32768/0/c2:01:13:f4:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 7   | 11.987686 | c2:01:13:f4:f1:... | Spanning-tree-(for-bridge... | STP      | 60     | Conf. Root = 32768/0/c2:01:13:f4:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 8   | 13.988800 | c2:01:13:f4:f1:... | Spanning-tree-(for-bridge... | STP      | 60     | Conf. Root = 32768/0/c2:01:13:f4:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 9   | 15.985915 | c2:01:13:f4:f1:... | Spanning-tree-(for-bridge... | STP      | 60     | Conf. Root = 32768/0/c2:01:13:f4:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 10  | 18.000030 | c2:01:13:f4:f1:... | Spanning-tree-(for-bridge... | STP      | 60     | Conf. Root = 32768/0/c2:01:13:f4:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |

Frame 1: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface 0

- ▶ IEEE 802.3 Ethernet
- ▶ Logical-Link Control
- ▶ Spanning Tree Protocol

|      |   |            |
|------|---|------------|
| 0000 | 01 80 c2 00 00 00 c2 01 13 f4 f1 08 00 26 42 42 | .....&BB   |
| 0010 | 03 00 00 00 00 00 80 00 c2 01 13 f4 00 00 00 00 | .....      |
| 0020 | 00 00 80 00 c2 01 13 f4 00 00 80 31 00 00 14 00 | .....1.... |
| 0030 | 02 00 0f 00 00 00 00 00 00 00 00 00             | .....      |

# ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 5

## (Δ)

Αντιστοιχία πεδίου Root Bridge Priority σε μορφή byte ενός πλαισίου.

```
Spanning Tree Protocol
  Protocol Identifier: Spanning Tree Protocol (0x0000)
  Protocol Version Identifier: Spanning Tree (0)
  BPDU Type: Configuration (0x00)
  BPDU flags: 0x00
    0... .... = Topology Change Acknowledgment: No
    .... ..0 = Topology Change: No
  Root Identifier: 32768 / 0 / c2:01:13:f4:00:00
    Root Bridge Priority: 32768
    Root Bridge System ID Extension: 0
    Root Bridge System ID: c2:01:13:f4:00:00 (c2:01:13:f4:00:00)
  Root Path Cost: 0
  Bridge Identifier: 32768 / 0 / c2:01:13:f4:00:00
    Bridge Priority: 32768
    Bridge System ID Extension: 0
    Bridge System ID: c2:01:13:f4:00:00 (c2:01:13:f4:00:00)
  Port identifier: 0x8031
  Message Age: 0
  Max Age: 20
  Hello Time: 2
  Forward Delay: 15
```

|      |   |
|------|---|
| 0000 | 01 80 c2 00 00 00 c2 01 13 f4 f1 08 00 26 42 42 |
| 0010 | 03 00 00 00 00 00 80 00 c2 01 13 f4 00 00 00 00 |
| 0020 | 00 00 80 00 c2 01 13 f4 00 00 80 31 00 00 14 00 |
| 0030 | 02 00 0f 00 00 00 00 00 00 00 00 00             |

## ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 5 (E)

Αλλαγή τιμή προτεραιότητας του ESW2, εκτελώντας τις εντολές *<configure terminal>* και *<spanning-tree vlan 1 priority 4096>*.

```
ESW2#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
ESW2(config)#spanning-tree vlan 1 priority 4096
ESW2(config)#
```

# ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 5 (ΣΤ)

Εμφάνιση μηνυμάτων BPDUs μετά την αλλαγή της τιμής προτεραιότητας του ESW2.

| No. | Time      | Source            | Destination                    | Protocol | Length | Info  |
|-----|-----------|-------------------|--------------------------------|----------|--------|---|
| 28  | 49.997859 | c2:01:13:f4:f1:08 | Spanning-tree-(for-bridges)_00 | STP      | 60     | Conf. Root = 32768/0/c2:01:13:f4:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031     |
| 29  | 50.841908 | c2:02:0e:30:f1:08 | Spanning-tree-(for-bridges)_00 | STP      | 60     | Conf. TC + Root = 4096/0/c2:02:0e:30:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 30  | 52.853023 | c2:02:0e:30:f1:08 | Spanning-tree-(for-bridges)_00 | STP      | 60     | Conf. TC + Root = 4096/0/c2:02:0e:30:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 31  | 54.862138 | c2:02:0e:30:f1:08 | Spanning-tree-(for-bridges)_00 | STP      | 60     | Conf. TC + Root = 4096/0/c2:02:0e:30:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 32  | 56.867252 | c2:02:0e:30:f1:08 | Spanning-tree-(for-bridges)_00 | STP      | 60     | Conf. TC + Root = 4096/0/c2:02:0e:30:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 33  | 58.837365 | c2:02:0e:30:f1:08 | Spanning-tree-(for-bridges)_00 | STP      | 60     | Conf. TC + Root = 4096/0/c2:02:0e:30:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 34  | 60.840480 | c2:02:0e:30:f1:08 | Spanning-tree-(for-bridges)_00 | STP      | 60     | Conf. TC + Root = 4096/0/c2:02:0e:30:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 35  | 62.841594 | c2:02:0e:30:f1:08 | Spanning-tree-(for-bridges)_00 | STP      | 60     | Conf. TC + Root = 4096/0/c2:02:0e:30:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 38  | 64.841708 | c2:02:0e:30:f1:08 | Spanning-tree-(for-bridges)_00 | STP      | 60     | Conf. TC + Root = 4096/0/c2:02:0e:30:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 39  | 66.862824 | c2:02:0e:30:f1:08 | Spanning-tree-(for-bridges)_00 | STP      | 60     | Conf. TC + Root = 4096/0/c2:02:0e:30:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 40  | 68.862938 | c2:02:0e:30:f1:08 | Spanning-tree-(for-bridges)_00 | STP      | 60     | Conf. TC + Root = 4096/0/c2:02:0e:30:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 41  | 70.844052 | c2:02:0e:30:f1:08 | Spanning-tree-(for-bridges)_00 | STP      | 60     | Conf. TC + Root = 4096/0/c2:02:0e:30:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 42  | 72.852167 | c2:02:0e:30:f1:08 | Spanning-tree-(for-bridges)_00 | STP      | 60     | Conf. TC + Root = 4096/0/c2:02:0e:30:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 43  | 74.845281 | c2:02:0e:30:f1:08 | Spanning-tree-(for-bridges)_00 | STP      | 60     | Conf. TC + Root = 4096/0/c2:02:0e:30:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |
| 44  | 76.847395 | c2:02:0e:30:f1:08 | Spanning-tree-(for-bridges)_00 | STP      | 60     | Conf. TC + Root = 4096/0/c2:02:0e:30:00:00 Cost = 0 Port = 0x8031 |

# ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 5 (Z)

Αναλυτικές πληροφορίες του νέου μηνύματος BPDU.

```
▸ IEEE 802.3 Ethernet
▸ Logical-Link Control
▸ Spanning Tree Protocol
  Protocol Identifier: Spanning Tree Protocol (0x0000)
  Protocol Version Identifier: Spanning Tree (0)
  BPDU Type: Configuration (0x00)
  ▸ BPDU flags: 0x01, Topology Change
    0... .. = Topology Change Acknowledgment: No
    .... ..1 = Topology Change: Yes
  ▸ Root Identifier: 4096 / 0 / c2:02:0e:30:00:00
    Root Bridge Priority: 4096
    Root Bridge System ID Extension: 0
    Root Bridge System ID: c2:02:0e:30:00:00 (c2:02:0e:30:00:00)
  Root Path Cost: 0
  ▸ Bridge Identifier: 4096 / 0 / c2:02:0e:30:00:00
    Bridge Priority: 4096
    Bridge System ID Extension: 0
    Bridge System ID: c2:02:0e:30:00:00 (c2:02:0e:30:00:00)
  Port identifier: 0x8031
  Message Age: 0
  Max Age: 20
  Hello Time: 2
  Forward Delay: 15
0000 01 80 c2 00 00 00 c2 02 0e 30 f1 08 00 26 42 42 ..... .0...&BB
```

## *ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ*

- ❖ Το Spanning Tree Protocol αποτελεί ένα θεμελιώδες μέρος ενός δικτύου Ethernet.
- ❖ Εξασφαλίζει τη σταθερότητα ενός δικτύου που αποτελείται από πολλά switches.
- ❖ Βελτιώνει την απόδοση ενός δικτύου, αποτρέποντας την δημιουργία πλημμύρας με πακέτα, με την καταστολή των επιπλέον διαδρομών μεταξύ των switches,.
- ❖ Εντοπίζονται τεχνικά προβλήματα εντός του δικτύου.
- ❖ Βοηθάει στη γρήγορη προσαρμογή των αλλαγών που συμβαίνουν στη τοπολογία ενός δικτύου.
- ❖ Ο χρόνος παίζει σημαντικό ρόλο που απαιτείται για τη σύγκλιση των switches καθώς εξαρτάται απόλυτα από τα χρονόμετρα του πρωτοκόλλου, κάτι το οποίο στις προσομοιώσεις φαίνεται πως τηρεί απόλυτα για την ορθή λειτουργία των switches αλλά και του δικτύου.



***ΤΕΛΟΣ ΠΑΡΑΣΟΥΣΙΑΣΗΣ***

***ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΠΟΛΥ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΑΣ***