

ΘΕΜΑ 6, εργασία 1, 2021-2022

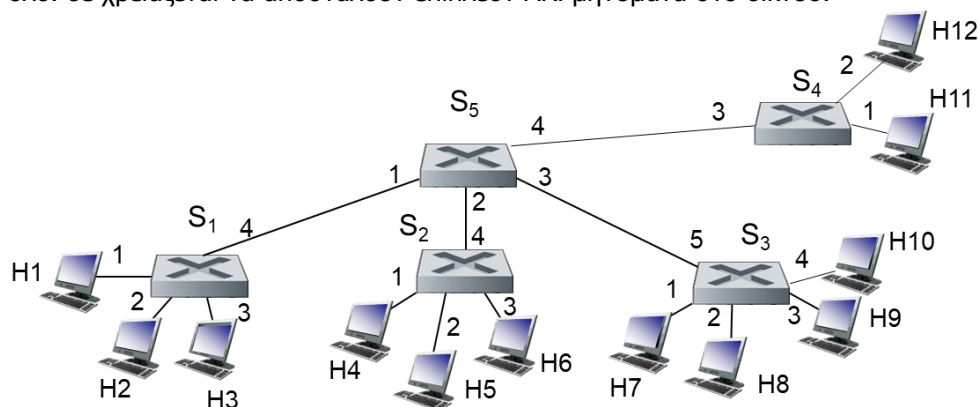
Δικτύωση επιπέδου 2 (μηχανισμός αυτό-εκμάθησης τοπολογίας στους μεταγωγείς και εικονικά τοπικά δίκτυα-VLANs)

Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με τη λειτουργία των εικονικών τοπικών δικτύων (Virtual Local Area Network -VLANs).

Σχετικές ασκήσεις: Ε1/2021/Θ6

Δίνεται η παρακάτω τοπολογία δικτύου μεταγωγής που αποτελείται από πέντε μεταγωγείς (S_1, S_2, S_3, S_4, S_5) και 12 ξεριστές κόμβους (hosts), H1-H12. Θεωρήστε ότι τη χρονική στιγμή $t=0$ οι μεταγωγείς S_1-S_5 , υφίστανται επανεκκίνηση και οι πίνακες μεταγωγής τους είναι κενοί.

Σημείωση: Οι κόμβοι H1-H12 έχουν ενημερωμένες τις ARP caches τους με τις MAC διευθύνσεις των κόμβων του δικτύου, δλδ. δε χρειάζεται να αποσταλούν επιπλέον ARP μηνύματα στο δίκτυο.



(α) Ποιοι από τους μεταγωγείς στο σχήμα είναι μεταγωγείς πρόσβασης και ποιοι είναι μεταγωγείς συγκέντρωσης;

(β) Το χρονοδιάγραμμα των εκπομπών στο δίκτυο είναι το εξής (ο χρόνος μετράται σε ακέραια πολλαπλάσια της χρονικής μονάδας):

- $t=1$: H1 στέλνει στον H6
- $t=2$: H5 στέλνει στον H2 και H12 στέλνει στον H11
- $t=3$: H6 στέλνει στον H3
- $t=4$: H6 στέλνει στον H1
- $t=5$: H12 στέλνει στον H9 και H6 στέλνει στον H5
- $t=6$: H4 στέλνει στον H5 και H8 στέλνει στον H7
- $t=7$: H3 στέλνει στον H6

Ο χρόνος μετάδοσης των πλαισίων πάνω από κάθε ζεύξη, που περιλαμβάνει όλους τους τύπους καθυστέρησης που υφίστανται τα πλαίσια, είναι σταθερός και ίσος με *μία χρονική μονάδα*.

Τα περιεχόμενα των πινάκων μεταγωγής των μεταγωγέων $S_1 - S_5$ κατά τις χρονικές στιγμές από $t=1$ ως $t=4$, ως αποτέλεσμα των παραπάνω εκπομπών, απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα. Κάθε εγγραφή στις στήλες 2-6 είναι ένα ζεύγος τιμών (MAC διεύθυνση, interface id).

Συμπληρώστε τις υπόλοιπες γραμμές του πίνακα, για τις χρονικές στιγμές από $t=5$ ως και $t=10$.

Χρονική στιγμή	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
$t = 1$	-	-	-	-	-
$t = 2$	(MAC H1,1)				
$t = 3$	(MAC H1,1)	(MAC H5,2)		(MAC H12,2)	(MAC H1,1)
$t = 4$	(MAC H1,1)	(MAC H5,2) (MAC H1,4) (MAC H6,3)	(MAC H1,5)	(MAC H12,2) (MAC H1,3)	(MAC H1,1) (MAC H5,2) (MAC H12,4)
$t = 5$					
$t = 6$					
$t = 7$					
$t = 8$					
$t = 9$					
$t = 10$					

(γ) Έστω, και ανεξάρτητα από το ερώτημα (β), οι πίνακες μεταγωγής στους μεταγωγείς $S_1 - S_5$ κάποια χρονική στιγμή τέχουν τη μορφή:

Χρονική στιγμή	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
t	(MAC H1,1)	(MAC H5,2)	(MAC H1,5)	(MAC H12, 2)	(MAC H1,1)

	(MAC H5,4) (MAC H12,4)	(MAC H1,4) (MACH12, 4) (MAC H4, 1)	(MAC H5,5) (MAC H12,5) (MAC H8, 2)	(MACH1, 3) (MACH5, 3)	(MAC H5,2) (MAC H12,4)
--	---------------------------	--	--	--------------------------	---------------------------

Αν τη χρονική στιγμή $t+1$, ο H1 αποστέλλει πλαίσιο στον κόμβο H8, περιγράψτε (i) ποιοι μεταγωγείς θα λάβουν τελικά το πλαίσιο και από ποια διεπαφή, (ii) ποιοι θα το προωθήσουν σε μια μόνο διεπαφή τους και ποιοι σε περισσότερες και ποιες είναι αυτές, (iii) ποιοι θα κάνουν νέα εγγραφή στον πίνακα μεταγωγής τους και για ποιον κόμβο.

Απαντήστε στα ίδια ερωτήματα αν τη χρονική στιγμή $t+1$ αντί του H1, αποστέλλει πλαίσιο ο κόμβος H9 στον H8.

(δ) Ο διαχειριστής του δικτύου παρατηρεί ότι οι κόμβοι που είναι συνδεδεμένοι στους μεταγωγείς S_1, S_2 τείνουν να επικοινωνούν μεταξύ τους και ότι το αντίστοιχο συμβαίνει για τους κόμβους που είναι συνδεδεμένοι στους μεταγωγείς S_3, S_4 . Αποφασίζει συνεπώς να ορίσει δύο εικονικά τοπικά δίκτυα, ένα (VLAN1) που να περιλαμβάνει τους κόμβους H1-H6 και ένα (VLAN2) με τους κόμβους H7-H12, ορίζοντας παράλληλα πάνω στον συγκεντρωτή μεταγωγέα τις θύρες 1,2 να εξυπηρετούν αποκλειστικά το VLAN1 και τις θύρες 3,4 να εξυπηρετούν αποκλειστικά το VLAN2. Προσδιορίστε τα περιεχόμενα των πινάκων μεταγωγής των μεταγωγέων $S_1 - S_5$ τη χρονική στιγμή $t = 10$, για το χρονοδιάγραμμα εκπομπών του ερωτήματος (β).

Ενδεικτική Μεθοδολογία: Αναφερθείτε στη θεωρία για τη λειτουργία των μεταγωγέων και των εικονικών τοπικών δικτύων, στις ενότητες 6.4.3-4 του βιβλίου των Kurose-Ross. Στο ερώτημα (γ) μπορείτε να περιγράψετε ποιοι από τους 5 μεταγωγείς λαμβάνουν το πλαίσιο και τι κάνει καθένας τους όταν συμβεί αυτό.

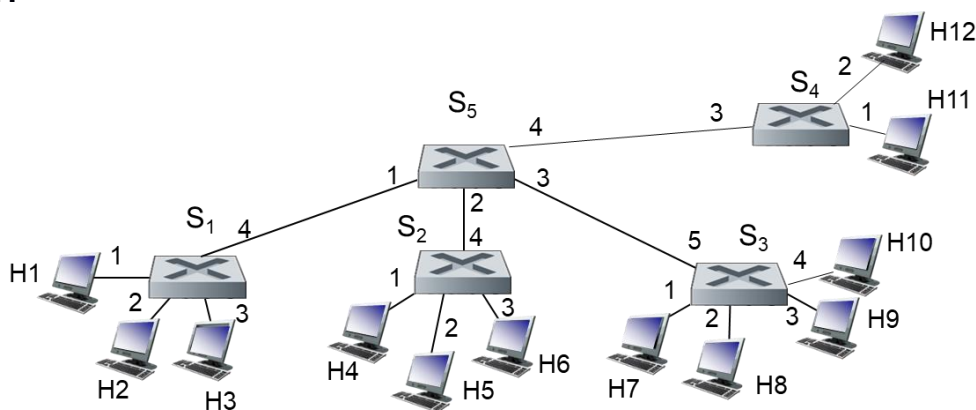
ΑΠΑΝΤΗΣΗ

A. Μεταγωγείς πρόσβασης είναι οι S1, S2, S3, S4. Μεταγωγέας συγκέντρωσης είναι ο S5.

B.

Χρονική στιγμή	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
t = 1	-	-	-	-	-
t = 2	(MAC H1,1)				
t = 3	(MAC H1,1)	(MAC H5,2)		(MAC H12,2)	(MAC H1,1)
t = 4	(MAC H1,1)	(MAC H5,2) (MAC H1,4) (MAC H6,3)	(MAC H1,5)	(MAC H12,2) (MAC H1,3)	(MAC H1,1) (MAC H5,2) (MAC H12,4)
t = 5	(MAC H1,1) (MAC H5,4) (MAC H12,4)	(MAC H1,4) (MAC H5,2) (MAC H12,4) (MAC H6,3)	(MAC H1,5) (MAC H5,5) (MAC H12,5)	(MAC H12,2) (MAC H1,3) (MAC H5,3)	(MAC H1,1) (MAC H5,2) (MAC H12,4) (MAC H6,2)
t = 6	(MAC H1,1) (MAC H5,4) (MAC H12,4) (MAC H6,4)	(MAC H1,4) (MAC H5,2) (MAC H12,4) (MAC H6,3)	(MAC H1,5) (MAC H5,5) (MAC H12,5) (MAC H6,5)	(MAC H12,2) (MAC H1,3) (MAC H5,3) (MAC H6,3)	(MAC H1,1) (MAC H5,2) (MAC H12,4) (MAC H6,2)
t = 7	(MAC H1,1) (MAC H5,4) (MAC H12,4) (MAC H6,4)	(MAC H1,4) (MAC H5,2) (MAC H12,4) (MAC H6,3) (MAC H4,1)	(MAC H1,5) (MAC H5,5) (MAC H12,5) (MAC H6,5) (MAC H8,2)	(MAC H12,2) (MAC H1,3) (MAC H5,3) (MAC H6,3)	(MAC H1,1) (MAC H5,2) (MAC H12,4) (MAC H6,2)
t = 8	(MAC H1,1) (MAC H5,4) (MAC H12,4) (MAC H6,4) (MAC H3,3)	(MAC H1,4) (MAC H5,2) (MAC H12,4) (MAC H6,3) (MAC H4,1)	(MAC H1,5) (MAC H5,5) (MAC H12,5) (MAC H6,5) (MAC H8,2)	(MAC H12,2) (MAC H1,3) (MAC H5,3) (MAC H6,3)	(MAC H1,1) (MAC H5,2) (MAC H12,4) (MAC H6,2) (MAC H8,3)
t = 9	(MAC H1,1) (MAC H5,4) (MAC H12,4) (MAC H6,4) (MAC H8,4) (MAC H3,3)	(MAC H1,4) (MAC H5,2) (MAC H12,4) (MAC H6,3) (MAC H4,1) (MAC H8,4)	(MAC H1,5) (MAC H5,5) (MAC H12,5) (MAC H6,5) (MAC H8,2)	(MAC H12,2) (MAC H1,3) (MAC H5,3) (MAC H6,3) (MAC H8,3)	(MAC H1,1) (MAC H5,2) (MAC H12,4) (MAC H6,2) (MAC H8,3) (MAC H3,1)
t = 10	(MAC H1,1) (MAC H5,4) (MAC H12,4) (MAC H6,4) (MAC H8,4) (MAC H3,3)	(MAC H1,4) (MAC H5,2) (MAC H12,4) (MAC H6,3) (MAC H4,1) (MAC H8,4) (MAC H3,4)	(MAC H1,5) (MAC H5,5) (MAC H12,5) (MAC H6,5) (MAC H8,2)	(MAC H12,2) (MAC H1,3) (MAC H5,3) (MAC H6,3) (MAC H8,3)	(MAC H1,1) (MAC H5,2) (MAC H12,4) (MAC H6,2) (MAC H8,3) (MAC H3,1)

Γ.



Χρονική στιγμή	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
t	(MAC H1, 1) (MAC H5, 4) (MAC H12, 4)	(MAC H5, 2) (MAC H1, 4) (MAC H12, 4) (MAC H4, 1)	(MAC H1, 5) (MAC H5, 5) (MAC H12, 5) (MAC H8, 2)	(MAC H12, 2) (MAC H1, 3) (MAC H5, 3)	(MAC H1, 1) (MAC H5, 2) (MAC H12, 4)

• ο H1 στέλνει πλαίσιο στον κόμβο H8:

Το πλαίσιο φτάνει στον S1. Ο S1 έχει ήδη εγγραφή για τον H1, απλώς την ανανεώνει χρονικά. Ο S1 δεν έχει εγγραφή για τον H8, στέλνει το πακέτο προς όλες τις άλλες θύρες του: 2, 3, 4.

Οι H2 και H3 λαμβάνουν αλλά απορρίπτουν το πλαίσιο, καθώς δεν απευθύνεται σε αυτούς.

Ο S5 λαμβάνει το πλαίσιο από την θύρα 1. Ο S5 έχει ήδη εγγραφή για τον H1, απλώς την ανανεώνει χρονικά.

Ο S5 δεν έχει εγγραφή για τον H8, στέλνει το πακέτο προς όλες τις άλλες θύρες του: 2, 3, 4.

Ο S2 λαμβάνει το πλαίσιο από την θύρα 4. Ο S2 έχει ήδη εγγραφή για τον H1, απλώς την ανανεώνει χρονικά.

Ο S2 δεν έχει εγγραφή για τον H8, στέλνει το πακέτο προς όλες τις άλλες θύρες του: 1, 2, 3.

Οι H4, H5 και H6 λαμβάνουν αλλά απορρίπτουν το πλαίσιο, καθώς δεν απευθύνεται σε αυτούς.

Ο S3 λαμβάνει το πλαίσιο από την θύρα 5. Ο S3 έχει ήδη εγγραφή για τον H1, απλώς την ανανεώνει χρονικά.

Ο S3 έχει εγγραφή για τον H8, στέλνει το πλαίσιο μόνο προς την θύρα 2.

Ο H8 λαμβάνει και αποδέχεται το πλαίσιο, καθώς απευθύνεται σε αυτόν.

Ο S4 λαμβάνει το πλαίσιο από την θύρα 3. Ο S4 έχει ήδη εγγραφή για τον H1, απλώς την ανανεώνει χρονικά.

Ο S4 δεν έχει εγγραφή για τον H8, στέλνει το πλαίσιο προς όλες τις άλλες θύρες: 1, 2.

Οι H11 και H12 λαμβάνουν αλλά απορρίπτουν το πλαίσιο, καθώς δεν απευθύνεται σε αυτούς.

• ο H9 στέλνει πλαίσιο στον κόμβο H8:

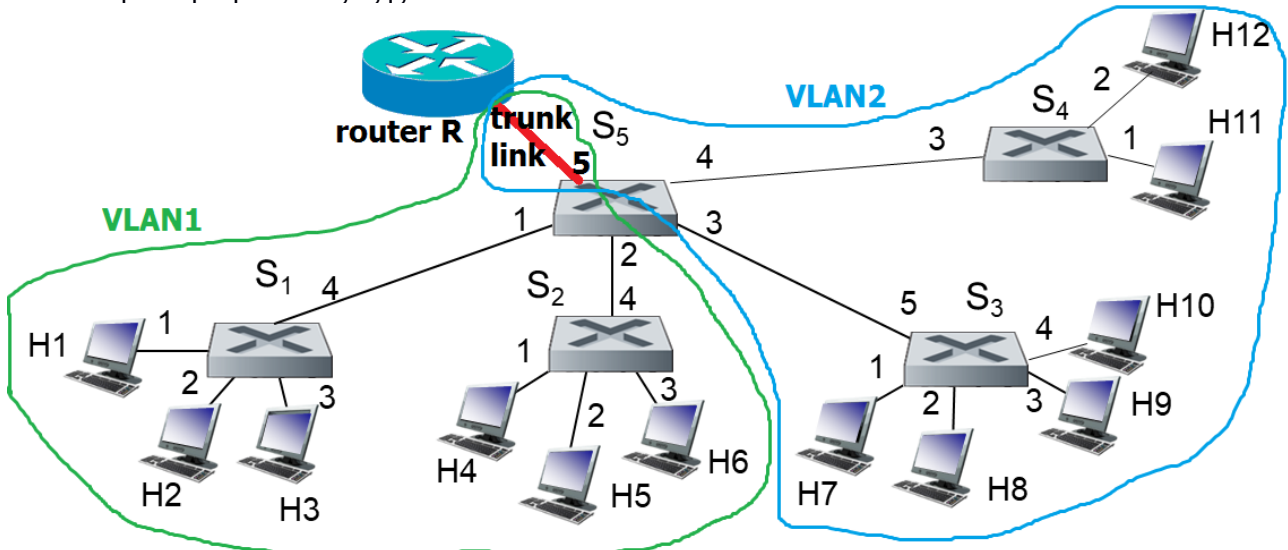
Το πλαίσιο φτάνει στον S3. Ο S3 δεν έχει εγγραφή για τον H9, τον καταγράφει (MAC H9, 3).

Ο S3 έχει εγγραφή για τον H8, στέλνει το πλαίσιο μόνο προς την θύρα 2.

Ο H8 λαμβάνει και αποδέχεται το πλαίσιο, καθώς απευθύνεται σε αυτόν.

Δ.

Η τοπολογία τώρα γίνεται ως εξής:



Πρέπει να προστεθεί ένας router R για να κάνει την δρομολόγηση ανάμεσα στα δυο ξεχωριστά VLANs. Επίσης χρειαζόμαστε μια επιπλέον θύρα 5 στο switch S5 που θα συνδέεται με την θύρα του router. Και η θύρα του router R και η θύρα 5 του switch S5 θα είναι trunk θύρες. Ομοίως θα trunk link και η σύνδεση μεταξύ του router R και της θύρας 5 του switch S5. Πλέον το VLAN1 και το VLAN2 είναι ξεχωριστά δίκτυα. Αυτό σημαίνει ότι η κίνηση του VLAN1 δρομολογείται μέσω του R προς το VLAN2 μόνο αν ο προορισμός είναι στο VLAN2 και αντίστροφα.

Έχουμε:

- t=1 : H1 στέλνει στον H6
- t=2 : H5 στέλνει στον H2 και H12 στέλνει στον H11
- t=3 : H6 στέλνει στον H3
- t=4 : H6 στέλνει στον H1
- t=5 : H12 στέλνει στον H9 και H6 στέλνει στον H5
- t=6 : H4 στέλνει στον H5 και H8 στέλνει στον H7
- t=7 : H3 στέλνει στον H6

Χρονική στιγμή	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
t = 1	-	-	-	-	-
t = 2	(MAC H1,1)				
t = 3	(MAC H1,1)	(MAC H5,2)		(MAC H12,2)	(MAC H1,1)
t = 4	(MAC H1,1)	(MAC H5,2) (MAC H1,4) (MAC H6,3)		(MAC H12,2)	(MAC H1,1) (MAC H5,2) (MAC H12,4)
t = 5	(MAC H1,1) (MAC H5,4)	(MAC H1,4) (MAC H5,2) (MAC H6,3)	(MAC H12,5)	(MAC H12,2)	(MAC H1,1) (MAC H5,2) (MAC H12,4) (MAC H6,2)
t = 6	(MAC H1,1) (MAC H5,4) (MAC H6,4)	(MAC H1,4) (MAC H5,2) (MAC H6,3)	(MAC H12,5)	(MAC H12,2)	(MAC H1,1) (MAC H5,2) (MAC H12,4) (MAC H6,2)
t = 7	(MAC H1,1) (MAC H5,4) (MAC H6,4)	(MAC H1,4) (MAC H5,2) (MAC H6,3) (MAC H4,1)	(MAC H12,5) (MAC H8,2)	(MAC H12,2)	(MAC H1,1) (MAC H5,2) (MAC H12,4) (MAC H6,2)

t = 8	(MAC H1,1) (MAC H5,4) (MAC H6,4) (MAC H3,3)	(MAC H1,4) (MAC H5,2) (MAC H6,3) (MAC H4,1)	(MAC H12,5) (MAC H8,2)	(MAC H12,2)	(MAC H1,1) (MAC H5,2) (MAC H12,4) (MAC H6,2) (MAC H8,3)
t = 9	(MAC H1,1) (MAC H5,4) (MAC H6,4) (MAC H3,3)	(MAC H1,4) (MAC H5,2) (MAC H6,3) (MAC H4,1)	(MAC H12,5) (MAC H8,2)	(MAC H12,2) (MAC H8,3)	(MAC H1,1) (MAC H5,2) (MAC H12,4) (MAC H6,2) (MAC H8,3) (MAC H3,1)
t = 10	(MAC H1,1) (MAC H5,4) (MAC H6,4) (MAC H3,3)	(MAC H1,4) (MAC H5,2) (MAC H6,3) (MAC H4,1) (MAC H3,4)	(MAC H12,5) (MAC H8,2)	(MAC H12,2) (MAC H8,3)	(MAC H1,1) (MAC H5,2) (MAC H12,4) (MAC H6,2) (MAC H8,3) (MAC H3,1)

Σημείωση: στα συγκεκριμένα παραδείγματα, δεν υπάρχει κανένα πλαίσιο από το VLAN1 προς το VLAN2 ή αντίστροφα. Άρα, η διαφορά από το ερώτημα Β είναι ότι η κίνηση εντός του VLAN1 προκαλεί ενημερώσεις μόνο στους πίνακες των switch S1, S2 και S5, ενώ πριν πιθανότατα προκαλούσε ενημέρωση σε όλα τα switches. Ομοίως, η κίνηση εντός του VLAN2 προκαλεί ενημερώσεις μόνο στους πίνακες των switch S3, S4 και S5, ενώ πριν πιθανότατα προκαλούσε ενημέρωση σε όλα τα switches.