

Θέμα 1ο (3)

Μια εταιρία έχει προμηθευτεί το εύρος διευθύνσεων 138.16.192.0/22 και θέλει να το χωρίσει σε 8 ίσα υποδίκτυα:

1. Πόσα bits για host ID και πόσα για subnet ID θα έχει το κάθε υποδίκτυο;
2. Παραθέστε σε δυαδική μορφή τα 2 χαμηλότερης σημαντικότητας bytes της διεύθυνσης κάθε υποδικτύου.
3. Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα για κάθε υποδίκτυο:

Υποδίκτυο	Πλήθος IP διευθύνσεων	Διεύθυνση υποδικτύου (με slash notation)	Πρώτη διεύθυνση IP για hosts	Τελευταία διεύθυνση IP για hosts	Διεύθυνση ευρετηριαστή IP
-----------	-----------------------	--	------------------------------	----------------------------------	---------------------------

Αναλυτική Λύση

Βήμα 1: Εύρεση bits για Subnet ID και Host ID

- Η αρχική μάσκα δικτύου είναι /22.
- Θέλουμε 8 ίσα υποδίκτυα. Ο αριθμός υποδικτύων υπολογίζεται ως 2^n , όπου n είναι τα bits που αφαιρούμε από το Host ID και προσθέτουμε στο Subnet ID.
 $2^n = 8 \Rightarrow n = 3$
- Επομένως, η νέα μάσκα δικτύου είναι: /22+3=/25
- Ο αριθμός των bits για Host ID μειώνεται από $32 - 22 = 10$ σε $10 - 3 = 7$.

Βήμα 2: Υπολογισμός διευθύνσεων

- Το εύρος του αρχικού δικτύου είναι $2^{32-22} = 2^{10} = 1024$ διευθύνσεις IP.
- Κάθε υποδίκτυο έχει $2^{32-25} = 2^7 = 128$ διευθύνσεις IP, εκ των οποίων 126 είναι διαθέσιμες για hosts (εξαιρούνται η διεύθυνση δικτύου και η broadcast).

Βήμα 3: Εύρεση διευθύνσεων υποδικτύων

Το αρχικό εύρος διευθύνσεων είναι 138.16.192.0/22. Θα υπολογίσουμε τα υποδίκτυα με τη νέα μάσκα /25/25:

- Τα υποδίκτυα διαχωρίζονται κατά βήματα των 128 διευθύνσεων (0-127, 128-255, κ.λπ.).

Πίνακας Υπολογισμών:

Υποδίκτυο	Πλήθος IP διευθύνσεων	Διεύθυνση υποδικτύου (με slash notation)	Πρώτη διεύθυνση IP για hosts	Τελευταία διεύθυνση IP για hosts	Διεύθυνση ευρετηριαστή IP
ΥΔ1	128	138.16.192.0/25	138.16.192.1	138.16.192.126	138.16.192.127
ΥΔ2	128	138.16.192.128/25	138.16.192.129	138.16.192.254	138.16.192.255
ΥΔ3	128	138.16.193.0/25	138.16.193.1	138.16.193.126	138.16.193.127
ΥΔ4	128	138.16.193.128/25	138.16.193.129	138.16.193.254	138.16.193.255
ΥΔ5	128	138.16.194.0/25	138.16.194.1	138.16.194.126	138.16.194.127

Υποδίκτυο	Πλήθος IP διευθύνσεων	Διεύθυνση υποδικτύου (με slash notation)	Πρώτη διεύθυνση IP για hosts	Τελευταία διεύθυνση IP για hosts	Διεύθυνση ευρετηριαστή IP
ΥΔ6	128	138.16.194.128/25	138.16.194.129	138.16.194.254	138.16.194.255
ΥΔ7	128	138.16.195.0/25	138.16.195.1	138.16.195.126	138.16.195.127
ΥΔ8	128	138.16.195.128/25	138.16.195.129	138.16.195.254	138.16.195.255

Βήμα 4: Δυαδική μορφή

- Η διεύθυνση 138.16.192.0/138.16.192.0 σε δυαδική μορφή:
10001010.00010000.11000000.00000000/10001010.00010000.11000000.00000000.
- Τα 2 χαμηλότερης σημαντικότητας bytes αλλάζουν ως εξής:
ΥΔ1: 11000000.00000000/11000000.00000000, ΥΔ2: 11000000.10000000/11000000.10000000, ..., ΥΔ8: 11000011.10000000/11000011.10000000.

Με αυτά τα δεδομένα, συμπληρώνεται ο παραπάνω πίνακας.

Θέμα 2ο (2)

Εφαρμογή browser «ανοίγει» ένα υπερ-σύνδεσμο URL, σε ένα web server που είχε επισκεφτεί πάλι πριν λίγα δευτερόλεπτα. Ο υπολογιστής που τρέχει ο browser συνδέεται με τον υπολογιστή που τρέχει ο web server μέσω μιας απευθείας ζεύξης που έχει σχετικά μεγάλο χρόνο διάδοσης 10ms. Υποθέστε ότι η ιστοσελίδα HTML που σχετίζεται με το URL έχει, εκτός από μια πολύ μικρή ποσότητα κειμένου HTML με αμελητέο χρόνο μετάδοσης, αναφορές σε ακριβώς 5 αντικείμενα, των οποίων ο χρόνος μετάδοσης είναι 10ms και τα οποία βρίσκονται όλα τοπικά στον υπολογιστή που φιλοξενεί τον web server.

1. Πόσο χρόνος θα μεσολαβήσει από το κλικ μέχρι τη λήψη όλων των αντικειμένων όταν το πρωτόκολλο είναι το HTTP/1.0; Ο web server δεν επιτρέπει παράλληλες συνδέσεις. Δείξτε σε ένα σχήμα τις ανταλλαγές μηνυμάτων browser και web server.
2. Υποθέστε ότι το πρωτόκολλο είναι το HTTP/1.1 με διοχέτευση (pipeline). Ο server δεν επιτρέπει παράλληλες συνδέσεις. Πόσο χρόνος θα μεσολαβήσει από το κλικ μέχρι τη λήψη όλων των αντικειμένων; Δείξτε σε ένα σχήμα τις ανταλλαγές μηνυμάτων browser και web server.

Αναλυτική Λύση

Βήμα 1: Υπολογισμός για HTTP/1.0 (χωρίς παράλληλες συνδέσεις)

Στο HTTP/1.0, κάθε αντικείμενο απαιτεί ξεχωριστή σύνδεση. Συνεπώς:

- Κάθε σύνδεση έχει:
 1. **Χρόνο καθυστέρησης διάδοσης (RTT):** $2 \times 10\text{ms}$ (αποστολή αιτήματος + επιστροφή απάντησης).
 2. **Χρόνο μετάδοσης για το αντικείμενο:** 10ms.

Για κάθε αντικείμενο:

Χρόνος σύνδεσης = $\text{RTT} + \text{Χρόνος μετάδοσης} = 20\text{ms} + 10\text{ms} = 30\text{ms}$. Χρόνος σύνδεσης = $\text{RTT} + \text{Χρόνος μετάδοσης} = 20\text{ms} + 10\text{ms} = 30\text{ms}$.

Με 5 αντικείμενα, ο συνολικός χρόνος είναι:

$30\text{ms} \times 5 = 150\text{ms}$. $30\text{ms} \times 5 = 150\text{ms}$.

Για την αρχική σελίδα (HTML), που έχει αμελητέο χρόνο μετάδοσης, υπολογίζουμε μόνο τον χρόνο για ένα RTT:

$RTT=20ms$. $RTT = 20ms$.

Συνολικός χρόνος:

$20ms+150ms=170ms$. $20ms + 150ms = 170ms$.

Βήμα 2: Υπολογισμός για HTTP/1.1 με διοχέτευση (pipeline)

Στο HTTP/1.1 με pipeline:

- Ο browser μπορεί να στείλει πολλαπλά αιτήματα χωρίς να περιμένει τις απαντήσεις από τον server.
- Ο server επιστρέφει τα αντικείμενα σειριακά.

Χρόνος:

1. Ένα RTT για την αρχική HTML (20ms).
2. Ένα RTT για την αποστολή αιτημάτων και την έναρξη αποστολής αντικειμένων ($10ms \times 2 = 20ms$).
3. Χρόνος μετάδοσης των 5 αντικειμένων: $10ms \times 5 = 50ms$

Συνολικός χρόνος:

$20ms+20ms+50ms=90ms$. $20ms + 20ms + 50ms = 90ms$.

Σχηματικά Διαγράμματα

1. HTTP/1.0 χωρίς παράλληλες συνδέσεις:

2. Browser Web Server

3. |----->|

4. |<-----| (RTT)

5. |----->|

6. |<-----| (RTT)

7. ...

8. HTTP/1.1 με pipeline:

9. Browser Web Server

10. |-----> (HTML Request)

11. |<----- (HTML Response)

12. |-----> (Pipeline Requests)

13. |<----- (Pipeline Responses)

Οι συνολικοί χρόνοι αναδεικνύουν την αποτελεσματικότητα του HTTP/1.1 με pipeline σε μειώσεις καθυστερήσεων.

Θέμα 3ο (2)

1. Όταν ένα TCP segment φτάσει σε ένα ακραίο Η/Υ, το socket στο οποίο θα προωθηθεί εξαρτάται μόνο από τις πόρτες της πηγής και του προορισμού. Σωστό ή λάθος και γιατί;

2. Όταν ένα UDP datagram φτάσει σε ένα ακραίο H/Y, το socket στο οποίο θα προωθηθεί εξαρτάται μόνο από την πόρτα προορισμού. Σωστό ή λάθος και γιατί;
 3. 10 συνδέσεις TCP που έχουν συνεχώς δεδομένα προς αποστολή μοιράζονται μια ζεύξη 1Gbps για περίπου 1 λεπτό. Τι μέρος της χωρητικότητας της ζεύξης χρησιμοποιεί κάθε σύνδεση;
 4. Ενώ οι 10 συνδέσεις είναι ενεργές και μεταφέρουν δεδομένα, πώς θα μπορούσε μια νέα διαδικτυακή εφαρμογή που μεταφέρει δεδομένα μέσω TCP να καταλάβει τη μισή χωρητικότητα της ζεύξης;
-

Λύση

Ερώτηση 1

Όταν ένα TCP segment φτάσει σε ένα ακραίο H/Y, το socket στο οποίο θα προωθηθεί εξαρτάται μόνο από τις πόρτες της πηγής και του προορισμού. Σωστό ή λάθος και γιατί;

- **Απάντηση:** Σωστό.
 - **Επεξήγηση:** Στο TCP, το socket προσδιορίζεται από τον συνδυασμό των εξής παραμέτρων: διεύθυνση IP πηγής, διεύθυνση IP προορισμού, πόρτα πηγής και πόρτα προορισμού. Παρ' όλα αυτά, για τη δρομολόγηση του segment στο σωστό socket, οι πόρτες πηγής και προορισμού αρκούν, γιατί έχουν ήδη αντιστοιχιστεί σε συγκεκριμένη σύνδεση.
-

Ερώτηση 2

Όταν ένα UDP datagram φτάσει σε ένα ακραίο H/Y, το socket στο οποίο θα προωθηθεί εξαρτάται μόνο από την πόρτα προορισμού. Σωστό ή λάθος και γιατί;

- **Απάντηση:** Σωστό.
 - **Επεξήγηση:** Το UDP είναι connectionless και δεν διατηρεί κατάσταση σύνδεσης όπως το TCP. Έτσι, το socket ταυτοποιείται μόνο από την πόρτα προορισμού, και η προώθηση γίνεται αποκλειστικά βάσει αυτής.
-

Ερώτηση 3

10 συνδέσεις TCP που έχουν συνεχώς δεδομένα προς αποστολή μοιράζονται μια ζεύξη 1Gbps για περίπου 1 λεπτό. Τι μέρος της χωρητικότητας της ζεύξης χρησιμοποιεί κάθε σύνδεση;

- **Απάντηση:** Κάθε σύνδεση χρησιμοποιεί το 1/10 της χωρητικότητας της ζεύξης.
- **Επεξήγηση:**
Η συνολική διαθέσιμη χωρητικότητα είναι 1Gbps. Εφόσον οι συνδέσεις μοιράζονται τη ζεύξη ισότιμα και όλες έχουν συνεχώς δεδομένα προς αποστολή, η χωρητικότητα κατανέμεται ομοιόμορφα:

Χωρητικότητα ανα σύνδεση = $1\text{Gbps}/10 = 100\text{Mbps}$. = 100Mbps.

Ερώτηση 4

Ενώ οι 10 συνδέσεις είναι ενεργές και μεταφέρουν δεδομένα, πώς θα μπορούσε μια νέα διαδικτυακή εφαρμογή που μεταφέρει δεδομένα μέσω TCP να καταλάβει τη μισή χωρητικότητα της ζεύξης;

- **Απάντηση:** Η νέα εφαρμογή μπορεί να καταλάβει τη μισή χωρητικότητα της ζεύξης αν οι μηχανισμοί ελέγχου συμφόρησης του TCP (π.χ. TCP Reno ή TCP Cubic) της επιτρέψουν να αυξήσει το εύρος ζώνης που χρησιμοποιεί.
- **Επεξήγηση:**
Το TCP προσαρμόζει τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων ανάλογα με τη συμφόρηση στη ζεύξη. Αν η νέα

εφαρμογή αρχίσει να μεταδίδει δεδομένα με πιο επιθετικό ρυθμό ή για μεγαλύτερο διάστημα, θα ανταγωνιστεί τις άλλες συνδέσεις, αναγκάζοντας τες να μειώσουν τη χρήση τους. Τελικά, η νέα εφαρμογή μπορεί να καταλάβει το 50% της ζεύξης (500Mbps), εφόσον έχει μεγαλύτερη «αντοχή» στους μηχανισμούς συμφόρησης.

Θέμα 4ο (3)

Θεωρείστε αποστολή αρχείου μεγέθους 200KBytes μέσω σύνδεσης TCP μεταξύ Η/Υ με τα εξής δεδομένα:

- Αρχικό παράθυρο συμφόρησης $cwnd=1000$ $cwnd = 1000$ bytes.
 - Αρχικό κατώφλι αργής εκκίνησης $ssthresh=16$ $ssthresh = 16$ KBytes.
 - Μέγιστο μέγεθος TCP πακέτου $MSS=1000$ $MSS = 1000$ bytes.
 - Λόγω απουσίας άλλης κίνησης καθ' όλη την επικοινωνία, σταθερό $RTT=200$ $RTT = 200$ ms.
 - Αρχικό παράθυρο λήψης $rwnd=25$ $rwnd = 25$ KBytes.
 - Τη χρονική στιγμή $t_1=2$ $t_1 = 2$ secs γίνεται λήψη ACK για τα TCP πακέτα που στέλνονται.
 - Τη χρονική στιγμή $t_2=2.2$ $t_2 = 2.2$ secs ο αποστολέας ενημερώνεται μέσω ACK για νέο παράθυρο λήψης $rwnd=12$ $rwnd = 12$ KBytes.
1. Αν η έκδοση είναι TCP Tahoe, σχεδιάστε το σχήμα του παραθύρου αποστολής $\min(rwnd, cwnd)$ και του $ssthresh$. Ποιος ο χρόνος ολοκλήρωσης της αποστολής του αρχείου και ποια η ωφέλιμη διέλευση (Kbps);

Λύση

Ανάλυση Δεδομένων

1. Αρχικές παράμετροι:

- Μέγεθος αρχείου: 200 KB = 200,000 bytes.
- MSS: 1000 bytes.
- $cwnd=1000$ $cwnd = 1000$ bytes (1 MSS).
- $ssthresh=16$ $ssthresh = 16$ KB = 16,000 bytes.
- $rwnd$ αρχικά: 25 KB, αλλά μειώνεται στα 12 KB.
- RTT: 200 ms.

2. Βήματα TCP Tahoe:

Το TCP Tahoe ξεκινά με αργή εκκίνηση και μεταβαίνει στη φάση συμφόρησης όταν το $cwnd$ υπερβεί το $ssthresh$.

Βήμα 1: Υπολογισμός μεταφοράς δεδομένων κατά τη φάση αργής εκκίνησης

• RTT 1:

- $cwnd=1$ $MSS=1000$ $cwnd = 1$ MSS = 1000 bytes.
- Μεταφέρονται 1 MSS δεδομένα.
- Στο τέλος του RTT, το $cwnd$ διπλασιάζεται:
 $cwnd=2$ $MSS=2000$ bytes. $cwnd = 2$ MSS = 2000 bytes.

- **RTT 2:**
 - $cwnd = 2MSS = 2000$ bytes.
 - Μεταφέρονται 2 MSS δεδομένα.
 - Στο τέλος του RTT, το $cwnd$ διπλασιάζεται: $cwnd = 4MSS = 4000$ bytes.
- **RTT 3:**
 - $cwnd = 4MSS = 4000$ bytes.
 - Μεταφέρονται 4 MSS δεδομένα.
 - Στο τέλος του RTT, το $cwnd$ διπλασιάζεται: $cwnd = 8MSS = 8000$ bytes.
- **RTT 4:**
 - $cwnd = 8MSS = 8000$ bytes.
 - Μεταφέρονται 8 MSS δεδομένα.
 - Στο τέλος του RTT, το $cwnd$ διπλασιάζεται: $cwnd = 16MSS = 16,000$ bytes.

Φτάνουμε το $ssthresh = 16,000$ bytes, και η αργή εκκίνηση σταματά.

Βήμα 2: Φάση αύξησης (Congestion Avoidance)

Από εδώ και πέρα, το $cwnd$ αυξάνεται γραμμικά (προστίθεται 1 MSS κάθε RTT).

- $cwnd = \min(rwnd, cwnd)$. Όταν το $rwnd$ μειωθεί σε 12 KB, το $cwnd$ περιορίζεται σε αυτή την τιμή.
- Συνεχίζουμε με $rwnd = 12$ KB και υπολογίζουμε τον χρόνο για τα υπόλοιπα δεδομένα.

Υπολογισμός χρόνου ολοκλήρωσης

1. Μεταφέρονται δεδομένα κατά την αργή εκκίνηση:

$$1MSS + 2MSS + 4MSS + 8MSS + 16MSS = 31,000 \text{ bytes.}$$

2. Υπολειπόμενα δεδομένα:

$$200,000 - 31,000 = 169,000 \text{ bytes.}$$

3. Με $rwnd = 12$ KB:

Σε κάθε RTT, μεταφέρονται έως 12 KB = 12,000 bytes.

Αριθμός RTT για τα υπολειπόμενα δεδομένα:

$$\lceil 169,000 / 12,000 \rceil = 15 \text{ RTT}$$

4. Συνολικός χρόνος:

$$4 \text{ RTT (αργή εκκίνηση)} + 15 \text{ RTT (congestion avoidance)} = 19 \text{ RTT}$$

$$RTT = 200 \text{ ms}$$

$$19 \times 200 = 3.8 \text{ sec.}$$

Ωφέλιμη διέλευση

Η ωφέλιμη διέλευση υπολογίζεται ως:

Throughput=Μεγεθος Αρχείου/Συνολικός Χρονος=200,000 bytes/3.8 sec=52.63 KBps (\approx 421Kbps).

Θέμα 1ο

Αν σε κάποιον υπολογιστή ενός οργανισμού έχει αποδοθεί η διεύθυνση 192.168.0.1 με μάσκα υποδικτύου την 255.255.254.0, ζητούνται:

1. Η διεύθυνση του υποδικτύου με slash notation και πόσα bits χρησιμοποιούνται για τους hosts του υποδικτύου που ανήκει ο υπολογιστής;
2. Ποιες είναι η πρώτη και η τελευταία διεύθυνση IP, διαθέσιμες για hosts που φιλοξενούνται στο παραπάνω υποδίκτυο; Ποια είναι η διεύθυνση IP broadcast στο εν λόγω υποδίκτυο;
3. Ο οργανισμός επιθυμεί να δημιουργήσει 4 υποδίκτυα ΥΔ1, ΥΔ2, ΥΔ3 και ΥΔ4 τα οποία να μπορούν να υποστηρίξουν 10, 25, 60 και 130 διευθύνσεις IP, αντίστοιχα. Για κάθε ένα από τα υποδίκτυα απαντήστε τα παραπάνω ερωτήματα 1 και 2.

Λύση

Ερώτηση 1: Υπολογισμός της διεύθυνσης του υποδικτύου και bits για hosts

Η IP διεύθυνση είναι 192.168.0.1 και η μάσκα υποδικτύου είναι 255.255.254.0.

1. Μάσκα υποδικτύου:

- ο Σε δυαδική μορφή: 255.255.254.0=11111111.11111111.11111110.00000000255.255.254.0 = 11111111.11111111.11111110.00000000 Άρα η μάσκα υποδεικνύει ότι τα πρώτα 23 bits είναι για το δίκτυο (/23/23).
- ο Τα υπόλοιπα $32-23=9$ bits είναι για τους hosts.

2. Διεύθυνση υποδικτύου:

- ο Το υποδίκτυο υπολογίζεται θέτοντας τα 9 bits των hosts σε μηδέν.
- ο Η διεύθυνση 192.168.0.1 ανήκει στο υποδίκτυο 192.168.0.0/23.

Ερώτηση 2: Πρώτη και τελευταία διεύθυνση IP για hosts, και διεύθυνση broadcast

• Πρώτη διεύθυνση για hosts:

- ο Είναι η επόμενη της διεύθυνσης του δικτύου: 192.168.0.1.

• Τελευταία διεύθυνση για hosts:

- ο Η διεύθυνση broadcast είναι η μέγιστη διεύθυνση που επιτρέπουν τα 9 bits των hosts: 192.168.1.255.
- ο Άρα, η τελευταία διεύθυνση για hosts είναι 192.168.1.254.

• Διεύθυνση broadcast:

- ο 192.168.1.255.

Ερώτηση 3: Δημιουργία 4 υποδικτύων (ΥΔ1, ΥΔ2, ΥΔ3, ΥΔ4)

Υπολογισμός των υποδικτύων

- Για 10 διευθύνσεις: Χρειάζονται $2^{\lceil \log_2(10+2) \rceil} = 16$ διευθύνσεις. Άρα, 44 bits για hosts (/28/28).
- Για 25 διευθύνσεις: Χρειάζονται $2^{\lceil \log_2(25+2) \rceil} = 32$ διευθύνσεις. Άρα, 55 bits για hosts (/27/27).
- Για 60 διευθύνσεις: Χρειάζονται $2^{\lceil \log_2(60+2) \rceil} = 64$ διευθύνσεις. Άρα, 66 bits για hosts (/26/26).
- Για 130 διευθύνσεις: Χρειάζονται $2^{\lceil \log_2(130+2) \rceil} = 256$ διευθύνσεις. Άρα, 88 bits για hosts (/24/24).

Υποδικτύωση

1. ΥΔ1 (10 διευθύνσεις):

- Υποδίκτυο: 192.168.0.0/28.
- Πρώτη διεύθυνση για hosts: 192.168.0.1.
- Τελευταία διεύθυνση για hosts: 192.168.0.14.
- Διεύθυνση broadcast: 192.168.0.15.

2. ΥΔ2 (25 διευθύνσεις):

- Υποδίκτυο: 192.168.0.16/27.
- Πρώτη διεύθυνση για hosts: 192.168.0.17.
- Τελευταία διεύθυνση για hosts: 192.168.0.30.
- Διεύθυνση broadcast: 192.168.0.31.

3. ΥΔ3 (60 διευθύνσεις):

- Υποδίκτυο: 192.168.0.32/26.
- Πρώτη διεύθυνση για hosts: 192.168.0.33.
- Τελευταία διεύθυνση για hosts: 192.168.0.94.
- Διεύθυνση broadcast: 192.168.0.95.

4. ΥΔ4 (130 διευθύνσεις):

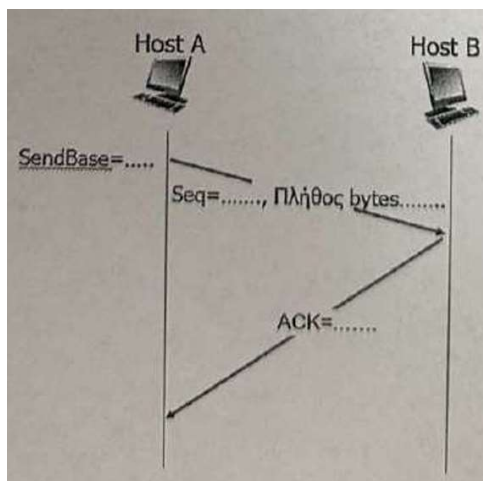
- Υποδίκτυο: 192.168.0.96/24.
- Πρώτη διεύθυνση για hosts: 192.168.0.97.
- Τελευταία διεύθυνση για hosts: 192.168.0.254.
- Διεύθυνση broadcast: 192.168.0.255.

Θέμα 2ο (3)

Δύο εφαρμογές A και B έχουν εγκαταστήσει μεταξύ τους μια TCP σύνδεση, μέσω της οποίας η εφαρμογή A στέλνει δεδομένα στην εφαρμογή B. Η TCP σύνδεση επιτρέπει μέχρι 500 bytes δεδομένων σε κάθε TCP segment και το TCP γεμίζει πλήρως ένα TCP segment, εφόσον βέβαια έχει δεδομένα προς αποστολή. Κάθε φορά που λαμβάνει ένα TCP segment με δεδομένα, το TCP στέλνει πίσω μια επιβεβαίωση (ACK). Η εφαρμογή B έχει λάβει όλα τα δεδομένα της εφαρμογής A μέχρι και το byte 1999, το παράθυρο συμφόρησης στον προηγούμενο κύκλο αποστολής ήταν 2 και η διαδικασία αποστολής TCP βρίσκεται στην κατάσταση αργής εκκίνησης. Στη συνέχεια η εφαρμογή A παραδίδει στο TCP καινούρια δεδομένα μεγέθους 1350 bytes για να

σταλούν πάνω από την TCP σύνδεση. Συμβολίζουμε με TCP A και TCP B τις διαδικασίες TCP που τρέχουν στο στρώμα TCP κάτω από τις εφαρμογές A και B αντίστοιχα.

1. Δείξτε σε ένα σχήμα παράδειγμα με το παρακάτω τα στοιχεία για κάθε segment που θα στείλει το TCP A στο TCP B και αντίστροφα, έως ότου παραληφθούν και τα 1350 bytes, εφόσον όλα τα segments δεδομένων και επιβεβαίωσης φτάνουν χωρίς απώλειες και με τη σειρά που στέλνονται.
2. Δείξτε σε ένα σχήμα παράδειγμα με το παρακάτω τα στοιχεία για κάθε segment που θα στείλει το TCP A στο TCP B και αντίστροφα, έως ότου παραληφθούν και τα 1350 bytes, εφόσον όλα τα segments φτάνουν χωρίς απώλειες, αλλά τα δύο πρώτα segments (από τα 1350 bytes) φτάνουν με ενδείξεις σειράς και τα segments επιβεβαίωσης με τη σειρά που στέλνονται, χωρίς για τη θέση λήψης χρονομετρητές (no timer timeout).
3. Δείξτε σε ένα σχήμα παράδειγμα με το παρακάτω τα στοιχεία για κάθε segment που θα στείλει το TCP A στο TCP B και αντίστροφα, έως ότου παραληφθούν και τα 1350 bytes, εφόσον το πρώτο segment δεδομένων γίνεται και η επιβεβαίωση του 2ου segment δεδομένων φτάνει στο TCP A μετά την λήξη του χρονομετρητή για το 1ο segment δεδομένων.



Αναλυτική Λύση

Ερώτηση 1: Όλα τα segments φτάνουν χωρίς απώλειες και με τη σειρά που στέλνονται

- Η διαδικασία ξεκινά από το TCP A. Το παράθυρο συμφόρησης είναι 2 MSS. Το TCP A μπορεί να στείλει 2 segments των 500 bytes.
- Μετά τη λήψη των επιβεβαιώσεων (ACK), το TCP A αυξάνει το congestion window σύμφωνα με την αργή εκκίνηση (διπλασιασμός) και στέλνει τα υπόλοιπα δεδομένα.

Στάδια μετάδοσης:

1. TCP A → TCP B:
 - ο Στέλνει Segment 1 (500 bytes, seq=2000).
 - ο Στέλνει Segment 2 (500 bytes, seq=2500).
2. TCP B → TCP A:
 - ο Στέλνει ACK για Segment 1 (ack=2500).
 - ο Στέλνει ACK για Segment 2 (ack=3000).
3. TCP A → TCP B:
 - ο Στέλνει Segment 3 (350 bytes, seq=3000).
4. TCP B → TCP A:

- ο Στέλνει ACK για Segment 3 (ack=3350).

Συνολικό σχήμα:

- Η διαδικασία ολοκληρώνεται σε 2 RTT.

Ερώτηση 2: Όλα τα segments φτάνουν χωρίς απώλειες, αλλά τα δύο πρώτα segments φτάνουν με ενδείξεις σειράς

Σε αυτήν την περίπτωση, τα δύο πρώτα segments φτάνουν εκτός σειράς στο TCP B.

Στάδια μετάδοσης:

1. TCP A → TCP B:
 - ο Στέλνει Segment 1 (500 bytes, seq=2000).
 - ο Στέλνει Segment 2 (500 bytes, seq=2500).
2. TCP B:
 - ο Το Segment 2 φτάνει πρώτο, απορρίπτεται προσωρινά (εκτός σειράς).
 - ο Το Segment 1 φτάνει δεύτερο, γίνεται αποδεκτό.
3. TCP B → TCP A:
 - ο Στέλνει ACK για Segment 1 (ack=2500).
4. TCP A → TCP B:
 - ο Στέλνει Segment 3 (350 bytes, seq=3000).
5. TCP B → TCP A:
 - ο Στέλνει ACK για Segment 2 και Segment 3 (ack=3350).

Συνολικό σχήμα:

- Η διαδικασία ολοκληρώνεται σε 2 RTT.

Ερώτηση 3: Το πρώτο segment δεδομένων και η επιβεβαίωση του 2ου segment φτάνουν μετά το timeout του 1ου segment

Σε αυτήν την περίπτωση, το πρώτο segment δεν επιβεβαιώνεται πριν από το timeout. Το TCP A επαναμεταδίδει το πρώτο segment.

Στάδια μετάδοσης:

1. TCP A → TCP B:
 - ο Στέλνει Segment 1 (500 bytes, seq=2000).
 - ο Στέλνει Segment 2 (500 bytes, seq=2500).
2. TCP A:
 - ο Το Segment 1 δεν επιβεβαιώνεται εγκαίρως (timeout).
 - ο Επαναμεταδίδει Segment 1 (seq=2000).
3. TCP B → TCP A:
 - ο Στέλνει ACK για Segment 1 (ack=2500).
 - ο Στέλνει ACK για Segment 2 (ack=3000).

4. TCP A → TCP B:

- ο Στέλνει Segment 3 (350 bytes, seq=3000).

5. TCP B → TCP A:

- ο Στέλνει ACK για Segment 3 (ack=3350).

Συνολικό σχήμα:

- Η διαδικασία ολοκληρώνεται σε 3 RTT λόγω του timeout και της επαναμετάδοσης.

Αυτά τα παραδείγματα μπορούν να παρουσιαστούν γραφικά με τα αντίστοιχα segments και ACK σε ένα χρονοδιάγραμμα για μεγαλύτερη κατανόηση.

Θέμα 3ο

1. Αν επιθυμείτε η εφαρμογή σας να έχει έλεγχο ως προς το πόσα δεδομένα στέλνονται σε κάθε πακέτο στρώματος μεταφοράς θα επιλέξετε TCP ή UDP socket; Εξηγήστε γιατί.
2. Αν επιθυμείτε η εφαρμογή σας να έχει έλεγχο ως προς το πότε τα δεδομένα στέλνονται με κάθε πακέτο στρώματος μεταφοράς θα επιλέξετε TCP ή UDP socket; Εξηγήστε γιατί.
3. Η απάντηση ενός authoritative DNS server για κάποιο όνομα που ανήκει στο domain του έχει προκύψει από κάποια προηγούμενη επαναληπτική ερώτηση του authoritative server. Σωστό ή λάθος και γιατί;
4. Οι εγγραφές που καταχωρούνται στους πίνακες δρομολόγησης των δρομολογητών προσδιορίζονται από το πρωτόκολλο IP. Σωστό ή λάθος και γιατί;
5. Ο αποστολέας TCP BBR τροποποιεί το παράθυρο συμφόρησης ανάλογα με τις απώλειες πακέτων που εκτιμά ότι συμβαίνουν στην επικοινωνία της TCP σύνδεσης. Σωστό ή λάθος και γιατί;

Λύση

Ερώτηση 1

Αν επιθυμείτε η εφαρμογή σας να έχει έλεγχο ως προς το πόσα δεδομένα στέλνονται σε κάθε πακέτο στρώματος μεταφοράς θα επιλέξετε TCP ή UDP socket; Εξηγήστε γιατί.

- **Απάντηση:** UDP.
- **Επεξήγηση:** Στο UDP, η εφαρμογή έχει τον πλήρη έλεγχο του μεγέθους κάθε πακέτου δεδομένων, καθώς δεν υπάρχει πρόσθετη πολυπλοκότητα που να σχετίζεται με τη ροή δεδομένων ή την αναμετάδοση. Αντίθετα, στο TCP, ο έλεγχος αυτός γίνεται από το πρωτόκολλο, το οποίο προσαρμόζει δυναμικά το μέγεθος των πακέτων με βάση το congestion window και τον μηχανισμό ροής.

Ερώτηση 2

Αν επιθυμείτε η εφαρμογή σας να έχει έλεγχο ως προς το πότε τα δεδομένα στέλνονται με κάθε πακέτο στρώματος μεταφοράς θα επιλέξετε TCP ή UDP socket; Εξηγήστε γιατί.

- **Απάντηση:** UDP.
- **Επεξήγηση:** Το UDP επιτρέπει στην εφαρμογή να καθορίζει ακριβώς πότε αποστέλλονται τα πακέτα, χωρίς να εξαρτάται από μηχανισμούς όπως η διαχείριση ροής ή η διατήρηση σειράς που εφαρμόζει το TCP. Το TCP διαχειρίζεται μόνο του τη σειρά και το χρονοδιάγραμμα αποστολής πακέτων για την αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων.

Ερώτηση 3

Η απάντηση ενός authoritative DNS server για κάποιο όνομα που ανήκει στο domain του έχει προκύψει από κάποια προηγούμενη επαναληπτική ερώτηση του authoritative server. Σωστό ή λάθος και γιατί.

- **Απάντηση:** Λάθος.
- **Επεξήγηση:** Ένας authoritative DNS server διατηρεί πλήρη και αξιόπιστη βάση δεδομένων για τα domain που εξυπηρετεί. Οι απαντήσεις του για αυτά τα domain προκύπτουν απευθείας από τη βάση δεδομένων του και όχι από επαναληπτικές ερωτήσεις.

Ερώτηση 4

Οι εγγραφές που καταχωρούνται στους πίνακες δρομολόγησης των δρομολογητών προσδιορίζονται από το πρωτόκολλο IP. Σωστό ή λάθος και γιατί.

- **Απάντηση:** Σωστό.
- **Επεξήγηση:** Οι πίνακες δρομολόγησης περιέχουν πληροφορίες για τα δίκτυα που μπορούν να προσεγγιστούν και τις αντίστοιχες διαδρομές, οι οποίες βασίζονται στις διευθύνσεις IP. Το πρωτόκολλο IP είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση και την ενημέρωση αυτών των πινάκων μέσω μηχανισμών όπως το Routing Information Protocol (RIP) και το Open Shortest Path First (OSPF).

Ερώτηση 5

Ο αποστολέας TCP BBR τροποποιεί το παράθυρο συμφόρησης ανάλογα με τις απώλειες πακέτων που εκτιμά ότι συμβαίνουν στην επικοινωνία της TCP σύνδεσης. Σωστό ή λάθος και γιατί.

- **Απάντηση:** Λάθος.
- **Επεξήγηση:** Το TCP BBR (Bottleneck Bandwidth and RTT) δεν βασίζεται στις απώλειες πακέτων για την προσαρμογή του congestion window. Αντίθετα, εκτιμά το διαθέσιμο bandwidth και το RTT της σύνδεσης για να προσδιορίσει τη μέγιστη ροή δεδομένων, ανεξάρτητα από τις απώλειες. Αυτό το διαφοροποιεί από άλλους αλγόριθμους όπως το TCP Reno ή Cubic.

Θέμα 4ο (2)

Δίπλα εμφανίζεται η επικοινωνία SMTP (επίπεδο εφαρμογής) για την αποστολή ενός mail μεταξύ δύο mailhost servers που έχουν καθυστέρηση μεταξύ τους περίπου 100ms. Δεν υπάρχει καμία άλλη επικοινωνία που να καθυστερεί τη διαδικασία στους mailhost servers και στη μεταξύ τους επικοινωνία. Θεωρείστε ως αρχή του χρόνου τη χρονική στιγμή αποστολής του πρώτου TCP segment από τον πελάτη mailhost server για την έναρξη της επικοινωνίας και αμελητέους χρόνους μετάδοσης.

1. Πόσο χρόνος θα έχει μεσολαβήσει μέχρι ο αποστολέας να λάβει πίσω το μήνυμα της 1ης γραμμής; Γιατί;
2. Συμπληρώστε όσα περισσότερα πεδία μπορείτε στο email που έχει συντάξει ο αποστολέας χρήστης στην εφαρμογή αλληλογραφίας που χρησιμοποιεί.
3. Αν η εφαρμογή mail του παραλήπτη χρήστη κάνει sync κάθε 10ms, δώστε μια εκτίμηση για το χρόνο παραλαβής του μηνύματος από τον παραλήπτη χρήστη. Εξηγήστε με ένα σχήμα διεργασιών τα διαδοχικά μηνύματα της επικοινωνίας SMTP.

Λύση

Ερώτηση 1: Χρόνος για την 1η γραμμή

- Η καθυστέρηση μεταξύ των δύο servers είναι 100ms (RTT = 200ms).
- Η 1η γραμμή (220 hamburger.edu) αποστέλλεται από τον εξυπηρετητή S στον πελάτη C μόλις ξεκινήσει η σύνδεση.
- Άρα, ο χρόνος μέχρι να λάβει ο πελάτης το μήνυμα είναι ίσος με το RTT: Χρόνος=200 ms.Χρόνος = 200 \, \text{ms}.

Ερώτηση 2: Πεδία email

Το email του παραδείγματος μπορεί να περιλαμβάνει τα εξής πεδία:

- **Αποστολέας (From):** alice@crepes.fr
- **Παραλήπτης (To):** bob@hamburger.edu
- **Θέμα (Subject):** "Pleased to meet you"
- **Σώμα μηνύματος (Body):**
 - Do you like ketchup?
 - How about pickles?

Άλλα προαιρετικά πεδία:

- **CC (Κοινοποίηση):** [προαιρετικό]
- **BCC (Κρυφή κοινοποίηση):** [προαιρετικό]
- **Date (Ημερομηνία):** [π.χ., Tue, 12 Dec 2023 10:30:00 GMT]
- **Message-ID:** [μοναδικό αναγνωριστικό μηνύματος, π.χ., 1234@crepes.fr].

Ερώτηση 3: Χρόνος παραλαβής από τον παραλήπτη

1. Χρόνος αποστολής μέσω SMTP:

- Το SMTP session περιλαμβάνει την αποστολή πολλών εντολών και δεδομένων, όπως φαίνεται από τις γραμμές 3-15.
- Για κάθε εντολή, υπάρχει ένα RTT (100ms για κάθε κατεύθυνση).

Υπολογισμός χρόνου για SMTP session:

- Εντολές: HELO, MAIL FROM, RCPT TO, DATA (έναρξη), σώμα μηνύματος, QUIT.
- Για κάθε μία απαιτείται RTT: $6 \times 200 \text{ ms} = 1200 \text{ ms}$

2. Χρόνος συγχρονισμού παραλήπτη:

- Η εφαρμογή παραλήπτη κάνει sync κάθε 10ms. Άρα, αν το μήνυμα φτάσει στη γραμματοθυρίδα μετά τη λήξη του SMTP session, ο μέγιστος χρόνος αναμονής για το επόμενο sync είναι 10ms.

Συνολικός χρόνος παραλαβής:

$1200 \text{ ms} + 10 \text{ ms} = 1210 \text{ ms}$.

Σχήμα διεργασιών SMTP

SMTP Εντολές και Απαντήσεις

1. C → S: HELO crepes.fr
2. S → C: 250 Hello crepes.fr, pleased to meet you
3. C → S: MAIL FROM: <alice@crepes.fr>

4. S → C: 250 alice@crepes.fr ... Sender OK

5. C → S: RCPT TO: <bob@hamburger.edu>

6. S → C: 250 bob@hamburger.edu ... Recipient OK

7. C → S: DATA

8. S → C: 354 Enter mail, end with "." on a line by itself

9. C → S: [Body: Do you like ketchup? How about pickles?]

10. C → S: "."

11. S → C: 250 Message accepted for delivery

12. C → S: QUIT

13. S → C: 221 hamburger.edu closing connection

Το μήνυμα θα αποθηκευτεί στη γραμματοθυρίδα του παραλήπτη μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία SMTP.

Θέμα 2ο

Σας δίνεται το παρακάτω πρόγραμμα σε Python που τρέχει σε Η/Υ με IP διεύθυνση 192.168.1.10 στο οικιακό σας δίκτυο:

1. Διορθώστε ακριβώς 2 λάθη που έχει το πρόγραμμα για να καταστεί λειτουργικό.
2. Συντάξτε το πρόγραμμα που θα τρέχει στον Η/Υ με IP διεύθυνση 192.168.1.20 στο οικιακό σας δίκτυο, το οποίο θα λαμβάνει την απάντηση του Α και θα την τυπώνει.
3. Δείξτε τα outputs των δύο προγραμμάτων στο οποίο να φαίνεται η χρονική αλληλουχία.

A	B	192.168.1.10	192.168.1.20
1 from socket import *			
2 s=socket(AF_INET, SOCK_STREAM)			
3 host = ""			
4 port=218			
5 s.bind(host,port)			
6 while True:			
7 msg,addr=s.recvfrom(512)			
8 print(msg,addr)			
9 s.sendto('HELLO')			
10			

Λύση

Ερώτηση 1: Διόρθωση 2 λαθών στο πρόγραμμα του Η/Υ Α

Το αρχικό πρόγραμμα έχει τα εξής δύο προβλήματα:

1. Η μεταβλητή host είναι ακαθόριστη. Πρέπει να οριστεί με τη διεύθυνση IP του υπολογιστή 192.168.1.10.

2. Η συνάρτηση `sendto` χρησιμοποιείται λανθασμένα σε συνδεδεμένο socket τύπου `SOCK_STREAM`. Στη θέση της πρέπει να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος `send`.

Διορθωμένο πρόγραμμα για τον Η/Υ Α (192.168.1.10):

```
from socket import *

# Ορισμός socket
s = socket(AF_INET, SOCK_STREAM)

host = "192.168.1.10" # Διεύθυνση IP του Η/Υ Α
port = 218

# Δέσμευση της διεύθυνσης
s.bind((host, port))

s.listen(1) # Ορισμός ακρόασης για εισερχόμενες συνδέσεις

while True:

    conn, addr = s.accept() # Αποδοχή σύνδεσης
    msg = conn.recv(512).decode() # Λήψη δεδομένων
    print("Received:", msg, "from", addr)
    conn.send("HELLO".encode()) # Αποστολή απάντησης
```

Ερώτηση 2: Πρόγραμμα για τον Η/Υ Β (192.168.1.20)

Το πρόγραμμα στον Η/Υ Β πρέπει να δημιουργεί σύνδεση με τον Η/Υ Α, να στέλνει μήνυμα και να λαμβάνει την απάντηση.

Πρόγραμμα για τον Η/Υ Β (192.168.1.20):

```
from socket import *

# Ορισμός socket
s = socket(AF_INET, SOCK_STREAM)

host = "192.168.1.10" # Διεύθυνση IP του Η/Υ Α (προορισμός)
port = 218

# Σύνδεση με τον Η/Υ Α
s.connect((host, port))

# Αποστολή μηνύματος
s.send("Hello from 192.168.1.20".encode())
```

```
# Λήψη απάντησης
```

```
response = s.recv(512).decode()
```

```
print("Response from server:", response)
```

Ερώτηση 3: Outputs και χρονική αλληλουχία

1. Output στον H/Y A (192.168.1.10):

Received: Hello from 192.168.1.20 from ('192.168.1.20', <port>)

2. Output στον H/Y B (192.168.1.20):

Response from server: HELLO

Χρονική αλληλουχία:

1. Ο H/Y B δημιουργεί σύνδεση με τον H/Y A.
2. Ο H/Y B στέλνει το μήνυμα "Hello from 192.168.1.20".
3. Ο H/Y A λαμβάνει το μήνυμα, το εμφανίζει στην κονσόλα, και στέλνει την απάντηση "HELLO".
4. Ο H/Y B λαμβάνει την απάντηση και την εμφανίζει στην κονσόλα του.

Θέμα 3ο

Σωστό ή Λάθος. Δικαιολογείστε.

1. Το TCP Cubic επιτυγχάνει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης από το TCP Reno και το TCP Reno υψηλότερους από το TCP Tahoe.
2. Η απάντηση ενός authoritative DNS server για κάποιο όνομα που ανήκει στο domain του έχει προκύψει από κάποια προηγούμενη επαναληπτική ερώτηση του authoritative server.
3. Οι εγγραφές που καταχωρούνται στους πίνακες δρομολόγησης των δρομολογητών προσδιορίζονται από το πρωτόκολλο IP.
4. Ο αποστολέας TCP BBR τροποποιεί το παράθυρο συμφόρησης ανάλογα με τις απώλειες πακέτων που εκτιμά ότι συμβαίνουν στην επικοινωνία της TCP σύνδεσης.

Λύση

Ερώτηση 1

Το TCP Cubic επιτυγχάνει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης από το TCP Reno και το TCP Reno υψηλότερους από το TCP Tahoe.

- **Απάντηση:** Σωστό.
- **Επεξήγηση:** Το TCP Tahoe χρησιμοποιεί έναν απλό μηχανισμό αργής εκκίνησης και μείωσης του congestion window (CWND) στο 50% σε περίπτωση απώλειας πακέτου. Το TCP Reno εισάγει τον μηχανισμό Fast Recovery, επιτρέποντας καλύτερη απόδοση σε συνδέσεις με μικρές απώλειες. Το TCP Cubic, σχεδιασμένο για υψηλής ταχύτητας δίκτυα, βασίζεται σε έναν αλγόριθμο που αυξάνει το CWND εκθετικά με βάση το χρόνο, επιτυγχάνοντας υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης.

Ερώτηση 2

Η απάντηση ενός authoritative DNS server για κάποιο όνομα που ανήκει στο domain του έχει προκύψει από κάποια προηγούμενη επαναληπτική ερώτηση του authoritative server.

- **Απάντηση:** Λάθος.
- **Επεξήγηση:** Ένας authoritative DNS server διατηρεί όλες τις πληροφορίες για τα domain που εξυπηρετεί. Δεν χρειάζεται να βασιστεί σε άλλες ερωτήσεις για αυτά τα domain, καθώς οι πληροφορίες βρίσκονται ήδη στη βάση δεδομένων του.

Ερώτηση 3

Οι εγγραφές που καταχωρούνται στους πίνακες δρομολόγησης των δρομολογητών προσδιορίζονται από το πρωτόκολλο IP.

- **Απάντηση:** Σωστό.
- **Επεξήγηση:** Το πρωτόκολλο IP είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση πακέτων δεδομένων. Οι πίνακες δρομολόγησης καταγράφουν τις καλύτερες διαδρομές προς διαφορετικά δίκτυα, με βάση τις IP διευθύνσεις προορισμού και τους μηχανισμούς δρομολόγησης (π.χ., OSPF, RIP, BGP).

Ερώτηση 4

Ο αποστολέας TCP BBR τροποποιεί το παράθυρο συμφόρησης ανάλογα με τις απώλειες πακέτων που εκτιμά ότι συμβαίνουν στην επικοινωνία της TCP σύνδεσης.

- **Απάντηση:** Λάθος.
- **Επεξήγηση:** Το TCP BBR (Bottleneck Bandwidth and RTT) δεν βασίζεται στις απώλειες πακέτων για τη διαχείριση του congestion window. Αντίθετα, εκτιμά το διαθέσιμο bandwidth και το RTT για να προσδιορίσει τον ρυθμό αποστολής δεδομένων, αποφεύγοντας τους μηχανισμούς που βασίζονται σε απώλειες (όπως στο TCP Reno).

Θέμα 4ο

Θεωρήστε για μια επικοινωνία TCP Reno: TCP segment 500 bytes, λόγω απουσίας άλλης κίνησης, σταθερό RTT 10ms, παράθυρο παραλήπτη 5KB και συνεχή δεδομένα προς αποστολή από τον αποστολέα. Πριν το RTT 0 η τιμή παραθύρου ήταν 6 και συνέβη απώλεια ενός TCP segment.

1. Σχεδιάστε στο σχήμα το παράθυρο συμφόρησης μέχρι το RTT 20, αν στα 80ms και 120ms χάνεται 1 TCP segment.
2. Ποια είναι η μέγιστη στιγμιαία τιμή διέλευσης και ποια η ελάχιστη στιγμιαία τιμή διέλευσης που επιτυγχάνονται στη σύνδεση TCP από το RTT 0 έως το RTT 20;
3. Πόσα δεδομένα στέλνονται από τον αποστολέα από το RTT 0 έως το RTT 20;
4. Ποια είναι η μέση διέλευση που επιτυγχάνεται κατά το ίδιο χρονικό διάστημα;
5. Αν η φυσική σύνδεση του δικτύου μεταξύ των υπολογιστών έχει χωρητικότητα 20 Mbps, ποια είναι η μέση χρησιμοποίηση αυτής της συγκεκριμένης σύνδεσης TCP;

Λύση

Ερώτηση 1: Σχεδίαση του παραθύρου συμφόρησης

Η επικοινωνία ακολουθεί τον αλγόριθμο TCP Reno:

- Μετά την απώλεια ενός segment, το **ssthresh** τίθεται στο μισό του παραθύρου συμφόρησης (6 MSS → 3 MSS).
- Το TCP επανεκκινεί με **Fast Recovery**, ξεκινώντας από 1 MSS.
- Αυξάνει το congestion window (CWND) αργά, κατά 1 MSS ανά RTT.
- Στα 80ms και 120ms, οι απώλειες προκαλούν πτώση του CWND στη μισή τιμή.

Εξέλιξη του CWND:

- Από το RTT 0 έως το RTT 20, το CWND μειώνεται μετά από κάθε απώλεια και αυξάνεται γραμμικά μεταξύ των απωλειών.

Σχεδιασμός:

Το διάγραμμα δείχνει τις διακυμάνσεις του CWND σε MSS (500 bytes) ανά RTT. Στο RTT 0 ξεκινά με CWND = 6 MSS και επηρεάζεται από τις απώλειες στα 80ms και 120ms.

Ερώτηση 2: Μέγιστη και ελάχιστη στιγμιαία τιμή διέλευσης

- Μέγιστη στιγμιαία διέλευση:**

$$\text{Throughput}_{\max} = \text{CWND} \times \text{MSS} / \text{RTT}$$

Όταν CWND = 6 MSS:

$$\text{Throughput}_{\max} = 6 \times 500 \text{ bytes} / 10 \text{ ms} = 300,000 \text{ bytes/sec} = 2.4 \text{ Mbps}$$

- Ελάχιστη στιγμιαία διέλευση:**

Όταν CWND = 1 MSS:

$$\text{Throughput}_{\min} = 1 \times 500 \text{ bytes} / 10 \text{ ms} = 50,000 \text{ bytes/sec} = 0.4 \text{ Mbps}$$

Ερώτηση 3: Συνολικά δεδομένα που στάλθηκαν

Τα δεδομένα υπολογίζονται ως το άθροισμα του CWND για κάθε RTT:

$$\text{Συνολικά δεδομένα} = \sum \text{RTT} = 0,20 (\text{CWND} \times \text{MSS})$$

Η CWND επηρεάζεται από τις απώλειες στα 80ms και 120ms. Το συνολικό ποσό δεδομένων μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια από τις μεταβολές του CWND.

Ερώτηση 4: Μέση διέλευση

- Μέση διέλευση:** Μέση διέλευση = Συνολικά δεδομένα / Συνολικός χρόνος

Για δεδομένα X bytes και συνολικό χρόνο 200ms: Μέση διέλευση = X / 200 ms

Ερώτηση 5: Μέση χρησιμοποίηση του δικτύου

- Χρησιμοποίηση:** Χρησιμοποίηση = Μέση διέλευση / Χωρητικότητα Δικτύου

- Αν η μέση διέλευση είναι Y Mbps

$$\text{Χρησιμοποίηση} = Y / 20$$

Η μέση χρησιμοποίηση δείχνει πόσο αποτελεσματικά χρησιμοποιείται η φυσική σύνδεση των 20 Mbps από τη συγκεκριμένη TCP σύνδεση.

Θέμα 5ο

Θεωρείστε ότι στο παρακάτω διαδίκτυο για την εσωτερική δρομολόγηση (εντός των αυτόνομων συστημάτων) τα αυτόνομα συστήματα AS2 και AS3 χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο RIP, ενώ τα AS1 και AS4 το πρωτόκολλο OSPF. Για την δρομολόγηση μεταξύ των αυτόνομων συστημάτων χρησιμοποιούνται τα eBGP και iBGP και υποθέστε ότι τα αυτόνομα συστήματα AS2 και AS4 δεν συνδέονται απευθείας (απουσία ζεύξης στην διακεκομμένη γραμμή).

- Συμπληρώστε στον παρακάτω πίνακα το attribute PATH στις διαφημίσεις που λαμβάνει κάθε AS για τα δίκτυα x, y, z, w.

Δίκτυο AS1 AS2 AS3 AS4

x

y

z

w

Λύση

Εξήγηση του Attribute PATH στο BGP

Το attribute PATH στο BGP δείχνει τη σειρά των αυτόνομων συστημάτων (AS) που πρέπει να διασχίσει το πακέτο για να φτάσει σε έναν προορισμό. Τα eBGP και iBGP χρησιμοποιούνται για την ανταλλαγή αυτών των διαφημίσεων μεταξύ των AS.

1. Το δίκτυο **x** βρίσκεται στο AS4 (router 4a).
2. Το δίκτυο **y** βρίσκεται στο AS2 (router 2b).
3. Το δίκτυο **z** βρίσκεται στο AS1 (router 1d).
4. Το δίκτυο **w** βρίσκεται στο AS3 (router 3b).

Συμπλήρωση του Attribute PATH

Δίκτυο AS1 AS2 AS3 AS4

x 4 4 1 4 1 2 -

y 2 - 2 1 3 2 1 4

z - 1 1 2 1 4

w 3 3 1 - 3 1 4

Αναλυτική Επεξήγηση

1. Δίκτυο x:

- ο Βρίσκεται στο AS4 (router 4a).
- ο Το AS4 το διαφημίζει μέσω eBGP στο AS1.
- ο Το AS1 το διαφημίζει στο AS2 μέσω eBGP και στο AS3 μέσω iBGP.

2. Δίκτυο y:

- ο Βρίσκεται στο AS2 (router 2b).
- ο Το AS2 το διαφημίζει στο AS1 μέσω eBGP.
- ο Το AS1 το διαφημίζει στο AS3 μέσω iBGP και στο AS4 μέσω eBGP.

3. Δίκτυο z:

- ο Βρίσκεται στο AS1 (router 1d).
- ο Το AS1 το διαφημίζει μέσω eBGP στο AS2 και στο AS4.
- ο Το AS2 το διαφημίζει στο AS3 μέσω eBGP.

4. Δίκτυο w:

- ο Βρίσκεται στο AS3 (router 3b).
- ο Το AS3 το διαφημίζει στο AS1 μέσω eBGP.
- ο Το AS1 το διαφημίζει στο AS2 μέσω eBGP και στο AS4 μέσω iBGP.

Αυτές οι διαδρομές προκύπτουν από τη δομή του δικτύου και τη χρήση των eBGP και iBGP για τη διανομή των διαφημίσεων.

2. Συμπληρώστε στον παρακάτω πίνακα το πρωτόκολλο με το οποίο κάθε δρομολογητής μαθαίνει να δρομολογεί προς τα δίκτυα yy, ww.

Δρομολογητής 1a 1b 1c 1d 2a 2b 2c 3a 3b 3c 4a 4b 4c

Δίκτυο yy

Δίκτυο ww

Λύση

Για τη συμπλήρωση του πίνακα λαμβάνουμε υπόψη:

1. Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται **εντός** κάθε αυτόνομου συστήματος (RIP ή OSPF).
2. Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται **μεταξύ** των αυτόνομων συστημάτων (eBGP ή iBGP).

Πρωτόκολλα που ισχύουν:

- **AS1:** Χρησιμοποιεί OSPF για εσωτερική δρομολόγηση.
- **AS2:** Χρησιμοποιεί RIP για εσωτερική δρομολόγηση.
- **AS3:** Χρησιμοποιεί RIP για εσωτερική δρομολόγηση.
- **AS4:** Χρησιμοποιεί OSPF για εσωτερική δρομολόγηση.
- **Μεταξύ AS:** Χρησιμοποιείται eBGP για ανταλλαγή δρομολογήσεων. Μέσα σε ένα AS, όταν χρειάζεται, χρησιμοποιείται iBGP.

Συμπλήρωση Πίνακα

Δίκτυο yy:

- Το δίκτυο yy βρίσκεται στο AS2.
- Οι δρομολογητές εντός του AS2 μαθαίνουν τη διαδρομή μέσω **RIP**.
- Οι δρομολογητές στα άλλα AS μαθαίνουν τη διαδρομή μέσω **eBGP** και στη συνέχεια διανέμεται μέσω **iBGP** εντός του AS.

Δίκτυο ww:

- Το δίκτυο ww βρίσκεται στο AS3.
- Οι δρομολογητές εντός του AS3 μαθαίνουν τη διαδρομή μέσω **RIP**.
- Οι δρομολογητές στα άλλα AS μαθαίνουν τη διαδρομή μέσω **eBGP** και στη συνέχεια διανέμεται μέσω **iBGP** εντός του AS.

Συμπληρωμένος Πίνακας

Δρομολογητής	1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	3a	3b	3c	4a	4b	4c
Δίκτυο yy	eBGP	eBGP	iBGP	OSPF	RIP	RIP	RIP	eBGP	eBGP	RIP	eBGP	iBGP	OSPF
Δίκτυο ww	eBGP	eBGP	iBGP	OSPF	eBGP	eBGP	RIP	RIP	RIP	RIP	eBGP	iBGP	OSPF

Αναλυτική Επεξήγηση

1. Οι διαδρομές εντός του AS βασίζονται στα πρωτόκολλα εσωτερικής δρομολόγησης (OSPF ή RIP).
2. Οι διαδρομές μεταξύ των AS βασίζονται στα eBGP και iBGP.
3. Το δίκτυο yy ξεκινά από το AS2, και το δίκτυο ww ξεκινά από το AS3, οπότε όλες οι εξωτερικές διαδρομές περνούν από eBGP ή iBGP και κατανέμονται αναλόγως εντός των AS.

Μέσω ποιου interface (i1 ή i2) δρομολογεί ο δρομολογητής 1d προς το δίκτυο xx; Πώς έκανε την επιλογή του;

Λύση

Ανάλυση του προβλήματος

Ο δρομολογητής **1d** ανήκει στο **AS1** και μπορεί να επικοινωνεί με το δίκτυο xx, το οποίο βρίσκεται στο **AS4**, μέσω δύο διαφορετικών διαδρομών:

- Μέσω του interface i1i1: Σύνδεση με τον δρομολογητή **1c** και στη συνέχεια μέσω eBGP στο **AS4**.
- Μέσω του interface i2i2: Σύνδεση με τον δρομολογητή **1b** και στη συνέχεια μέσω eBGP στο **AS4**.

Ο δρομολογητής 1d επιλέγει τη διαδρομή προς το xx με βάση το πρωτόκολλο **BGP**.

Πώς γίνεται η επιλογή διαδρομής στο BGP

Το BGP επιλέγει τη βέλτιστη διαδρομή με βάση τα ακόλουθα κριτήρια, με σειρά προτεραιότητας:

1. **Πολιτική διαδρομής:** Μπορεί να υπάρχουν προκαθορισμένοι κανόνες προτίμησης συγκεκριμένων AS.
2. **Μικρότερο attribute AS-PATH:** Ο αριθμός των AS που διασχίζεται μέχρι τον προορισμό.
3. **Μικρότερο attribute MED (Multi-Exit Discriminator):** Προτίμηση συγκεκριμένης εξόδου από το AS.
4. **Ελάχιστο IGP κόστος:** Αν οι παραπάνω παράμετροι είναι ίδιες, η επιλογή γίνεται με βάση το κόστος (π.χ., OSPF) εντός του AS.

Απάντηση

Ο δρομολογητής **1d** θα δρομολογήσει προς το xx μέσω του **interface i1** ή **interface i2** ανάλογα με το αποτέλεσμα της σύγκρισης:

1. **AS-PATH:** Και οι δύο διαδρομές περνούν από το ίδιο AS-PATH (μέσω AS4), οπότε δεν υπάρχει διαφορά.
2. **MED:** Αν το AS4 έχει ορίσει διαφορετικά MED για τις δύο διαδρομές, ο δρομολογητής **1d** θα προτιμήσει αυτή με το μικρότερο MED.
3. **IGP κόστος:** Αν τα MED είναι ίδια, η επιλογή γίνεται με βάση το εσωτερικό κόστος (OSPF) προς τα interface **i1** και **i2**. Η διαδρομή με το μικρότερο κόστος θα επιλεγεί.

Συμπερασματικά:

- Αν το κόστος προς το **1c** (μέσω i1i1) είναι μικρότερο, τότε η δρομολόγηση θα γίνει μέσω i1i1.
- Αν το κόστος προς το **1b** (μέσω i2i2) είναι μικρότερο, τότε η δρομολόγηση θα γίνει μέσω i2i2.

Η επιλογή εξαρτάται από τις ρυθμίσεις του OSPF και τις πολιτικές του AS4.

4. Στη συνέχεια εγκαθίσταται μια σύνδεση μεταξύ των δύο AS2 και AS4 (αποκατάσταση ζεύξης στην διακεκομμένη γραμμή) και μετά από κάποια χρονική περίοδο ενημερώνονται όλοι οι πίνακες δρομολόγησης όλων των δρομολογητών χωρίς περιορισμούς που καθοδηγούνται από πολιτικές (policies) μεταξύ των AS. Συμπληρώστε στον παρακάτω πίνακα το attribute PATH της επιπλέον διαφήμισης που λαμβάνει κάθε AS για τα δίκτυα xx, yy, zz, ww.

Δίκτυο AS1 AS2 AS3 AS4

x

y

z

w

Λύση

Ανάλυση

Με την αποκατάσταση της ζεύξης μεταξύ **AS2** και **AS4**, οι διαδρομές γίνονται πιο άμεσες για συγκεκριμένα δίκτυα. Επειδή δεν υπάρχουν πολιτικές περιορισμού, τα BGP updates θα περιλαμβάνουν όλες τις πιθανές διαδρομές, και οι πίνακες δρομολόγησης θα προτιμούν τις διαδρομές με βάση το **AS-PATH** (το μικρότερο πλήθος AS).

Επεξήγηση διαδρομών:

1. **Δίκτυο xx:**
 - Το xx βρίσκεται στο **AS4**.
 - Οι διαδρομές γίνονται πιο άμεσες για το **AS2** μέσω της νέας ζεύξης.
 - Το **AS1** και το **AS3** λαμβάνουν ενημερώσεις μέσω του **AS2** ή άλλων υπάρχουσών διαδρομών.
2. **Δίκτυο yy:**
 - Το yy βρίσκεται στο **AS2**.
 - Το **AS4** λαμβάνει άμεση διαδρομή μέσω της νέας ζεύξης.
 - Το **AS1** και το **AS3** λαμβάνουν ενημερώσεις μέσω πολλαπλών διαδρομών.
3. **Δίκτυο zz:**
 - Το zz βρίσκεται στο **AS1**.

- Το **AS4** και το **AS2** μπορούν να φτάσουν το **zz** μέσω των νέων διαδρομών.

4. Δίκτυο **ww**:

- Το **ww** βρίσκεται στο **AS3**.
- Το **AS2** και το **AS4** λαμβάνουν διαδρομές μέσω της νέας ζεύξης.

Συμπληρωμένος Πίνακας

Δίκτυο **AS1 AS2 AS3 AS4**

xx	4	4	4	2	-
yy	2	-	2	1	2
zz	-	1	1	2	1
ww	3	3	-	3	2

Επεξήγηση Πίνακα

1. Οι διαδρομές μέσω της νέας ζεύξης (**AS2-AS4**) μειώνουν το μήκος του **AS-PATH** για τα δίκτυα **xx** και **yy**, κάνοντας τη δρομολόγηση πιο αποδοτική.
 2. Οι πίνακες δρομολόγησης ενημερώνονται με βάση το μικρότερο πλήθος **AS** στο **AS-PATH**.
 3. Όλες οι πιθανές διαδρομές είναι πλέον διαθέσιμες, χωρίς περιορισμούς πολιτικών.
5. Συμπληρώστε στον παρακάτω πίνακα το πρωτόκολλο με το οποίο κάθε δρομολογητής μαθαίνει την επιπλέον διαδρομή προς τα δίκτυα **xx**, **zz**.

Δρομολογητής **1b 1c 2a 2c 3a 3c 4a 4c**

Δίκτυο **xx**

Δίκτυο **zz**

Λύση

Για να συμπληρωθεί ο πίνακας, λαμβάνουμε υπόψη:

1. Το **πρωτόκολλο εσωτερικής δρομολόγησης (RIP ή OSPF)** που χρησιμοποιείται **εντός των AS**.
2. Το **πρωτόκολλο εξωτερικής δρομολόγησης (eBGP ή iBGP)** που χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή διαδρομών μεταξύ των **AS**.

Ανάλυση για το δίκτυο **xx**:

- Το δίκτυο **xx** βρίσκεται στο **AS4** (router 4a).
- Οι δρομολογητές εντός του **AS4** μαθαίνουν το **xx** μέσω **OSPF**.
- Οι δρομολογητές στα άλλα **AS** (**AS1**, **AS2**, **AS3**) μαθαίνουν το **xx** μέσω **eBGP**.

Ανάλυση για το δίκτυο **zz**:

- Το δίκτυο zz βρίσκεται στο **AS1** (router 1d).
- Οι δρομολογητές εντός του **AS1** μαθαίνουν το zz μέσω **OSPF**.
- Οι δρομολογητές στα άλλα AS (AS2, AS3, AS4) μαθαίνουν το zz μέσω **eBGP**.

Συμπληρωμένος Πίνακας

Δρομολογητής	1b	1c	2a	2c	3a	3c	4a	4c	
Δίκτυο xx		eBGP	iBGP	eBGP	iBGP	eBGP	iBGP	OSPF	OSPF
Δίκτυο zz		OSPF	OSPF	eBGP	iBGP	eBGP	iBGP	eBGP	iBGP

Επεξήγηση

1. Οι δρομολογητές εντός του ίδιου AS χρησιμοποιούν **OSPF** (AS1 και AS4).
2. Οι διαδρομές μεταξύ των AS γίνονται μέσω **eBGP** και στη συνέχεια διανέμονται στους δρομολογητές του ίδιου AS μέσω **iBGP**.
3. Κάθε δρομολογητής ενημερώνεται για τις νέες διαδρομές με βάση τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στο AS του και τις γειτονικές σχέσεις BGP.
6. Μέσω ποιου interface (i1 ή i2) δρομολογεί τώρα ο δρομολογητής 1d προς το δίκτυο xx; Πώς έκανε την επιλογή του;

Λύση

Ανάλυση του προβλήματος

Ο δρομολογητής **1d** ανήκει στο **AS1** και επικοινωνεί με το δίκτυο xx, το οποίο βρίσκεται στο **AS4**. Ο δρομολογητής έχει δύο πιθανά interfaces για τη δρομολόγηση:

- **i1:** Συνδέεται με τον δρομολογητή **1c**, που έχει άμεση σύνδεση με το AS4 μέσω eBGP.
- **i2:** Συνδέεται με τον δρομολογητή **1b**, ο οποίος επίσης μπορεί να φτάσει στο AS4 μέσω eBGP.

Το **BGP** είναι υπεύθυνο για την επιλογή της διαδρομής και ακολουθεί συγκεκριμένα κριτήρια για να καθορίσει ποιο interface θα χρησιμοποιηθεί.

Πώς γίνεται η επιλογή διαδρομής στο BGP;

Το **BGP** επιλέγει τη βέλτιστη διαδρομή με βάση την ακόλουθη προτεραιότητα:

1. **AS-PATH Length (Μήκος Διαδρομής):** Επιλέγει τη διαδρομή με το μικρότερο αριθμό AS στον πίνακα AS-PATH.
2. **Multi-Exit Discriminator (MED):** Αν οι διαδρομές έχουν ίδιο μήκος AS-PATH, προτιμά τη διαδρομή με το χαμηλότερο MED.
3. **IGP Cost (Κόστος Εσωτερικής Δρομολόγησης):** Αν οι παραπάνω παράμετροι είναι ίδιες, χρησιμοποιεί το μικρότερο κόστος IGP (OSPF) εντός του AS.

Εφαρμογή στην τρέχουσα περίπτωση

1. **AS-PATH Length:** Και οι δύο διαδρομές μέσω των interfaces i1i1 και i2i2 έχουν το ίδιο μήκος AS-PATH (το δίκτυο xx βρίσκεται στο AS4, και οι διαδρομές περιλαμβάνουν το AS4).
2. **MED:** Εάν το AS4 έχει ορίσει διαφορετικό MED για τις διαδρομές μέσω των δρομολογητών 1c1c και 1b1b, ο δρομολογητής **1d** θα προτιμήσει τη διαδρομή με το χαμηλότερο MED.
3. **IGP Cost:** Αν το MED είναι ίσο, ο δρομολογητής θα χρησιμοποιήσει το μικρότερο κόστος OSPF για να επιλέξει ανάμεσα στα i1i1 και i2i2. Το κόστος καθορίζεται από τη ρύθμιση του OSPF στο AS1.

Συμπέρασμα

Η τελική επιλογή εξαρτάται από τις ρυθμίσεις:

- Αν το MED του AS4 είναι χαμηλότερο για τη διαδρομή μέσω του 1c1c, τότε ο δρομολογητής **1d** θα δρομολογήσει μέσω του **interface i1**.
- Αν το MED είναι ίσο, η απόφαση βασίζεται στο κόστος OSPF εντός του AS1. Η διαδρομή με το χαμηλότερο κόστος θα επιλεγεί.

Απάντηση

Ο δρομολογητής **1d** δρομολογεί μέσω του interface i1i1 ή i2i2 ανάλογα με:

1. Το μικρότερο MED που έχει οριστεί από το AS4.
 2. Το μικρότερο κόστος OSPF εντός του AS1 αν το MED είναι ίδιο.
-
7. Αν η πολιτική του AS4 είναι να μην λαμβάνει κίνηση προς το yy από την νέα σύνδεση, πώς θα την εφαρμόσει;

Λύση

Ανάλυση του προβλήματος

Το δίκτυο yy βρίσκεται στο **AS2**, και με την αποκατάσταση της νέας σύνδεσης μεταξύ **AS2** και **AS4**, το AS4 έχει τη δυνατότητα να δρομολογήσει κίνηση προς το yy μέσω αυτής της σύνδεσης. Αν η πολιτική του **AS4** είναι να μην λαμβάνει τέτοια κίνηση, πρέπει να περιορίσει τη διαδρομή που γίνεται διαθέσιμη μέσω του eBGP.

Εφαρμογή της πολιτικής στο BGP

Το **BGP** υποστηρίζει μηχανισμούς πολιτικής που επιτρέπουν σε ένα αυτόνομο σύστημα να φιλτράρει τις διαδρομές που διαφημίζει ή δέχεται. Για να εφαρμόσει την πολιτική του, το **AS4** μπορεί να χρησιμοποιήσει τις παρακάτω τεχνικές:

1. **Φιλτράρισμα εισερχόμενων διαδρομών (Inbound Route Filtering):**
 - ο Το **AS4** μπορεί να ρυθμίσει τον γειτονικό δρομολογητή στο **AS2** ώστε να μην αποδέχεται τη διαδρομή προς το yy.
 - ο Αυτό γίνεται μέσω μιας Access Control List (ACL) ή ενός φίλτρου διαδρομών που απορρίπτει τις διαδρομές με προορισμό το yy.

2. Φιλτράρισμα εξερχόμενων διαφημίσεων (Outbound Route Filtering):

- ο Το **AS4** μπορεί να διαμορφώσει τον δρομολογητή του ώστε να μην διαφημίζει καμία διαδρομή για το δίκτυο yy σε εσωτερικούς δρομολογητές ή άλλα AS.

3. Προσαρμογή των BGP Policies με το Attribute LOCAL_PREF:

- ο Το **AS4** μπορεί να ορίσει χαμηλότερη τιμή **LOCAL_PREF** για τη διαδρομή μέσω του **AS2**. Με αυτόν τον τρόπο, θα προτιμά άλλες διαδρομές (αν υπάρχουν) για την πρόσβαση στο yy.

4. MED (Multi-Exit Discriminator):

- ο Το **AS4** μπορεί να διαμορφώσει το **AS2** ώστε να προσθέσει υψηλό **MED** στη διαδρομή προς το yy, καθιστώντας την λιγότερο προτιμητέα από άλλες διαδρομές.

Παράδειγμα εφαρμογής

1. BGP Configuration στο AS4 για φιλτράρισμα διαδρομών προς το yy:

- neighbor <AS2_IP> route-map FILTER_Y in
- !
- route-map FILTER_Y deny 10
- match ip address prefix-list DENY_Y
- !
- ip prefix-list DENY_Y seq 5 deny <Y_PREFIX>

Το παραπάνω παράδειγμα απορρίπτει εισερχόμενες διαδρομές με προορισμό το yy.

8. Πολιτική LOCAL_PREF:

- neighbor <AS2_IP> route-map LOWER_PREF in
- !
- route-map LOWER_PREF permit 10
- set local-preference 50

Το LOCAL_PREF ορίζεται χαμηλότερο για διαδρομές μέσω του **AS2**, καθιστώντας τη νέα σύνδεση λιγότερο προτιμητέα.

Συμπέρασμα

Το **AS4** μπορεί να εφαρμόσει την πολιτική του μέσω φίλτρων διαδρομών, προσαρμογής των τιμών **LOCAL_PREF** ή **MED**, ή απορρίπτοντας τη διαφήμιση διαδρομών προς το yy μέσω της νέας σύνδεσης. Έτσι, εξασφαλίζει ότι δεν θα λαμβάνει κίνηση προς το δίκτυο yy από τη νέα σύνδεση.

Θέμα 4ο

Θεωρείστε αποστολή αρχείου μεγέθους 200 KBytes μέσω σύνδεσης TCP μεταξύ H/Y με τα εξής δεδομένα:

- Αρχικό παράθυρο συμφόρησης $cwnd=1000$ $cwnd = 1000$ bytes.
- Αρχικό κατώφλι αργής εκκίνησης $ssthresh=16$ $ssthresh = 16$ KBytes.
- Μέγιστο μέγεθος TCP πακέτου $MSS=1000$ $MSS = 1000$ bytes.
- Λόγω απουσίας άλλης κίνησης καθ' όλη την επικοινωνία, σταθερό $RTT=200$ $RTT = 200$ ms.

- Αρχικό παράθυρο λήψης $rwnd=25$ $rwnd = 25$ KBytes.
 - Τη χρονική στιγμή $t_1=2$ $t_1 = 2$ sec γίνεται λήψη ACK για τα TCP πακέτα που στέλνονται.
 - Τη χρονική στιγμή $t_2=2.2$ $t_2 = 2.2$ sec ο αποστολέας ενημερώνεται μέσω ACK για νέο παράθυρο λήψης $rwnd=12$ $rwnd = 12$ KBytes.
1. Αν η έκδοση είναι TCP Tahoe, σχεδιάστε σε σχήμα το παράθυρο αποστολής $\min(rwnd, cwnd)$ και το $ssthresh$. Ποιος ο χρόνος ολοκλήρωσης της αποστολής του αρχείου και ποια η ωφέλιμη διέλευση (Kbps);

Λύση

Στάδια μετάδοσης στο TCP Tahoe

Το TCP Tahoe βασίζεται σε:

1. **Αργή εκκίνηση (Slow Start):** Διπλασιάζει το $cwnd$ κάθε RTT μέχρι να φτάσει το $ssthresh$.
2. **Congestion Avoidance:** Όταν το $cwnd$ φτάσει το $ssthresh$, αυξάνεται γραμμικά.
3. **Απώλεια/Μεταβολή $rwnd$:** Ο αποστολέας περιορίζεται από το μικρότερο ανάμεσα στο $rwnd$ και $cwnd$.

Βήμα 1: Υπολογισμός $cwnd$ ανά RTT

1. **RTT 1:**
 - $cwnd=1MSS=1000$ $cwnd = 1$ MSS = 1000 bytes.
 - Μεταφέρονται 1 MSS δεδομένα.
 - Στο τέλος του RTT: $cwnd=2MSS=2000$ bytes. $cwnd = 2$ MSS = 2000 bytes
2. **RTT 2:**
 - $cwnd=2MSS=2000$ $cwnd = 2$ MSS = 2000 bytes.
 - Μεταφέρονται 2 MSS δεδομένα.
 - Στο τέλος του RTT: $cwnd=4MSS=4000$ bytes. $cwnd = 4$ MSS = 4000 bytes
3. **RTT 3:**
 - $cwnd=4MSS=4000$ $cwnd = 4$ MSS = 4000 bytes.
 - Μεταφέρονται 4 MSS δεδομένα.
 - Στο τέλος του RTT: $cwnd=8MSS=8000$ bytes. $cwnd = 8$ MSS = 8000 bytes
4. **RTT 4:**
 - $cwnd=8MSS=8000$ $cwnd = 8$ MSS = 8000 bytes.
 - Μεταφέρονται 8 MSS δεδομένα.
 - Στο τέλος του RTT: $cwnd=16MSS=16,000$ bytes. $cwnd = 16$ MSS = 16,000 bytes

Βήμα 2: Επιβολή $rwnd=12$ $rwnd = 12$ KB

Μετά την αλλαγή του $rwnd$ στα 12 KB, το $cwnd$ δεν μπορεί να αυξηθεί πάνω από αυτό. Η μετάδοση συνεχίζεται με $cwnd=\min(rwnd, cwnd)=12$ $cwnd = \min(rwnd, cwnd) = 12$ KB.

Υπολογισμός Συνολικού Χρόνου

1. Δεδομένα που μεταφέρονται στην αργή εκκίνηση:

$1\text{MSS} + 2\text{MSS} + 4\text{MSS} + 8\text{MSS} + 16\text{MSS} = 31,000 \text{ bytes}$. $1 \text{ MSS} + 2 \text{ MSS} + 4 \text{ MSS} + 8 \text{ MSS} + 16 \text{ MSS} = 31,000 \text{ bytes}$

2. Υπολειπόμενα δεδομένα:

$200,000 - 31,000 = 169,000 \text{ bytes}$. $200,000 - 31,000 = 169,000 \text{ bytes}$

3. Μεταφορά με $\text{rwnd} = 12\text{rwnd} = 12 \text{ KB}$:

- ο Μεταφέρονται 12,000 bytes ανά RTT.
- ο Αριθμός RTT: $\lceil 169,000 / 12,000 \rceil = 15 \text{ RTT}$

4. Συνολικός χρόνος:

$4 \text{ RTT (αργή εκκίνηση)} + 15 \text{ RTT (σταθερο rwnd)} = 19 \text{ RTT}$

$\text{Με RTT} = 200 \text{ ms}$ $\text{RTT} = 200 \text{ ms}$

$19 \times 200 = 3.8 \text{ sec}$

Ωφέλιμη Διέλευση

Η ωφέλιμη διέλευση υπολογίζεται ως:

$\text{Throughput} = \text{Συνολικά Δεδομένα} / \text{Συνολικός Χρόνος} = 200,000 \text{ bytes} / 3.8 \text{ sec} = 52.63 \text{ KBps} (\approx 421 \text{ Kbps})$

Συμπέρασμα

1. **Χρόνος ολοκλήρωσης:** 3.8 sec
2. **Ωφέλιμη διέλευση:** 421 Kbps

Θέμα

Ένα πρωτόκολλο αξιόπιστης μεταφοράς, όπου μέχρι 10 πακέτα δεδομένων μπορούν να σταλούν μέχρι να έρθει συγκεντρωτική επιβεβαίωση για όλα τα πακέτα, λειτουργεί σε ζεύξη 50 Mbps με καθυστέρηση διάδοσης 100 ms.

1. Αν τα πακέτα είναι μεγέθους 1250 bytes και υποθέτοντας ότι ο αποστολέας έχει συνεχώς πακέτα για αποστολή, ποιο είναι το ποσοστό του χρόνου που ο αποστολέας είναι απασχολημένος για την αποστολή πακέτων δεδομένων; (0.5)
2. Ποια είναι η ρυθμο-απόδοση του πρωτοκόλλου; (0.5)
3. Αν μια επιθυμητή ρυθμοαπόδοση είναι το 10% της χωρητικότητας της ζεύξης, ποια αλλαγή πρέπει να γίνει στο πρωτόκολλο; (1)

Λύση

Ερώτηση 1: Ποσοστό απασχόλησης του αποστολέα

- **Μέγεθος πακέτου:** 1250 bytes.
- **Χωρητικότητα ζεύξης:** 50 Mbps.
- **Μέγιστος αριθμός πακέτων σε ένα κύκλο:** 10.

Ο χρόνος αποστολής ενός πακέτου υπολογίζεται ως:

$\text{tsend} = \text{Μεγεθος Πακετου} / \text{Χωρητικο\acute{\iota}τητα}$

$\text{tsend} = 1250 \times 850 \times 106 = 0.0002 \text{ sec} = 0.2 \text{ ms}$.

Για 10 πακέτα:

$$t_{\text{send_10}} = 10 \times 0.2 \text{ ms} = 2 \text{ ms.}$$

Ο συνολικός χρόνος για την αποστολή και λήψη της επιβεβαίωσης είναι:

$$t_{\text{cycle}} = \text{RTT} = 2 \times \text{Καθυστερηση Διαδοσης} = 2 \times 100 = 200 \text{ ms}$$

Το ποσοστό απασχόλησης του αποστολέα είναι:

$$\text{Ποσοστο Απασχολησης} = t_{\text{send_10}} / t_{\text{cycle}} \times 100 = 2 / 200 \times 100 = 1\%$$

Ερώτηση 2: Ρυθμο-απόδοση του πρωτοκόλλου

Η ρυθμο-απόδοση υπολογίζεται ως:

$$\text{Throughput} = \text{Μεγεθος Πακετων Ανα Κυκλο} / \text{RTT} \times \text{text}$$

Το συνολικό μέγεθος δεδομένων ανά κύκλο είναι:

$$\text{Δεδομενα ανα Κυκλο} = 10 \times 1250 \times 8 = 100,000 \text{ bits}$$

Η ρυθμο-απόδοση είναι:

$$\text{Throughput} = 100,000 / 200 = 500,000 \text{ bps} = 0.5 \text{ Mbps}$$

Ερώτηση 3: Αύξηση Ρυθμο-Απόδοσης

Η επιθυμητή ρυθμο-απόδοση είναι το 10% της χωρητικότητας της ζεύξης:

$$\text{Επιθυμητη Ρυθμο-Αποδοση} = 0.1 \times 50 \text{ Mbps} = 5 \text{ Mbps}$$

Για να επιτευχθεί αυτή η ρυθμο-απόδοση, ο αποστολέας πρέπει να στείλει περισσότερα πακέτα δεδομένων σε έναν κύκλο. Ο μέγιστος αριθμός πακέτων υπολογίζεται ως:

$$\text{Απαιτουμενα Δεδομενα ανα Κυκλο} = 5 \text{ Mbps} \times 0.2 \text{ sec} = 1,000,000 \text{ bits}$$

Κάθε πακέτο περιέχει 1250 bytes (10,000 bits). Ο απαιτούμενος αριθμός πακέτων είναι:

$$\text{Απαιτουμενα Πακετα} = 1,000,000 / 10,000 = 100$$

Τελική Απάντηση

1. **Ποσοστό Απασχόλησης:** 1%
2. **Ρυθμο-Απόδοση:** 0.5 Mbps
3. **Αλλαγή στο πρωτόκολλο:** Το πρωτόκολλο πρέπει να επιτρέπει την αποστολή έως και **100 πακέτων** σε έναν κύκλο, αντί για 10.

Θέμα 4ο (2)

Θεωρήστε ένα αρχείο των 15 Gbits. Ο εξυπηρετητής έχει ρυθμό ανεβάσματος (upload) 30 Mbps και κάθε ομότιμος έχει ρυθμό κατεβάσματος (download) 2 Mbps. Συμπληρώστε τους ελάχιστους χρόνους διανομής του αρχείου για κάθε συνδυασμό πλήθους ομότιμων στον παρακάτω πίνακα. Στους υπολογισμούς υποθέστε ότι 1 Gbit = 1000 Mbits. Για ποιες τιμές του πλήθους ομότιμων η αρχιτεκτονική P2P υπερέρχει της client-server;

Πλήθος ομότιμων Αρχιτεκτονική P2P Αρχιτεκτονική client-server

10

100

1000

Λύση

Επεξήγηση των αρχιτεκτονικών:

1. **Client-Server:** Ο εξυπηρετητής ανεβάζει το αρχείο στους ομότιμους με ρυθμό 30 Mbps.
2. **P2P (Peer-to-Peer):** Ο εξυπηρετητής ανεβάζει το αρχείο και οι ομότιμοι βοηθούν στη διανομή. Ο συνολικός ρυθμός διανομής εξαρτάται από τον ρυθμό ανεβάσματος του εξυπηρετητή και των ομότιμων.

Ελάχιστος Χρόνος στην Αρχιτεκτονική Client-Server

Στην αρχιτεκτονική client-server, ο χρόνος διανομής εξαρτάται μόνο από τον ρυθμό ανεβάσματος του εξυπηρετητή:

$T_{client-server} = \text{Μεγεθος Αρχείου} / \text{Ρυθμος Ανεβασματος Εξυπηρετητη}$

$T_{client-server} = 15,000 \text{ Mbits} / 30 \text{ Mbps} = 500 \text{ sec}$

Αυτός ο χρόνος είναι σταθερός, ανεξάρτητα από το πλήθος των ομότιμων.

Ελάχιστος Χρόνος στην Αρχιτεκτονική P2P

Στην P2P αρχιτεκτονική, ο συνολικός ρυθμός διανομής προκύπτει από:

1. Τον ρυθμό ανεβάσματος του εξυπηρετητή: 30 Mbps
2. Τον συνολικό ρυθμό ανεβάσματος των ομότιμων: $n \times 300 \text{ kbps} = n \times 0.3 \text{ Mbps}$

Ο συνολικός ρυθμός είναι:

$\text{Συνολικος Ρυθμος} = 30 + n \times 0.3 \text{ Mbps}$

Ο ελάχιστος χρόνος διανομής είναι:

$TP2P = \text{Μεγεθος Αρχείου} / \text{Συνολικος Ρυθμος}$

Υπολογισμός για κάθε περίπτωση:

1. **Για $n=10$ $n = 10$:**

$\text{Συνολικος Ρυθμος} = 30 + 10 \times 0.3 = 33 \text{ Mbps}$

2. **Για $n=100$ $n = 100$:**

$\text{Συνολικος Ρυθμος} = 30 + 100 \times 0.3 = 60 \text{ Mbps}$

3. **Για $n=1000$ $n = 1000$:**

$\text{Συνολικος Ρυθμος} = 30 + 1000 \times 0.3 = 330 \text{ Mbps}$

Συμπλήρωση Πίνακα

Πλήθος ομότιμων Αρχιτεκτονική P2P (sec) Αρχιτεκτονική client-server (sec)

10	454.55	500
100	250	500
1000	45.45	500

Πότε υπερέχει η P2P αρχιτεκτονική;

Η P2P αρχιτεκτονική υπερέχει της client-server όταν ο χρόνος διανομής της είναι μικρότερος, δηλαδή όταν:

Από τον πίνακα προκύπτει ότι η P2P αρχιτεκτονική υπερέρχει για $n \geq 10$

Θέμα 1ο

Είστε διαχειριστής δικτύου εταιρείας που της εκχωρείται το δίκτυο 129.30.0.0.

1. Ποια η κλάση του δικτύου;
2. Ποια η default subnet mask του δικτύου;
3. Πόσες και ποιες οι διευθύνσεις που δεσμεύει;
4. Ποια η διεύθυνση του δικτύου και πόσα τα bits που δεσμεύει;
5. Ποιες οι διευθύνσεις εκπομπής των hosts;

Σύμφωνα με τις νέες απαιτήσεις, το παραπάνω δίκτυο θα πρέπει να διαιρεθεί σε 6 υποδίκτυα ως εξής:

- 2 υποδίκτυα με το 1/4 των διευθύνσεων του αρχικού δικτύου το καθένα.
 - 4 υποδίκτυα με το 1/8 των διευθύνσεων του αρχικού δικτύου το καθένα.
6. Ποια είναι τα δίκτυα που προκύπτουν και ποια είναι αυτά;
 7. Πόσες και ποιες οι διευθύνσεις εκπομπής κάθε υποδικτύου;
 8. Ποιες οι διευθύνσεις των hosts για κάθε ένα από τα νέα υποδίκτυα;

Λύση

Ερώτηση 1: Κλάση του δικτύου

Η διεύθυνση 129.30.0.0129.30.0.0 ανήκει στην **Κλάση B** καθώς βρίσκεται στο εύρος 128.0.0.0128.0.0.0 έως 191.255.255.255191.255.255.255.

Ερώτηση 2: Default subnet mask

Η προεπιλεγμένη μάσκα υποδικτύου για διευθύνσεις Κλάσης B είναι:

Default Subnet Mask=255.255.0.0 ή /16

Ερώτηση 3: Δεσμευμένες διευθύνσεις

Με την προεπιλεγμένη μάσκα /16/16, το δίκτυο περιλαμβάνει:

Συνολικές διευθύνσεις= $2^{16}=65,536$ διευθύνσεις

Οι διευθύνσεις που δεσμεύονται είναι:

1. Η **διεύθυνση δικτύου** 129.30.0.0129.30.0.0.
2. Η **διεύθυνση εκπομπής** 129.30.255.255129.30.255.255.

Διαθέσιμες διευθύνσεις για hosts:

$65,536 - 2 = 65,534$ διευθύνσεις. $65,536 - 2 = 65,534$

Ερώτηση 4: Διεύθυνση δικτύου και δεσμευμένα bits

- Η διεύθυνση του δικτύου είναι 129.30.0.0/16.
- Τα πρώτα 16 bits είναι δεσμευμένα για τη δικτυακή ταυτότητα λόγω του /16/16.

Ερώτηση 5: Διευθύνσεις εκπομπής των hosts

Η διεύθυνση εκπομπής για το δίκτυο είναι:

Broadcast Address=129.30.255.255.

Ερώτηση 6: Διαίρεση σε 6 υποδίκτυα

Για να διαιρεθεί το δίκτυο σε 6 υποδίκτυα:

1. **2 υποδίκτυα με το 1/4 των διευθύνσεων το καθένα:**
 - Κάθε υποδίκτυο περιλαμβάνει: $65,536 \div 4 = 16,384$ διευθύνσεις
 - Νέα μάσκα: $\log_2(16,384) = 14$ bits (ή /18)
2. **4 υποδίκτυα με το 1/8 των διευθύνσεων το καθένα:**
 - Κάθε υποδίκτυο περιλαμβάνει: $65,536 \div 8 = 8,192$ διευθύνσεις.
 - Νέα μάσκα: $\log_2(8,192) = 13$ bits (ή /19)

Υπολογισμός διευθύνσεων για τα υποδίκτυα

1. **Υποδίκτυα με /18:**
 - Διεύθυνση 1ου υποδικτύου: 129.30.0.0 έως 129.30.63.255
 - Διεύθυνση 2ου υποδικτύου: 129.30.64.0 έως 129.30.127.255
2. **Υποδίκτυα με /19:**
 - Διεύθυνση 1ου υποδικτύου: 129.30.128.0 έως 129.30.159.255
 - Διεύθυνση 2ου υποδικτύου: 129.30.160.0 έως 129.30.191.255
 - Διεύθυνση 3ου υποδικτύου: 129.30.192.0 έως 129.30.223.255
 - Διεύθυνση 4ου υποδικτύου: 129.30.224.0 έως 129.30.255.255

Ερώτηση 7: Διευθύνσεις εκπομπής κάθε υποδικτύου

Οι διευθύνσεις εκπομπής είναι οι τελευταίες διευθύνσεις κάθε υποδικτύου:

- Για /18/18: 129.30.63.255 και 129.30.127.255
- Για /19/19: 129.30.159.255, 129.30.191.255, 129.30.223.255, 129.30.255.255

Ερώτηση 8: Διευθύνσεις hosts

Για κάθε υποδίκτυο, οι διευθύνσεις hosts είναι από τη διεύθυνση δικτύου +1 έως τη διεύθυνση εκπομπής -1.

Παράδειγμα για το πρώτο υποδίκτυο /18:

Hosts=129.30.0.1 έως 129.30.63.254

Θέμα 4ο

Σας δίνεται το ακόλουθο σχεδιάγραμμα με τα μεγέθη του παραθύρου αποστολής δεδομένων μιας σύνδεσης TCP Tahoe μεταξύ δύο υπολογιστών που διασυνδέονται μέσω μιας ζεύξης με $RTT=10$ msec και χωρητικότητα 9.6 Mbps. Το μέγεθος του TCP segment είναι 1000 bytes αγνοούνται οι επικεφαλίδες των χαμηλότερων στρωμάτων. Επίσης υποθέτουμε ότι ο αποστολέας έχει πάντα δεδομένα προς αποστολή.

1. Γιατί το παράθυρο παραμένει σταθερό τα χρονικά διαστήματα (RTTs) 6-8, 13-16 και 23-26;

Λύση

Ανάλυση του TCP Tahoe

Το TCP Tahoe λειτουργεί με βάση τα εξής στάδια:

1. **Αργή Εκκίνηση (Slow Start):**

- ο Το παράθυρο $cwnd$ διπλασιάζεται κάθε RTT μέχρι να φτάσει το $ssthresh$

2. **Αποφυγή Συμφόρησης (Congestion Avoidance):**

- ο Όταν $cwnd \geq ssthresh$ το $cwnd$ αυξάνεται γραμμικά.

3. **Απώλεια Πακέτων:**

- ο Σε περίπτωση απώλειας, το $ssthresh$ μειώνεται στο μισό του τρέχοντος και το $cwnd$ επανέρχεται σε 1 MSS

Ερμηνεία Σταθερού Παραθύρου

Στα χρονικά διαστήματα (RTTs) 6-8, 13-16 και 23-26, παρατηρούμε ότι το μέγεθος του παραθύρου παραμένει σταθερό. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από τα παρακάτω:

1. **Περιορισμός από τη χωρητικότητα της ζεύξης:**

- ο Η ζεύξη έχει χωρητικότητα 9.6 Mbps
- ο Ο αποστολέας δεν μπορεί να αυξήσει το μέγεθος του παραθύρου πάνω από τον ρυθμό που υποστηρίζει η ζεύξη, καθώς αυτό θα οδηγούσε σε απώλειες.

2. **Περιορισμός από το $ssthresh$:**

- ο Κατά τη διάρκεια της αργής εκκίνησης ή μετά από απώλεια πακέτων, το $cwnd$ φτάνει το $ssthresh$ και σταματά να αυξάνεται εκθετικά.
- ο Το $ssthresh$ καθορίζει το μέγιστο μέγεθος του παραθύρου σε εκείνο το σημείο.

3. **Επιβεβαιώσεις (ACKs):**

- ο Κατά τη διάρκεια αυτών των χρονικών διαστημάτων, ο ρυθμός λήψης των ACKs και ο ρυθμός αποστολής δεδομένων είναι σταθεροί, διατηρώντας το cwn σταθερό.

4. **Περιορισμός από το RTT:**

- ο Εφόσον το RTT παραμένει σταθερό, οι επιβεβαιώσεις (ACKs) καταφθάνουν με σταθερό ρυθμό, διατηρώντας το μέγεθος του παραθύρου σταθερό.

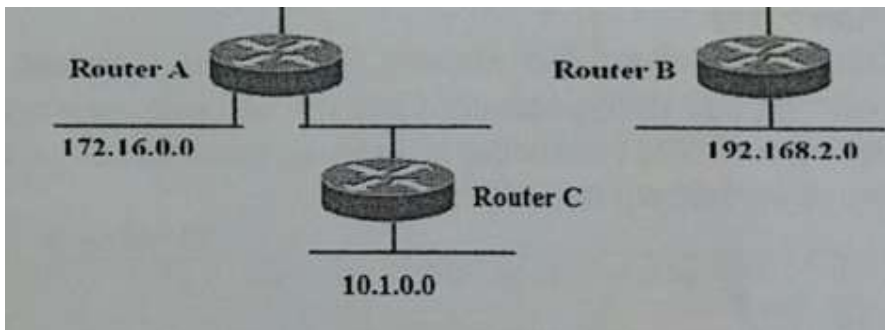
Συμπέρασμα

Το παράθυρο παραμένει σταθερό στα χρονικά διαστήματα (RTTs) 6-8, 13-16 και 23-26 λόγω του περιορισμού από τη χωρητικότητα της ζεύξης, του ssthresh και της σταθερής ροής επιβεβαιώσεων (ACKs). Αυτοί οι παράγοντες αποτρέπουν την περαιτέρω αύξηση του cwnd, διατηρώντας το σταθερό.

Θέμα 5ο

Στο ακόλουθο δίκτυο οι δρομολογητές χρησιμοποιούν πρωτόκολλο RIP.

1. Τι πληροφορία στέλνει ο κάθε δρομολογητής στους άλλους κατά την πρώτη ενημέρωση-διαφήμιση του πρωτοκόλλου;
2. Πώς διαμορφώνονται οι πίνακες δρομολόγησης σε κάθε δρομολογητή μετά την ολοκλήρωση της πρώτης ενημέρωσης-διαφήμισης; Είναι πλήρεις οι πίνακες δρομολόγησης σε όλους τους δρομολογητές;
3. Τι πληροφορία στέλνει ο κάθε δρομολογητής στους άλλους κατά την δεύτερη ενημέρωση-διαφήμιση του πρωτοκόλλου;
4. Πώς διαμορφώνονται οι πίνακες δρομολόγησης σε κάθε δρομολογητή μετά την ολοκλήρωση της δεύτερης ενημέρωσης-διαφήμισης; Είναι πλήρεις οι πίνακες δρομολόγησης σε όλους τους δρομολογητές;
5. Η διάμετρος του δικτύου ορίζεται ως το μέγιστο μονοπάτι από το ελάχιστο μονοπάτι μεταξύ ζευγών δρομολογητών του δικτύου. Στο συγκεκριμένο δίκτυο είναι 2. Μπορείτε να γενικεύσετε για το πλήθος των ενημερώσεων-διαφημίσεων που πρέπει να μεταδοθούν προκειμένου όλοι οι δρομολογητές να έχουν πλήρεις πίνακες δρομολόγησης σε δίκτυο που τρέχει πρωτόκολλο RIP;



Λύση

Το RIP (Routing Information Protocol) λειτουργεί με τη μέθοδο διανύσματος αποστάσεων και βασίζεται στην περιοδική ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ δρομολογητών. Οι διαφημίσεις ενημερώνουν για τα διαθέσιμα δίκτυα και το πλήθος των hops (αλμάτων) για την πρόσβαση σε αυτά.

Ερώτηση 1: Πληροφορίες κατά την πρώτη ενημέρωση

Στην πρώτη ενημέρωση:

- Ο κάθε δρομολογητής στέλνει πληροφορίες για τα δίκτυα που είναι τοπικά συνδεδεμένα σε αυτόν με απόσταση 00 hops.
 - Για το παραπάνω δίκτυο:
 - **Router A** στέλνει: 172.16.0.0/16 με απόσταση 0.
 - **Router B** στέλνει: 192.168.2.0/24 με απόσταση 0.
 - **Router C** στέλνει: 10.1.0.0/16 με απόσταση 0.
-

Ερώτηση 2: Πίνακες δρομολόγησης μετά την πρώτη ενημέρωση

Μετά την πρώτη ενημέρωση:

- Κάθε δρομολογητής ενημερώνεται για τα δίκτυα που διαφημίστηκαν από τους γειτονικούς του δρομολογητές, με απόσταση 11 hop.
- **Router A:**
 - 172.16.0.0/16: Απόσταση 0.
 - 10.1.0.0/16: Απόσταση 1 μέσω του Router C.
- **Router B:**
 - 192.168.2.0/24: Απόσταση 0.
 - 10.1.0.0/16: Απόσταση 1 μέσω του Router C.
- **Router C:**
 - 10.1.0.0/16: Απόσταση 0.
 - 172.16.0.0/16: Απόσταση 1 μέσω του Router A.
 - 192.168.2.0/24: Απόσταση 1 μέσω του Router B.

Οι πίνακες δεν είναι πλήρεις ακόμα, καθώς οι δρομολογητές δεν έχουν μάθει όλα τα μονοπάτια.

Ερώτηση 3: Πληροφορίες κατά τη δεύτερη ενημέρωση

Στη δεύτερη ενημέρωση:

- Κάθε δρομολογητής διαφημίζει όλα τα γνωστά δίκτυα με τις αντίστοιχες αποστάσεις.
 - Για παράδειγμα:
 - **Router A** διαφημίζει:
 - 172.16.0.0/16: Απόσταση 0.
 - 10.1.0.0/16: Απόσταση 1.
-

Ερώτηση 4: Πίνακες δρομολόγησης μετά τη δεύτερη ενημέρωση

Μετά τη δεύτερη ενημέρωση, οι πίνακες γίνονται πλήρεις:

- **Router A:**
 - 172.16.0.0/16: Απόσταση 0.
 - 10.1.0.0/16: Απόσταση 1.
 - 192.168.2.0/24: Απόσταση 2 μέσω του Router C.
- **Router B:**
 - 192.168.2.0/24: Απόσταση 0.
 - 10.1.0.0/16: Απόσταση 1.
 - 172.16.0.0/16: Απόσταση 2 μέσω του Router C.

- **Router C:**
 - 10.1.0.0/16: Απόσταση 0.
 - 172.16.0.0/16: Απόσταση 1.
 - 192.168.2.0/24: Απόσταση 1.
-

Ερώτηση 5: Γενίκευση για τη διάμετρο

Η διάμετρος του δικτύου είναι το μέγιστο μονοπάτι από το ελάχιστο μονοπάτι μεταξύ ζευγών δρομολογητών.

Για να ολοκληρωθούν οι πίνακες:

- Απαιτούνται τόσες ενημερώσεις όσες και η διάμετρος του δικτύου (D), δηλαδή $D + 1$ γύροι ενημερώσεων.

Για το συγκεκριμένο δίκτυο ($D = 2$):

- Απαιτούνται $2+1=3$ γύροι ενημερώσεων για πλήρεις πίνακες.
-

Συμπέρασμα

1. Οι δρομολογητές στέλνουν πληροφορίες για τα τοπικά δίκτυα κατά την πρώτη ενημέρωση.
2. Οι πίνακες δρομολόγησης ενημερώνονται σταδιακά και γίνονται πλήρεις μετά από 2-3 γύρους.
3. Η διάμετρος του δικτύου καθορίζει τον αριθμό γύρων για την ολοκλήρωση της ενημέρωσης.

Θέμα 3ο

Στους ακόλουθους δύο πίνακες δίνονται τα Wireshark SMTP traces και το Command Line Interface (CLI) transcript που καταγράφηκαν κατά την διάρκεια αποστολής ηλεκτρονικής αλληλογραφίας μέσω CLI. Απαντήστε τεκμηριωμένα στις ακόλουθες ερωτήσεις, υποδεικνύοντας όπου είναι απαραίτητο σε ποια γραμμή του αντίστοιχου πίνακα εντοπίζεται την απάντηση.

1. Ποια εντολή υποβάλλει τον αποστολέα, ποια τον παραλήπτη της ηλεκτρονικής αλληλογραφίας και ποιο είναι το περιεχόμενο της ηλεκτρονικής αλληλογραφίας;
 2. Ποια είναι τα περιεχόμενα της ηλεκτρονικής αλληλογραφίας και ποιες εντολές οριοθετούν το περιεχόμενό της;
 3. Έφτασε τελικά η ηλεκτρονική αλληλογραφία;
 4. Ποια πλατφόρμα και ποια έκδοση του SMTP χρησιμοποιεί ο εξυπηρετητής ηλεκτρονικής αλληλογραφίας του unipi.gr;
-

Λύση

Ερώτηση 1: Υποβολή αποστολέα, παραλήπτη και περιεχόμενο

- **Αποστολέας:** Καθορίζεται με την εντολή MAIL FROM στη γραμμή 4. Ο αποστολέας είναι:
- gykyriazi@unipi.gr

- **Παραλήπτης:** Καθορίζεται με την εντολή RCPT TO στη γραμμή 6. Ο παραλήπτης είναι:
 - exam@unipi.gr
 - **Περιεχόμενο:** Καθορίζεται με την εντολή DATA που ξεκινά στη γραμμή 8 και ολοκληρώνεται με την εισαγωγή της τελείας (.) στη γραμμή 11. Το περιεχόμενο είναι:
 - Test for September's exams
-

Ερώτηση 2: Περιεχόμενα και οριοθέτηση

- **Περιεχόμενα ηλεκτρονικής αλληλογραφίας:**
 - Test for September's exams
 - **Εντολές οριοθέτησης:**
 - Η εντολή DATA στη γραμμή 8 ξεκινά την εισαγωγή του περιεχομένου.
 - Η τελεία (.) στη γραμμή 11 τερματίζει το περιεχόμενο.
-

Ερώτηση 3: Έφτασε η ηλεκτρονική αλληλογραφία;

- Η επιβεβαίωση της παράδοσης φαίνεται στη γραμμή 12 με την απάντηση:
- 250 Message accepted for delivery

Αυτό σημαίνει ότι η αλληλογραφία παραδόθηκε επιτυχώς.

Ερώτηση 4: Πλατφόρμα και έκδοση SMTP

- Από τη γραμμή 1:
- 220 ermis.unipi.gr ESMTP Sendmail 8.15.1/8.15.1; Sun, 11 Sep 2016 00:52:35 +0300 (EEST)

Ο εξυπηρετητής ηλεκτρονικής αλληλογραφίας είναι ο ermis.unipi.gr, που χρησιμοποιεί την πλατφόρμα **Sendmail** με έκδοση **8.15.1**.

Συμπέρασμα

1. **Αποστολέας:** gykyriazi@unipi.gr
2. **Παραλήπτης:** exam@unipi.gr
3. **Περιεχόμενο:** "Test for September's exams"
4. **Παράδοση:** Επιτυχής
5. **Πλατφόρμα SMTP:** Sendmail 8.15.1

Θέμα 2ο

1. Κατασκευάστε το αντίστοιχο πρόγραμμα σε Python που τρέχει στον υπολογιστή εξυπηρετητή λαμβάνοντας υπόψη τις παρακάτω απαιτήσεις:
 - α. Να εμφανίζεται το μήνυμα στον εξυπηρετητή "Server is ready for connections" όταν είναι έτοιμος για αποδοχή εισερχόμενης αίτησης.
 - β. Ο εξυπηρετητής να δέχεται έως 10 ταυτόχρονες συνδέσεις.

- c. Ο εξυπηρετητής να στέλνει το μήνυμα "Client connected" αμέσως μετά την επιτυχή σύνδεση.
 - d. Ο εξυπηρετητής να εμφανίζει την IP διεύθυνση και την πόρτα του συνδεδεμένου client.
 - e. Ο εξυπηρετητής να λαμβάνει και να τυπώνει την πληροφορία που του στέλνεται.
2. Κατά την εκτέλεση του πελάτη δεσμεύεται τοπικά η πόρτα 1358. Δείξτε την έξοδο (output) των δύο προγραμμάτων πελάτη και εξυπηρετητή. Ποια είναι η τετράδα που διασφαλίζει τη μοναδικότητα της επικοινωνίας μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή;

```
1 from socket import *
2 s = socket(AF_INET, SOCK_STREAM)
3 h = '127.0.0.1'
4 p = 12000
5 s.connect((h, p))
6 print('Client connected')
7 s.send('Python Socket Programming')
8 s.close()
```

Λύση

1. Κατασκευή του Προγράμματος Εξυπηρετητή

Το πρόγραμμα εξυπηρετητή ικανοποιεί τις απαιτήσεις:

```
import socket
```

```
# Δημιουργία socket
```

```
server_socket = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
```

```
server_socket.bind(("127.0.0.1", 12000)) # Διεύθυνση IP και πόρτα
```

```
server_socket.listen(10) # Μέγιστος αριθμός ταυτόχρονων συνδέσεων
```

```
print("Server is ready for connections")
```

```
while True:
```

```
    client_socket, client_address = server_socket.accept()
```

```
    print(f"Client connected from {client_address}")
```

```
    client_socket.sendall(b"Client connected") # Αποστολή μηνύματος στον πελάτη
```

```
    # Λήψη δεδομένων από τον πελάτη
```

```
    data = client_socket.recv(1024).decode()
```

```
print(f"Received from client: {data}")
```

```
client_socket.close() # Κλείσιμο σύνδεσης με τον πελάτη
```

2. Ανάλυση της Επικοινωνίας

1. Εκτέλεση Πελάτη:

Το πρόγραμμα πελάτη στέλνει δεδομένα στον εξυπηρετητή και λαμβάνει απάντηση.

```
import socket
```

```
client_socket = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
```

```
client_socket.connect(("127.0.0.1", 12000)) # Σύνδεση με τον εξυπηρετητή
```

```
client_socket.sendall(b"Hello Server") # Αποστολή μηνύματος στον εξυπηρετητή
```

```
response = client_socket.recv(1024).decode() # Λήψη απάντησης
```

```
print(f"Received from server: {response}")
```

```
client_socket.close() # Κλείσιμο σύνδεσης
```

2. Έξοδος (Output):

- **Εξυπηρετητής:**

- Server is ready for connections
- Client connected from ('127.0.0.1', 1358)
- Received from client: Hello Server

- **Πελάτης:**

- Received from server: Client connected
-

3. Τετράδα που Διασφαλίζει τη Μοναδικότητα της Επικοινωνίας

Η μοναδικότητα της επικοινωνίας διασφαλίζεται από την εξής τετράδα:

(IP διεύθυνση εξυπηρετητη,Πορτα εξυπηρετητη,IP διεύθυνση πελατη,Πορτα πελατη)

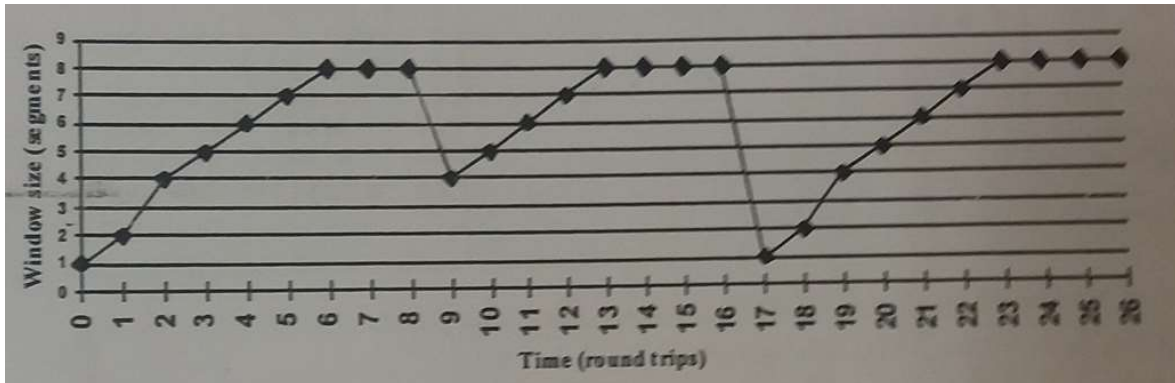
Για την παραπάνω περίπτωση:

(127.0.0.1,12000,127.0.0.1,1358)

Αυτή η τετράδα διασφαλίζει ότι κάθε σύνδεση είναι μοναδική, ακόμα και αν πολλαπλοί πελάτες συνδέονται στον ίδιο εξυπηρετητή.

Σας δίνεται το ακόλουθο σχεδιάγραμμα με τα μεγέθη του παραθύρου ελέγχου ροής μιας σύνδεσης TCP μεταξύ δύο υπολογιστών που διασυνδέονται μέσω μιας ασύρματης ζεύξης με $RTT=9.6\text{ msec}$ και χωρητικότητα 10 Mbps

1. Ποια είναι η τιμή του παραθύρου που έχει διαφημίσει ο παραλήπτης TCP; Δικαιολογείστε.
2. Περιγράψτε τι συνέβη στις χρονικές στιγμές 8 και 16.
3. Αν το μέγεθος TCP segment είναι 1500 bytes και αγνοώντας τις επιπλέον επικεφαλίδες των χαμηλότερων στρωμάτων, προσδιορίστε το ποσοστό του χρόνου κατά τον οποίο η χωρητικότητα της ασύρματης ζεύξης δεν υποχρησιμοποιείται στον εν λόγω παράδειγμα. Υποθέστε ότι ο αποστολέας έχει πάντα δεδομένα προς αποστολή.



Λύση

Ερώτηση 1: Τιμή παραθύρου που διαφημίζει ο παραλήπτης

Η τιμή του παραθύρου ελέγχου ροής (rwnd) που διαφημίζει ο παραλήπτης φαίνεται από τη μέγιστη τιμή του παραθύρου (cwnd) στο διάγραμμα.

- Στη σταθερή φάση, το cwnd φτάνει έως 8 segments
- Αν κάθε segment είναι 1500 bytes :

$$rwnd = 8 \times 1500 = 12,000\text{ bytes}$$

Άρα, το rwnd που διαφημίζει ο παραλήπτης είναι $12,000\text{ bytes}$

Ερώτηση 2: Περιγραφή γεγονότων στις χρονικές στιγμές 8 και 16

- **Χρονική στιγμή 8:**
Το παράθυρο cwnd αρχίζει να μειώνεται απότομα. Αυτό υποδηλώνει απώλεια πακέτου ή εκδήλωση συμφόρησης στο δίκτυο. Το TCP μειώνει το cwnd σε 1 segment και επανεκκινεί τη διαδικασία αργής εκκίνησης (slow start).
- **Χρονική στιγμή 16:**
Η διαδικασία αργής εκκίνησης ολοκληρώνεται και το cwnd αυξάνεται γραμμικά λόγω της φάσης αποφυγής συμφόρησης (congestion avoidance). Αυτό σημαίνει ότι ο αποστολέας έχει προσαρμοστεί στις συνθήκες του δικτύου.

Ερώτηση 3: Υποχρησιμοποίηση της ζεύξης

1. **Μέγιστος Ρυθμός Μετάδοσης (Throughput):**
Ο μέγιστος ρυθμός που μπορεί να επιτευχθεί είναι:

$\text{Throughput}_{\max} = \text{cwnd} \times \text{MSS} / \text{RTT}$

Όταν $\text{cwnd} = 8$ segments:

$\text{Throughput}_{\max} = 8 \times 1500 \times 8 \times 10^{-3} = 10 \text{ Mbps}$

Χρήση Χωρητικότητας:

Στα χρονικά διαστήματα όπου το cwnd είναι μικρότερο από 8 segments, η ζεύξη δεν χρησιμοποιείται πλήρως.

2. Υπολογισμός Χρόνου Υποχρησιμοποίησης:

Από το διάγραμμα:

- ο Υποχρησιμοποίηση εμφανίζεται στις φάσεις της αργής εκκίνησης.
- ο Συνολικός χρόνος υποχρησιμοποίησης είναι περίπου 4 RTTs

3. Ποσοστό Χωρητικότητας:

$\text{Ποσοστό Υποχρησιμοποίησης} = \frac{\text{Χρόνος Υποχρησιμοποίησης}}{\text{Συνολικός Χρόνος}} \times 100$

Αν ο συνολικός χρόνος είναι 20 RTTs

$\text{Ποσοστό Υποχρησιμοποίησης} = \frac{4}{20} \times 100 = 20\%$.

Συμπέρασμα

1. Η τιμή του rwnd που διαφημίζει ο παραλήπτης είναι 12,000 bytes
2. Στιγμή 8: Απώλεια πακέτου και αργή εκκίνηση. Στιγμή 16: Γραμμική αύξηση λόγω αποφυγής συμφόρησης.
3. Το 20% του χρόνου η ζεύξη υποχρησιμοποιείται

Θέμα

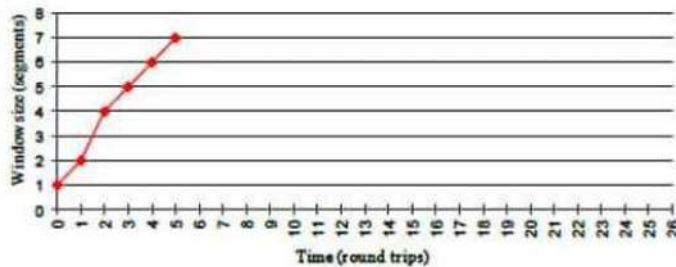
Οι εξυπηρετητές ονομάτων εξυπηρετούν τις αναζητήσεις DNS μέσω της πόρτας 53.

1. **Απάντηση:** Σωστό
2. **Αιτιολόγηση:** Το πρωτόκολλο DNS χρησιμοποιεί την πόρτα 53 τόσο για αιτήσεις UDP όσο και TCP.
4. **Τα TCP και UDP χρησιμοποιούνται ως πρωτόκολλα μεταφοράς στα FTP και SMTP.**
 1. **Απάντηση:** Λάθος
 2. **Αιτιολόγηση:** Το FTP χρησιμοποιεί αποκλειστικά TCP λόγω της αξιοπιστίας που απαιτείται. Το SMTP χρησιμοποιεί επίσης TCP για να διασφαλίσει την παράδοση των μηνυμάτων.
5. **Η αναδρομική ερώτηση συνήθως επιφέρει το λιγότερο φορτίο σε έναν εξυπηρετητή.**
 1. **Απάντηση:** Λάθος
 2. **Αιτιολόγηση:** Η αναδρομική ερώτηση απαιτεί από τον εξυπηρετητή να εκτελέσει πρόσθετη εργασία για να ανακτήσει την απάντηση από άλλους DNS servers.
6. **Στο πρωτόκολλο FTP η μεταφορά των αρχείων και η μεταφορά των εντολών ελέγχου γίνονται στην ίδια σύνδεση.**
 1. **Απάντηση:** Λάθος
 2. **Αιτιολόγηση:** Στο FTP, οι εντολές ελέγχου και τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω δύο ξεχωριστών συνδέσεων TCP (control και data connection).
7. **Χρησιμοποιούμε μη επίμονη σύνδεση (non-persistent) HTTP για αποστολή πολλαπλών αντικειμένων μέσω μίας TCP σύνδεσης μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή.**
 1. **Απάντηση:** Λάθος

2. **Αιτιολόγηση:** Η μη επίμονη σύνδεση (non-persistent HTTP) ανοίγει νέα TCP σύνδεση για κάθε αντικείμενο. Αντίθετα, η επίμονη σύνδεση (persistent HTTP) επιτρέπει την αποστολή πολλαπλών αντικειμένων μέσω μίας σύνδεσης.
8. **Μία DNS αναζήτηση τύπου cname μας επιστρέφει το πραγματικό όνομα ενός host.**
 1. **Απάντηση:** Σωστό
 2. **Αιτιολόγηση:** Ένα cname (canonical name) record επιστρέφει το πραγματικό όνομα ενός host, ανακατευθύνοντας τη DNS ερώτηση στο αντίστοιχο όνομα.

Θέμα 2^ο – Στρώμα Μεταφοράς

Σας δίνεται το ακόλουθο σχεδιάγραμμα με τα μεγέθη του παραθύρου αποστολής μια σύνδεσης TCP μεταξύ δύο υπολογιστών. Το TCP segment είναι 1000 bytes, ο χρόνος RTT είναι 10msec, ο παραλήπτης TCP διαφημίζει τιμή παραθύρου 20 TCP segments και ο αποστολέας έχει πάντα δεδομένα προς αποστολή.



1. Σχεδιάστε σε ένα νέο σχήμα το παράθυρο συμφόρησης μέχρι το 26^ο RTT, αν αμέσως μετά το 8^ο RTT λαμβάνεται 3^ο κατά σειρά αντίγραφο επιβεβαίωσης (duplicate ACK) και αμέσως μετά το 18^ο RTT συμβαίνει λήξη χρονομετρητή (timeout timer).
2. Ποια είναι η μέγιστη στιγμιαία τιμή διέλευσης και ποια η ελάχιστη στιγμιαία τιμή διέλευσης που επιτυγχάνονται στην σύνδεση TCP έως το 26^ο RTT.
3. Πόσα δεδομένα στέλνονται από τον αποστολέα μέχρι πριν την πρώτη επαναμετάδοση πακέτου;
4. Ποια η μέση διέλευση που επιτυγχάνεται κατά το ίδιο χρονικό αυτό διάστημα;

Απο τα 2 RTT και μετά ξεκινά η γραμμική αύξηση και στα 8 RTT θα έχει τιμή παραθύρου 10 πακέτα με τα 3 διπλότυπα ACK θα μειώσει το μέγεθος του παραθύρου στο μισό με τιμή $10/2 = 5$ και θα ξεκινήσει γραμμική αύξηση στα 9 RTT μέχρι τα 18 RTT. Στα 18 RTT το μέγεθος του παραθύρου θα γίνει 14 και με την λήξη χρόνου μετά τα 18 RTT θα έχει ως αποτέλεσμα το παράθυρο να λάβει την τιμή 1. Απο τα 19 RTT μέχρι τα 22 RTT θα κάνει εκθετική αύξηση για να λάβει την μισή τιμή του 14 δηλαδή το κατώφλι $14/2 = 7$. Απο τα 22 RTT μέχρι τα 26 θα έχω γραμμική αύξηση με 1 MSS ανα 1 RTT και το μέγεθος παραθύρου θα γίνει 11 MSS την στιγμή των 26 RTT, οπότε το σχήμα είναι

Διόρθωση: Στα 20 RTT το μέγεθος παραθύρου είναι 2 και στα 21 RTT είναι 4 επίσης το σχήμα είναι TCP Reno γιατί στο Tahoe δεν έχει διαφορά η λήξη χρόνου με την λήψη 3 διπλότυπων ACK 2) Μέγιστη = $14 * (8000/0.01) = 11200000$ bps και Ελάχιστη = $(8000/0.01) = 800000$ bps 3) Από τα 0 μέχρι τα 8 RTT θα έχει μεταδώσει $1 + 2 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 = 52$ πακέτα 4) Μέση διέλευση = $52/8 * (8000/0.01) = 5200000$ bps = 5,2 Mbps μέχρι πριν το 9ο RTT

Θέμα 3^ο – Στρώμα Διαδικτύου

A. Έστω IP datagram συνολικού μεγέθους 2000bytes και identifier 343 που πρέπει να διέλθει ζεύξης με Maximum Transfer Unit (MTU)=580bytes.

1. Πόσα τεμάχια IP datagrams θα δημιουργηθούν;
2. Για κάθε τεμάχιο IP δείξτε τα σχετικά πεδία.

Τεμάχιο	συνολικό μέγεθος (bytes)	offset	fragflag	identifier
1				

B. Δίνεται η ακόλουθη διεύθυνση προορισμού 195.251.78.155 με μάσκα υποδικτύου την 255.255.255.224. Ζητούνται:

1. Η διεύθυνση του υποδικτύου, το μήκος προθέματος του υποδικτύου (/notation) και πόσα bits χρησιμοποιούνται για τους hosts;
2. Να χωρίσετε το εν λόγω υποδίκτυο σε ακριβώς 4 μικρότερα υποδίκτυα ίδιου μεγέθους και να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα.

Υποδίκτυο	Πλήθος IP διευθύνσεων	Διεύθυνση υποδικτύου (με slash notation)	Πρώτη διεύθυνση IP για hosts	Τελευταία διεύθυνση IP για hosts	Διεύθυνση ευρεσκομής IP
1					
2					
3					
4					

3. Σε ποιο υποδίκτυο ανήκει η διεύθυνση 195.251.78.155;

Κατάτμηση ανασύνθεση

1) Θέλω 20 byte για datagram άρα θα έχω $1980/560 = 3.53 > 3$ δηλαδή 4 ip datagram

2) Έχω 3 πακέτα με 560 bytes το καθένα ξεχωριστά επομένως το τελευταίο πακέτο θα έχει συνολικά = $2000 - 3*560 = 320$ bytes με offset = $560/8 = 70$ και id = 343 με πίνακα

Τεμάχιο	Συνολικό μέγεθος	Offset	Fragflag	Identifier	Μέγεθος δεδομένων
1	580	$70*0 = 0$	1	343	560
2	580	$70*1 = 70$	1	343	560
3	580	$70*2 = 140$	1	343	560
4	320	$70*3 = 210$	0	343	300

B) Υποδικτύωση

195.251.78.155

255.255.255.224 and

Η παραπάνω λογική πράξη θα δώσει την διεύθυνση δικτύου 195.251.78.128

Έχω 28 bits πρόθεμα από την μάσκα υποδικτύου 255.255.255.224 γιατί $3*8 + 3 = 27$ με $2^{(32-27)} - 2 = 2^5 - 2 = 32 - 2 = 30$ διευθύνσεις hosts δηλαδή 5 bits για hosts

2) Για να το χωρίσω σε 4 υποδίκτυα θέλω 2^2 άρα 2 bits θα πρέπει να προστεθούν επιπλέον στο αρχικό μας πρόθεμα δηλαδή $27 + 2 = 29$ bits με αριθμό διεύθυνσεων $2^{(32-29)} = 2^3 = 8$ διεύθυνσεις ανα υποδίκτυο

Θέτω $195.251.78 = X$ και έχω για κάθε υποδίκτυο με πίνακα

Υποδίκτυο	Πλήθος ip διευθύνσεις	Διεύθυνση υποδικτύου	Πρώτη ip host	Τελευταία ip host	Διεύθυνση ip broadcast
1	8	X.128/29	X.129	X.134	X.135
2	8	X.136/29	X.137	X.142	X.143
3	8	X.144/29	X.145	X.150	X.151
4	8	X.152/29	X.153	X.158	X.159

3) Η διεύθυνση ανήκει στο 4ο υποδίκτυο γιατί το 155 είναι ανάμεσα στο 153 έως 158

Ιούνιος 2020 Ομάδα Α

Θέμα 1^ο – Στρώμα Εφαρμογών

A. Εφαρμογή browser «ανοίγει» ένα υπερ-σύνδεσμο URL, με τη σχετική διεύθυνση IP να υπάρχει τοπικά στο cache, και τον web server που έχει την ιστοσελίδα να απέχει χρόνο $RTT=100ms$.

- Υποθέστε ότι η ιστοσελίδα που σχετίζεται με το URL έχει ακριβώς ένα αντικείμενο, αποτελούμενο από μια πολύ μικρή ποσότητα κειμένου HTML και επομένως ο χρόνος μετάδοσης του είναι αμελητέος. Πόσος χρόνος θα μεσολαβήσει από το κλικ μέχρι τη λήψη του αντικειμένου; Δείξτε σε ένα σχήμα τις ανταλλαγές μηνυμάτων browser και web server.
- Υποθέστε ότι η ιστοσελίδα HTML που σχετίζεται με το URL έχει, εκτός από μια πολύ μικρή ποσότητα κειμένου HTML με αμελητέο χρόνο μετάδοσης, αναφορές σε ακριβώς 5 πολύ μικρά αντικείμενα, των οποίων οι χρόνοι μετάδοσής είναι όλοι αμελητέοι και τα οποία βρίσκονται όλα τοπικά στον απομακρυσμένο εξυπηρέτη. Πόσος χρόνος θα μεσολαβήσει από το κλικ μέχρι τη λήψη όλων των αντικειμένων όταν η σύνδεση είναι non-persistent, χωρίς παράλληλες συνδέσεις TCP; Δείξτε σε ένα σχήμα τις ανταλλαγές μηνυμάτων browser και web server.

Α ομάδα

Θέμα 1 (HTTP non Persistent σύνδεση κεφάλαιο 2)

Συνολικός χρόνος = $2*RTT + 2*χρόνος\ αρχείου = 4*RTT = 4*0.1 = 0.4\ sec$

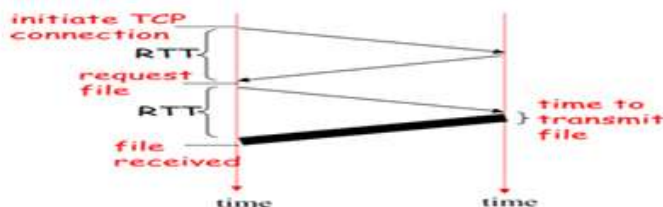
Γνωρίζουμε ότι σε non persistent για ένα αντικείμενο θέλω συνολικά 2 RTT δηλαδή 1 RTT για να στείλει αίτημα σύνδεσης και άλλο 1 RTT για να λάβει το αντικείμενο

Για 5 αντικείμενα θα είναι με non persistent χωρίς παράλληλες συνδέσεις θα είναι

Συνολικός χρόνος = $5*(2*RTT) + 2*RTT + 6*χρόνος\ αρχείου = 10*RTT + 2*RTT$

Συνολικός χρόνος = $12*0.1 = 1.2\ sec$, ο χρόνος αρχείου είναι αμελητέος

Κάθε λήψη αντικειμένου θα έχει 2 RTT και τον χρόνο αρχείου του αντικειμένου με σχήμα



Το παραπάνω σχήμα ισχύει για κάθε αντικείμενο ξεχωριστά ομοίως και για την ιστοσελίδα

Θέμα 3ο

Σας δίνεται η ακόλουθη συμβολοσειρά χαρακτήρων ASCII που καταγράφηκαν με το πρόγραμμα Wireshark, όταν το πρόγραμμα περιήγησης απέστειλε ένα HTTP GET μήνυμα με περιεχόμενο:

GET /alumni/index.php HTTP/1.1

Accept: text/html, application/xhtml+xml, image/jxr, */*

Accept-Language: en-GB,en;q=0.7,el;q=0.3

User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; WOW64; Trident/7.0; rv:11.0) like Gecko

Accept-Encoding: gzip, deflate

Host: www.ds.unipi.gr

Connection: Keep-Alive

Καθώς επίσης και η απάντηση του εξυπηρετητή:

HTTP/1.1 200 OK

Date: Tue, 07 Nov 2016 18:32:38 GMT

Server: Apache

Set-Cookie: PHPSESSID=o9c9oa2jkm68kf7n5099htiu5l; path=/

Expires: Thu, 22 Nov 2016 08:52:00 GMT

Cache-Control: no-store, no-cache, must-revalidate, max-age=100, post-check=0, pre-check=0

Pragma: no-cache

Connection: Keep-Alive

Transfer-Encoding: chunked

Content-Type: text/html; charset=UTF-8

Απαντήστε στις ακόλουθες ερωτήσεις:

1. Ποια είναι συνολική διεύθυνση της ιστοσελίδας που ζητήθηκε από τον περιηγητή;
2. Ποια έκδοση του HTTP τρέχει ο εξυπηρετητής;
3. Μπορείτε να πείτε ποια είναι η διεύθυνση του μηχανήματος που φιλοξενεί τον περιηγητή;
4. Ποιο είναι το περιεχόμενο του cookie που λήφθηκε; Ποια η χρησιμότητα της εμφάνισης του τύπου του περιεχομένου στα HTTP μηνύματα;

Λύση

Ερώτηση 1: Συνολική διεύθυνση ιστοσελίδας

Από το HTTP GET μήνυμα, το path που ζητήθηκε είναι:

/alumni/index.php

Ο host που ζητήθηκε είναι:

www.ds.unipi.gr

Η συνολική διεύθυνση είναι:

Ερώτηση 2: Έκδοση HTTP

Από την απάντηση του εξυπηρετητή:

HTTP/1.1 200 OK

Η έκδοση HTTP που χρησιμοποιείται είναι η **HTTP/1.1**.

Ερώτηση 3: Διεύθυνση του μηχανήματος που φιλοξενεί τον περιηγητή

Η διεύθυνση του περιηγητή (client) δεν εμφανίζεται άμεσα στο HTTP μήνυμα, αλλά μπορεί να ανιχνευθεί από τα headers του Wireshark. Ωστόσο, στο περιβάλλον που δίνεται δεν προσδιορίζεται άμεσα.

Ερώτηση 4: Περιεχόμενο cookie και χρησιμότητα τύπου περιεχομένου

- **Περιεχόμενο cookie:**

Από το Set-Cookie header:

- PHPSESSID=o9c90a2jkm68kf7n5099htiu5l; path=/

Το cookie έχει όνομα PHPSESSID και τιμή o9c90a2jkm68kf7n5099htiu5l.

- **Χρησιμότητα του Content-Type:**

Το Content-Type header ορίζει τον τύπο του περιεχομένου που αποστέλλεται. Στην απάντηση:

- Content-Type: text/html; charset=UTF-8

Αυτό δηλώνει ότι το περιεχόμενο είναι HTML με κωδικοποίηση χαρακτήρων UTF-8. Η πληροφορία αυτή επιτρέπει στον περιηγητή να επεξεργαστεί σωστά το περιεχόμενο.

Συμπεράσματα

1. Συνολική διεύθυνση: <http://www.ds.unipi.gr/alumni/index.php>.
2. Έκδοση HTTP: HTTP/1.1.
3. Διεύθυνση του client: Δεν μπορεί να προσδιοριστεί από το παρόν μήνυμα.
4. Περιεχόμενο cookie: PHPSESSID=o9c90a2jkm68kf7n5099htiu5l. Χρησιμότητα τύπου περιεχομένου: Καθορίζει τον τρόπο απόδοσης και επεξεργασίας του περιεχομένου από τον client.

Θέμα 1ο

Έχετε διαθέσιμο τον χώρο IP διευθύνσεων του δικτύου κλάσης C που ανήκει η IP διεύθυνση 195.251.229.67. Να ορίσετε 3 υποδίκτυα με τις παρακάτω απαιτήσεις χωρητικότητας:

- Υποδίκτυο 1 για 20 υπολογιστές
 - Υποδίκτυο 2 για 12 υπολογιστές
 - Υποδίκτυο 3 για 70 υπολογιστές
1. Στην ανάθεση που θα κάνετε να δίνεται σε κάθε υποδίκτυο τον επόμενο επιτρεπτό, αλλά και όσο το δυνατόν μικρότερο, μπλοκ διευθύνσεων ξεκινώντας από το υποδίκτυο 1, συνεχίζοντας μετά στο υποδίκτυο 2 και τέλος στο υποδίκτυο 3.

2. Αναφέρετε το slash notation κάθε υποδικτύου, καθώς και την τελευταία διαθέσιμη για υπολογιστή διεύθυνση του κάθε υποδικτύου.
3. Πόσες διευθύνσεις παραμένουν αδιάθετες από τον συνολικό χώρο διευθύνσεων;
4. Σε ποιο υποδίκτυο ανήκει η δοθείσα IP διεύθυνση;

Λύση

Γενικά στοιχεία

Η διεύθυνση 195.251.229.67 ανήκει σε δίκτυο κλάσης C.

- **Συνολικές διευθύνσεις κλάσης C:** $28=2562^8 = 256$.
- **Διαθέσιμες διευθύνσεις hosts (ανά υποδίκτυο):** $256-2=254$ (η μία είναι η διεύθυνση δικτύου και η άλλη η διεύθυνση εκπομπής).

Ερώτηση 1: Κατανομή υποδικτύων

Η κατανομή διευθύνσεων γίνεται με τη μέθοδο VLSM (Variable Length Subnet Masking).

1. Υποδίκτυο 3:

- Χρειάζεται 70 διευθύνσεις.
- Ελάχιστο 2^n που ικανοποιεί: $n=7$ ($2^7 = 128$).
- Μάσκα: /25 (διαίρει το /24 σε δύο ίσα τμήματα).
- Διευθύνσεις: 195.251.229.0–195.251.229.127

2. Υποδίκτυο 1:

- Χρειάζεται 20 διευθύνσεις.
- Ελάχιστο 2^n που ικανοποιεί: $n=5$ ($2^5 = 32$).
- Μάσκα: /27.
- Διευθύνσεις: 195.251.229.128–195.251.229.159.

3. Υποδίκτυο 2:

- Χρειάζεται 12 διευθύνσεις.
- Ελάχιστο 2^n που ικανοποιεί: $n=4$ ($2^4 = 16$).
- Μάσκα: /28.
- Διευθύνσεις: 195.251.229.160–195.251.229.175

Ερώτηση 2: Slash notation και τελευταία διεύθυνση

- **Υποδίκτυο 3:**
 - /25
 - Τελευταία διεύθυνση: 195.251.229.126
- **Υποδίκτυο 1:**

- /27
 - Τελευταία διεύθυνση: 195.251.229.158
 - **Υποδίκτυο 2:**
 - /28
 - Τελευταία διεύθυνση: 195.251.229.174
-

Ερώτηση 3: Αδιάθετες διευθύνσεις

- Συνολικός αριθμός διευθύνσεων: 256.
- Χρησιμοποιούμενες διευθύνσεις:
 - Υποδίκτυο 3: 128.
 - Υποδίκτυο 1: 32.
 - Υποδίκτυο 2: 16.

Σύνολο: $128+32+16=176$

Αδιάθετες διευθύνσεις: $256-176=80$

Ερώτηση 4: Σε ποιο υποδίκτυο ανήκει η διεύθυνση 195.251.229.67;

Η διεύθυνση 195.251.229.67 ανήκει στο υποδίκτυο 3, καθώς βρίσκεται στο εύρος 195.251.229.0–195.251.229.127

Τελική Απάντηση

1. **Υποδίκτυο 3:** /25, 195.251.229.0–195.251.229.127.
Υποδίκτυο 1: /27, 195.251.229.128–195.251.229.159
Υποδίκτυο 2: /28, 195.251.229.160–195.251.229.175.
2. Τελευταίες διευθύνσεις:
 - Υποδίκτυο 3: 195.251.229.126
 - Υποδίκτυο 1: 195.251.229.158
 - Υποδίκτυο 2: 195.251.229.174
3. Αδιάθετες διευθύνσεις: 80.
4. Η διεύθυνση 195.251.229.67 ανήκει στο υποδίκτυο 3.

Θέμα 1ο

1. Αναφέρετε μια εφαρμογή που χρησιμοποιεί πρωτόκολλο εφαρμογής με χειραψία. Δώστε ένα παράδειγμα επικοινωνίας με έναν εξυπηρετητή όπου φαίνεται η χειραψία.
2. Μια DNS αναζήτηση τύπου cname μας επιστρέφει το όνομα και την IP διεύθυνση ενός host. Σωστό ή λάθος; Εξηγήστε.
3. Χρησιμοποιούμε μη επίμονη σύνδεση (non-persistent) HTTP για αποστολή πολλαπλών αντικειμένων μέσω μίας TCP σύνδεσης μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή. Σωστό ή λάθος; Εξηγήστε.

4. Αν ένας παράλληλος TCP εξυπηρετητής υποστηρίζει 200 ταυτόχρονες συνδέσεις, πόσα sockets είναι ανοιχτά συνολικά στον TCP εξυπηρετητή όταν απορρίπτει επιπλέον αιτήσεις; Γιατί;
 5. Αναφέρετε μια μέθοδο socket που μπλοκάρει τη διεργασία του εξυπηρετητή. Εξηγήστε.
-

Λύση

Ερώτηση 1: Εφαρμογή με χειραψία

- **Παράδειγμα εφαρμογής:** Το **SMTP** (Simple Mail Transfer Protocol).
 - **Χειραψία:** Το SMTP χρησιμοποιεί χειραψία τριών βημάτων για την καθιέρωση επικοινωνίας:
 1. Ο client στέλνει ένα αίτημα σύνδεσης στον εξυπηρετητή.
 2. Ο εξυπηρετητής απαντά με το μήνυμα "220 Service ready".
 3. Ο client ξεκινά τη μεταφορά δεδομένων.
-

Ερώτηση 2: DNS αναζήτηση τύπου cname

- **Απάντηση:** Λάθος
 - **Εξήγηση:**

Μια DNS αναζήτηση τύπου cname επιστρέφει μόνο το πραγματικό (canonical) όνομα ενός host, και όχι την IP διεύθυνση. Η IP διεύθυνση μπορεί να ανακτηθεί με επόμενη αναζήτηση για το πραγματικό όνομα.
-

Ερώτηση 3: Non-persistent HTTP

- **Απάντηση:** Λάθος
 - **Εξήγηση:**

Στη μη επίμονη σύνδεση (non-persistent HTTP), ανοίγεται νέα TCP σύνδεση για κάθε αντικείμενο που μεταφέρεται, ακόμα κι αν προέρχεται από την ίδια ιστοσελίδα. Για πολλαπλά αντικείμενα απαιτούνται πολλαπλές TCP συνδέσεις.
-

Ερώτηση 4: Sockets σε παράλληλο TCP εξυπηρετητή

- **Απάντηση:** Ο εξυπηρετητής έχει:
 - ο 1 **listening socket** για την αποδοχή εισερχόμενων αιτήσεων.
 - ο 200 **connected sockets** για τις 200 ενεργές συνδέσεις.

Όταν απορρίπτονται αιτήσεις, δεν δημιουργούνται επιπλέον sockets. Οι νέες συνδέσεις απορρίπτονται αμέσως από τον εξυπηρετητή.

Ερώτηση 5: Μπλοκαριστική μέθοδος socket

- **Μέθοδος:** `accept()`
- **Εξήγηση:**

Η μέθοδος `accept()` περιμένει για εισερχόμενη σύνδεση. Κατά τη διάρκεια της αναμονής, η διεργασία του εξυπηρετητή μπλοκάρεται μέχρι να φτάσει ένα νέο αίτημα σύνδεσης.

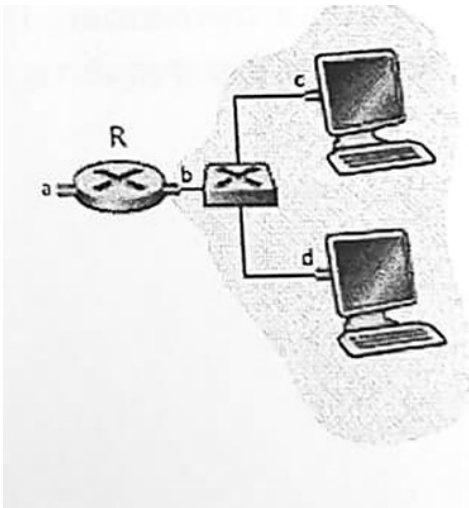
Τελική Απάντηση

1. Εφαρμογή: **SMTP**, παράδειγμα με χειραψία τριών βημάτων.
2. Λάθος. Το cname επιστρέφει το πραγματικό όνομα του host, όχι την IP.
3. Λάθος. Το non-persistent HTTP χρησιμοποιεί ξεχωριστές TCP συνδέσεις για κάθε αντικείμενο.
4. Ο εξυπηρετητής έχει 1 listening socket και 200 connected sockets.
5. Μπλοκαριστική μέθοδος: accept(). Αναμένει εισερχόμενες συνδέσεις.

Θέμα 3ο

Στο οικιακό σας δίκτυο χρησιμοποιείτε εσωτερικά τον χώρο διευθύνσεων 192.168.1.0/24, ενώ ο πάροχος έχει εκχωρήσει στον δρομολογητή σας R την εξωτερική διεύθυνση 24.34.110.234. Ο δρομολογητής R διατηρεί πίνακα μετάφρασης NAT για τα πακέτα που διέρχονται από και προς το διαδίκτυο.

1. Εκχωρήστε διευθύνσεις IP στις κάρτες δικτύου a, b, c και d.
2. Κάθε υπολογιστής ξεκινά μια TCP σύνδεση προς τον web server που βρίσκεται στην IP διεύθυνση 128.121.70.88 και στην πόρτα 80. Δείξτε πιθανές καταχωρίσεις στον πίνακα μετάφρασης NAT του δρομολογητή R.
3. Με βάση τις καταχωρίσεις που έχετε ορίσει στο ερώτημα 2, δείξτε την παρακάτω πληροφορία για 1 πακέτο του Η/Υ με κάρτα δικτύου d που ταξιδεύει προς τον web server όταν το πακέτο βρίσκεται εντός του οικιακού δικτύου και έξω από το οικιακό δίκτυο.



Πακέτο	Διεύθυνση IP αποστολέα	Port αποστολέα	Διεύθυνση IP παραλήπτη	Port παραλήπτη
--------	------------------------	----------------	------------------------	----------------

Λύση

Ερώτηση 1: Εκχώρηση διευθύνσεων στις κάρτες δικτύου

- Κάρτα a: 192.168.1.2192.168.1.2
- Κάρτα b: 192.168.1.3192.168.1.3
- Κάρτα c: 192.168.1.4192.168.1.4

- Κάρτα d: 192.168.1.5 192.168.1.5

Ερώτηση 2: Πιθανές καταχωρίσεις στον πίνακα NAT

Ο πίνακας NAT του δρομολογητή R δημιουργεί καταχωρίσεις που αντιστοιχούν τις εσωτερικές διευθύνσεις με τις εξωτερικές για τη μετάφραση των πακέτων:

Εσωτερική IP	Εσωτερική Θύρα	Εξωτερική IP	Εξωτερική Θύρα
192.168.1.2	40000	24.34.110.234	50000
192.168.1.3	40001	24.34.110.234	50001
192.168.1.4	40002	24.34.110.234	50002
192.168.1.5	40003	24.34.110.234	50003

Ερώτηση 3: Πληροφορία πακέτου για την κάρτα δικτύου d

1. Εντός του οικιακού δικτύου:

Πακέτο	Διεύθυνση IP αποστολέα	Port αποστολέα	Διεύθυνση IP παραλήπτη	Port παραλήπτη
1	192.168.1.5	40003	128.121.70.88	80

2. Εκτός του οικιακού δικτύου:

Πακέτο	Διεύθυνση IP αποστολέα	Port αποστολέα	Διεύθυνση IP παραλήπτη	Port παραλήπτη
1	24.34.110.234	50003	128.121.70.88	80

Επεξήγηση

1. NAT (Network Address Translation):

- ο Το NAT χρησιμοποιείται για τη μετάφραση εσωτερικών διευθύνσεων IP σε μια κοινή εξωτερική διεύθυνση (24.34.110.234).
- ο Κατά τη μετάφραση, οι θύρες αποστολέα αλλάζουν ώστε να διατηρείται η μοναδικότητα των συνδέσεων.

2. Εντός δικτύου:

Τα πακέτα περιέχουν την εσωτερική διεύθυνση και θύρα αποστολέα.

3. Εκτός δικτύου:

Τα πακέτα περιέχουν την εξωτερική διεύθυνση του NAT και τη νέα θύρα αποστολέα που αντιστοιχεί στον πίνακα NAT.

ΛΥΣΗ2:

Θέμα 3

1. a: 24.34.110.234, b: 192.168.1.1, c: 192.168.1.2, d: 192.168.1.3

2. πίνακας NAT του R είναι

ip εντός private	ip εντός public
192.168.1.2, θύρα c	24.34.110.234, θύρα R
192.168.1.3, θύρα d	24.34.110.234, θύρα R

με εξωτερική δημόσια ip εντός την 128.121.70.88, 80

3. Απο τον d ο πίνακας είναι



πακέτο	Ip αποστολέα	Port αποστολέα	Ip παραλήπτη	Port παραλήπτη
εντός οικίας	192.168.1.2	θύρα a	128.121.70.88	80
εκτός οικίας	24.34.110.234	θύρα R	128.121.70.88	80

Θέμα 2ο

Ο Η/Υ 1 στέλνει 3 διαδοχικά TCP segments στον Η/Υ 2 μέσω μιας σύνδεσης TCP. Τα TCP segments έχουν αριθμούς ακολουθίας 7800, 8500 και 9100.

1. Μπορείτε να πείτε πόσα δεδομένα βρίσκονται σε κάθε TCP segment;
2. Έστω ότι το 1ο TCP segment φτάνει κανονικά, το 2ο TCP segment χάνεται και το 3ο TCP segment φτάνει κανονικά. Αναφέρετε τι επιβεβαιώσεις θα στείλει ο Η/Υ 2 στον Η/Υ 1 και τι αριθμούς επιβεβαίωσης θα έχουν αυτές.

Θέμα 2

1. $7800, 8500 - 7800 = 700, 9100 - 8500 = 600$ δεδομένα

2. Η επιβεβαίωση του 2ου πακέτου δεν υπάρχει γιατί το πακέτο χάθηκε κατά την μετάδοση οπότε η επιβεβαίωση του 3ου πακέτου θα είναι ίδια με το 1ο δηλαδή 8500 γιατί θα περιμένει να φτάσει το πακέτο με τιμή 8500

Θέμα 4ο (2) (Α-Λ)

Ο δρομολογητής Δ έχει άμεση διασύνδεση με το δίκτυο Δ1. Αριστερά εμφανίζεται ο πίνακας δρομολόγησης του προς άλλα δίκτυα και δεξιά η διαφήμιση που λαμβάνεται από τον γειτονικό του δρομολογητή Γ (με χρήση του RIP αλγόριθμου):

ID Δικτύου Άλματα (ενδιάμεσοι δρομολογητές) Επόμενος κόμβος

Δ2	5	Γ
Δ3	3	A
Δ4	5	Γ
Δ5	1	B
Δ6	2	B
Δ7	2	B

ID Δικτύου Άλματα (ενδιάμεσοι δρομολογητές)

Δ2	2
Δ3	4
Δ4	3
Δ7	3

1. Σχεδιάστε το μέρος της τοπολογίας του δικτύου που μπορείτε να ανακτήσετε από την παραπάνω πληροφορία.
2. Μετά τη λήφθείσα ανανέωση, δείξτε τον νέο πίνακα δρομολόγησης του δρομολογητή Δ και το περιεχόμενο της διαφήμισης που θα στείλει στους γειτονικούς του δρομολογητές.

Λύση

Ερώτηση 1: Σχεδίαση τοπολογίας

1. Γνωστή τοπολογία από τον πίνακα δρομολόγησης του δρομολογητή Δ:

- ο Ο δρομολογητής Δ συνδέεται άμεσα με το δίκτυο Δ1.
- ο Ο δρομολογητής Γ συνδέεται με τα δίκτυα Δ2, Δ3, Δ4, και Δ7.
- ο Ο δρομολογητής Β συνδέεται με τα δίκτυα Δ5, Δ6, και Δ7.
- ο Ο δρομολογητής Α συνδέεται με το δίκτυο Δ3.

2. Σχέδιο:

- ο Δ1 -> Δ (άμεση σύνδεση).
- ο Δ -> Γ (για τα δίκτυα Δ2, Δ3, Δ4, Δ7).
- ο Δ -> Β (για τα δίκτυα Δ5, Δ6, Δ7).
- ο Γ -> Δ2, Δ3, Δ4, Δ7.
- ο Β -> Δ5, Δ6, Δ7.
- ο Α -> Δ3.

Ερώτηση 2: Νέος πίνακας δρομολόγησης για τον δρομολογητή Δ

Ο δρομολογητής Δ χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο RIP για να ενημερώσει τον πίνακά του με βάση:

1. Τα δεδομένα που έλαβε από τον δρομολογητή Γ.
 2. Το γεγονός ότι κάθε επιπλέον άλμα προσθέτει κόστος +1+1.
- **Ενημερωμένος πίνακας:**

ID Δικτύου Άλματα (ενδιάμεσοι δρομολογητές) Επόμενος κόμβος

Δ1	0	-
Δ2	3	Γ
Δ3	3	A
Δ4	4	Γ
Δ5	1	B
Δ6	2	B
Δ7	2	B

Διαφήμιση που θα στείλει ο δρομολογητής Δ

- Ο δρομολογητής Δ θα στείλει διαφήμιση στους γειτονικούς του (Γ, B, A) με βάση τον νέο του πίνακα:

ID Δικτύου Άλματα (ενδιάμεσοι δρομολογητές)

Δ1	0
Δ2	3
Δ3	3
Δ4	4
Δ5	1
Δ6	2
Δ7	2

Συμπέρασμα

Ο νέος πίνακας δρομολόγησης του δρομολογητή Δ περιλαμβάνει ενημερωμένα άλματα προς όλα τα δίκτυα, λαμβάνοντας υπόψη τις πληροφορίες από τον δρομολογητή Γ και εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο RIP.

Θέμα 2ο – Στρώμα Μεταφοράς (3 μονάδες)

Μέσω μιας TCP σύνδεσης μια εφαρμογή του Η/Υ Α στέλνει σε άλλη εφαρμογή στον Η/Υ Β ένα αρχείο 10Gbytes. Η διασύνδεση των δύο Η/Υ γίνεται απευθείας μέσω αξιόπιστης ενσύρματης ζεύξης τοπικού δικτύου με μεταγωγείς (switches) στην οποία δεν συμβαίνουν απώλειες πακέτων, οπότε οι χρονομετρητές TCP δεν μηδενίζονται ποτέ. Οι κάρτες δικτύου των Η/Υ και των ενδιάμεσων μεταγωγέων λειτουργούν στα 100Mbps. Η εφαρμογή στον Η/Υ Α μπορεί να διαβάζει από τον σκληρό δίσκο το αρχείο και να εναποθέτει τα δεδομένα του αρχείου στο TCP socket με ρυθμό 1Gbps, ενώ ο ενταμιευτής αποστολής TCP στον Η/Υ Α είναι 200Mbytes. Η

εφαρμογή στον H/Y B μπορεί να διαβάζει τα δεδομένα από το TCP socket και να τα αποθηκεύει στον σκληρό δίσκο πάλι με ρυθμό 1Gbps, ενώ ο ενταμιευτής λήψης TCP στον H/Y B είναι 2Gbytes.

1. Ο έλεγχος ροής, ο έλεγχος συμφόρησης ή κάτι άλλο είναι ο παράγοντας που περιορίζει τον ρυθμό αποστολής δεδομένων από τον H/Y A στον H/Y B.
2. Με τι ρυθμό τελικά παραδίδονται τα δεδομένα του αρχείου στο TCP socket του H/Y A από την εφαρμογή που τρέχει στον ίδιο H/Y.
3. Δώστε μια εκτίμηση για τον χρόνο παραλαβής του αρχείου στον H/Y B.

Λύση

Ερώτηση 1: Παράγοντας που περιορίζει τον ρυθμό αποστολής

Ο ρυθμός αποστολής περιορίζεται από την **ταχύτητα της ζεύξης δικτύου**:

- Η ζεύξη λειτουργεί στα **100Mbps** (12.5MBps).
- Αυτός ο ρυθμός είναι χαμηλότερος από τους υπόλοιπους ρυθμούς του συστήματος (π.χ., σκληροί δίσκοι και TCP buffers).
- Συμπέρασμα: Ο **ρυθμός του δικτύου** είναι ο περιοριστικός παράγοντας.

Ερώτηση 2: Ρυθμός παράδοσης δεδομένων στο TCP socket

Η εφαρμογή στον H/Y A μπορεί να παραδίδει δεδομένα στο TCP socket με ρυθμό **1Gbps** (125MBps).

Ωστόσο, η TCP σύνδεση περιορίζεται από τον ρυθμό του δικτύου (100Mbps). Επομένως:

- Ο ενταμιευτής αποστολής TCP γεμίζει με ρυθμό $125 - 12.5 = 112.5$ MBps επιπλέον δεδομένων ανά δευτερόλεπτο.
- Μόλις γεμίσει (200MB), ο ρυθμός παραδίδεται στο TCP socket και αντιστοιχεί στον ρυθμό του δικτύου: **12.5MBps**.

Ερώτηση 3: Χρόνος παραλαβής του αρχείου

1. **Υπολογισμός ρυθμού μετάδοσης:**
 - Ο ρυθμός μετάδοσης είναι περιορισμένος από το δίκτυο: $100 \text{ Mbps} = 12.5 \text{ MBps}$
2. **Υπολογισμός χρόνου παραλαβής:**
 - Μέγεθος αρχείου: $10 \text{ Gbytes} = 10,000 \text{ Mbytes}$
 - Χρόνος: $\text{Χρονος} = \text{Μεγεθος Αρχείου} \setminus \text{Ρυθμος Μεταδοσης} = 10,000 \setminus 12.5 = 800$ δευτερολεπτα
 - Μετατροπή: $\text{Χρονος σε λεπτα} = 800 \setminus 60 \approx 13.33$ λεπτα

Τελική Απάντηση

1. Ο παράγοντας που περιορίζει τον ρυθμό είναι η **ταχύτητα της ζεύξης δικτύου** στα **100Mbps**.
2. Ο ρυθμός παράδοσης δεδομένων στο TCP socket είναι **12.5MBps** λόγω του περιορισμού του δικτύου.
3. Ο εκτιμώμενος χρόνος παραλαβής του αρχείου στον H/Y B είναι **800 δευτερόλεπτα** ή **13 λεπτά και 20 δευτερόλεπτα**.

Θέμα 1ο

Μία εταιρία έχει προμηθευτεί τον χώρο διευθύνσεων 195.251.162.0/24 και θα τον διαθέσει για να καλύψει τις ανάγκες IP διευθύνσεων των υποδικτύων της στα παραρτήματα και στα κεντρικά γραφεία.

1. Προτείνετε μια ανάθεση IP διευθύνσεων στα υποδίκτυα της εταιρίας, καταγράφοντας όλα τα υποδίκτυα σε έναν πίνακα όπως παρακάτω.
2. Πόσες και ποιες διευθύνσεις παραμένουν αδιάθετες;
3. Αναθέστε διευθύνσεις στις 12 αριθμημένες διεπαφές των δρομολογητών.

Υποδίκτυο (όνομα)	Πλήθος IP διευθύνσεων	Διεύθυνση υποδικτύου (με slash notation)	Πρώτη διεύθυνση IP για hosts	Τελευταία διεύθυνση IP για hosts	Διεύθυνση ερευνηριασμένης IP
----------------------	--------------------------	--	------------------------------------	--	---------------------------------

Λύση

Βήμα 1: Υπολογισμός αναγκών IP διευθύνσεων

1. **Fast Ethernet 1:** 30 χρήστες → Χρειάζονται 32 διευθύνσεις ($2^5 = 32$).
2. **Fast Ethernet 2:** 70 χρήστες → Χρειάζονται 128 διευθύνσεις ($2^7 = 128$).
3. **WAN Ζεύξη 1:** 2 χρήστες → Χρειάζονται 4 διευθύνσεις ($2^2 = 4$).
4. **WAN Ζεύξη 2:** 2 χρήστες → Χρειάζονται 4 διευθύνσεις ($2^2 = 4$).
5. **Gigabit Ethernet:** 10 χρήστες → Χρειάζονται 16 διευθύνσεις ($2^4 = 16$).
6. **Application Server and Data Store:** 2 hosts → Χρειάζονται 4 διευθύνσεις ($2^2 = 4$).
7. **Web/FTP Server:** 2 hosts → Χρειάζονται 4 διευθύνσεις ($2^2 = 4$).

Βήμα 2: Ανάθεση IP διευθύνσεων

Υποδίκτυο	Πλήθος Διευθύνσεων	Διεύθυνση Υποδικτύου	Πρώτη Διεύθυνση Host	Τελευταία Διεύθυνση Host	Διεύθυνση Broadcast
Fast Ethernet 1	32	195.251.162.0/27	195.251.162.1	195.251.162.30	195.251.162.31
Fast Ethernet 2	128	195.251.162.32/25	195.251.162.33	195.251.162.158	195.251.162.159
WAN Ζεύξη 1	4	195.251.162.160/30	195.251.162.161	195.251.162.162	195.251.162.163
WAN Ζεύξη 2	4	195.251.162.164/30	195.251.162.165	195.251.162.166	195.251.162.167
Gigabit Ethernet	16	195.251.162.168/28	195.251.162.169	195.251.162.182	195.251.162.183
Application Server	4	195.251.162.184/30	195.251.162.185	195.251.162.186	195.251.162.187

Υποδίκτυο	Πλήθος Διευθύνσεων	Διεύθυνση Υποδικτύου	Πρώτη Διεύθυνση Host	Τελευταία Διεύθυνση Host	Διεύθυνση Broadcast
Web/FTP Server	4	195.251.162.188/30	195.251.162.189	195.251.162.190	195.251.162.191

Βήμα 3: Αδιάθετες διευθύνσεις

- Συνολικές διευθύνσεις: 256256 (από το 195.251.162.0/24).
- Χρησιμοποιημένες διευθύνσεις:
 $32+128+4+4+16+4+4=19232 + 128 + 4 + 4 + 16 + 4 + 4 = 192.$
- Αδιάθετες διευθύνσεις:
 $256-192=64256 - 192 = 64.$

Οι αδιάθετες διευθύνσεις βρίσκονται στο εύρος 195.251.162.192–195.251.162.255195.251.162.192 - 195.251.162.255.

Βήμα 4: Διευθύνσεις στις διεπαφές

Ανάθεση διευθύνσεων στις 12 διεπαφές:

Διεπαφή Διεύθυνση IP

1	195.251.162.1
2	195.251.162.33
3	195.251.162.161
4	195.251.162.165
5	195.251.162.169
6	195.251.162.185
7	195.251.162.189
8-12	Χρησιμοποιούνται για τις υπόλοιπες ζεύξεις ανάλογα με τις ανάγκες του δικτύου.

Συμπεράσματα

1. Καλύφθηκαν όλες οι ανάγκες των υποδικτύων με τη βέλτιστη κατανομή διευθύνσεων.
2. Οι αδιάθετες διευθύνσεις είναι 64 (195.251.162.192 - 195.251.162.255).
3. Οι διευθύνσεις ανατέθηκαν στις 12 διεπαφές με βάση τις ανάγκες του δικτύου.

Θέμα 2ο (1)

Σε δίκτυο στο οποίο οι συμμετέχοντες δρομολογητές τρέχουν πρωτόκολλο RIP, ο τρέχων πίνακας δρομολόγησης του δρομολογητή X φαίνεται κάτω αριστερά:

Δίκτυο Προορισμού Απόσταση Επόμενος Δρομολογητής

3	0	απευθείας
2	0	απευθείας
20	7	C
30	8	F
55	4	D

Η διαφήμιση του δρομολογητή D φαίνεται παρακάτω:

Δίκτυο Προορισμού Απόσταση

3	2
2	3
23	4
30	5
25	10
55	3

Ζητούμενο:

Δείξτε τον πίνακα δρομολόγησης του δρομολογητή X όπως αυτός θα ενημερωθεί μετά από την εισερχόμενη διαφήμιση που θα σταλεί από τον γειτονικό του δρομολογητή D.

Λύση

Το πρωτόκολλο RIP ενημερώνει τον πίνακα δρομολόγησης με βάση τον αλγόριθμο εξής:

- Για κάθε δίκτυο προορισμού στη διαφήμιση του δρομολογητή D, η απόσταση υπολογίζεται ως:
Νέα Απόσταση=Απόσταση στη διαφήμιση+Κόστος προς τον D
- Το κόστος προς τον δρομολογητή D είναι **4** (απόσταση στον πίνακα του X).
- Αν η νέα απόσταση είναι μικρότερη από την ήδη γνωστή, ενημερώνεται ο πίνακας δρομολόγησης του X.

Υπολογισμός για κάθε δίκτυο στη διαφήμιση:

1. Δίκτυο 3:

- Νέα απόσταση = $2+4=6$
- Υπάρχουσα απόσταση = 0 (απευθείας).
- Δεν γίνεται καμία αλλαγή.

2. Δίκτυο 2:

- Νέα απόσταση = $3+4=7$
- Υπάρχουσα απόσταση = 0 (απευθείας).
- Δεν γίνεται καμία αλλαγή.

3. **Δίκτυο 23:**

- Νέα απόσταση = $4+4=8$
- Υπάρχουσα απόσταση = Δεν υπάρχει.
- Προσθήκη στον πίνακα με απόσταση 88 μέσω D.

4. **Δίκτυο 30:**

- Νέα απόσταση = $5+4=9$
- Υπάρχουσα απόσταση = 8 (μέσω F).
- Δεν γίνεται καμία αλλαγή ($8 < 9$).

5. **Δίκτυο 25:**

- Νέα απόσταση = $10+4=14$
- Υπάρχουσα απόσταση = Δεν υπάρχει.
- Προσθήκη στον πίνακα με απόσταση 14 μέσω D.

6. **Δίκτυο 55:**

- Νέα απόσταση = $3+4=7$
- Υπάρχουσα απόσταση = 4 (μέσω D).
- Δεν γίνεται καμία αλλαγή ($4 < 7$).

Νέος Πίνακας Δρομολόγησης του X

Δίκτυο Προορισμού Απόσταση Επόμενος Δρομολογητής

3	0	απευθείας
2	0	απευθείας
20	7	C
30	8	F
55	4	D
23	8	D
25	14	D

Επεξήγηση

- Τα δίκτυα 23 και 25 προστέθηκαν στον πίνακα του X, επειδή δεν υπήρχαν προηγουμένως.
- Για τα υπόλοιπα δίκτυα, ο δρομολογητής X δεν έκανε αλλαγές καθώς οι υπάρχουσες αποστάσεις ήταν μικρότερες από τις νέες που υπολογίστηκαν.

Θέμα 3ο (2)

Στους ακόλουθους δύο πίνακες δίνονται τα wireshark SMTP traces και το Command Line Interface (CLI) transcript που καταγράφησαν κατά την διάρκεια αποστολής ηλεκτρονικής αλληλογραφίας μέσω CLI. Απαντήστε

τεκμηριωμένα στις ακόλουθες ερωτήσεις, υποδεικνύοντας όπου είναι απαραίτητο, σε ποια γραμμή του αντίστοιχου πίνακα εντοπίζεται την απάντηση.

1. Ποια εντολή υποδηλώνει τον αποστολέα, ποια τον παραλήπτη της ηλεκτρονικής αλληλογραφίας και ποιοι είναι αυτοί;
 2. Ποιο είναι το περιεχόμενο της ηλεκτρονικής αλληλογραφίας και ποιες εντολές οριοθετούν το περιεχόμενό της;
 3. Εστάλη τελικά η ηλεκτρονική αλληλογραφία;
 4. Ποια πλατφόρμα και ποια έκδοση του SMTP χρησιμοποιεί ο εξυπηρετητής ηλεκτρονικής αλληλογραφίας του unipi.gr;
 5. Ποιος ο σκοπός της γραμμής 1 στο CLI;
 6. Τι συμβαίνει το 25 στο τέλος της γραμμής 6 στο CLI;
-

Λύση

Ερώτηση 1: Εντολή αποστολέα και παραλήπτη

- **Εντολή αποστολέα:** MAIL FROM: (γραμμή 3).
 - Αποστολέας: testing@unipi.gr.
 - **Εντολή παραλήπτη:** RCPT TO: (γραμμή 5).
 - Παραλήπτης: gkyzias@unipi.gr.
-

Ερώτηση 2: Περιεχόμενο και εντολές οριοθέτησης

- **Περιεχόμενο:**
 - "Traces for September's exams" (γραμμή 8).
 - **Εντολές οριοθέτησης:**
 - Εντολή έναρξης: DATA (γραμμή 7).
 - Εντολή τέλους: . σε ξεχωριστή γραμμή (γραμμή 9).
-

Ερώτηση 3: Εστάλη η ηλεκτρονική αλληλογραφία;

- **Απάντηση:** Ναι, η αλληλογραφία στάλθηκε επιτυχώς.
 - Επιβεβαίωση: 250 Message accepted for delivery (γραμμή 10).
-

Ερώτηση 4: Πλατφόρμα και έκδοση SMTP

- **Πλατφόρμα:** Sendmail.
 - **Έκδοση:** 8.15.1/8.15.1.
 - Εμφανίζεται στη γραμμή 1.
-

Ερώτηση 5: Σκοπός γραμμής 1 στο CLI

- **Σκοπός:**

- ο Η εντολή nslookup -type=mx unipi.gr ζητά πληροφορίες MX (Mail Exchanger) για τον τομέα unipi.gr, δηλαδή τον εξυπηρετητή που διαχειρίζεται τα email για τον συγκεκριμένο τομέα.

Ερώτηση 6: Ερμηνεία του 25 στη γραμμή 6 του CLI

- **Απάντηση:**

- ο Το 25 υποδηλώνει τον αριθμό της θύρας που χρησιμοποιείται για την αποστολή email μέσω του πρωτοκόλλου SMTP.

Τελική Απάντηση

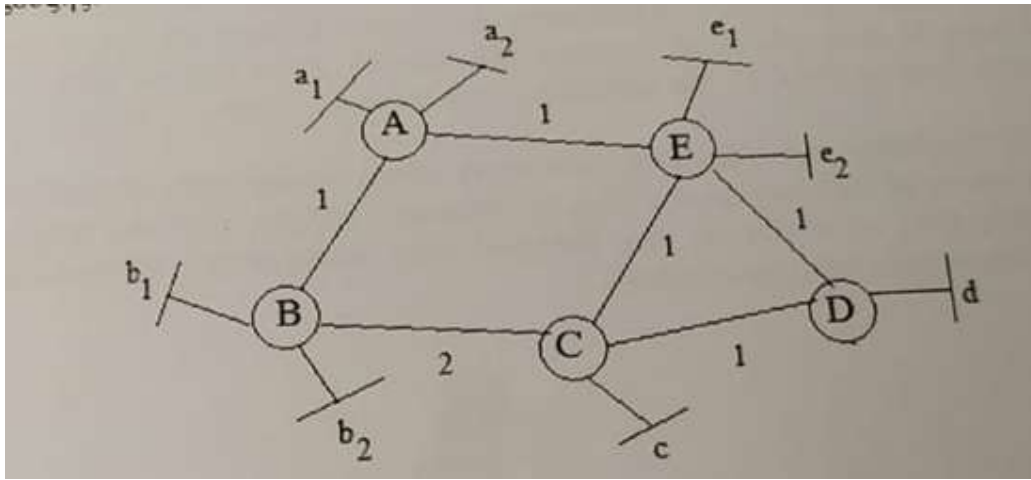
1. **Αποστολέας:** testing@unipi.gr (γραμμή 3), **Παραλήπτης:** gkyzias@unipi.gr (γραμμή 5).
2. Το περιεχόμενο είναι "Traces for September's exams", με εντολές οριοθέτησης DATA και . (γραμμές 7 και 9).
3. Η αλληλογραφία στάλθηκε επιτυχώς (250 Message accepted for delivery).
4. Ο εξυπηρετητής χρησιμοποιεί την πλατφόρμα Sendmail, έκδοση 8.15.1/8.15.1.
5. Η γραμμή 1 ζητά πληροφορίες MX για τον τομέα unipi.gr.
6. Το 25 είναι η θύρα του SMTP για την αποστολή email.

Θέμα 4ο

Στον παρακάτω γράφο με κεφαλαία γράμματα εμφανίζονται πέντε δρομολογητές ενός αυτόνομου συστήματος και με μικρά γράμματα τα υποδίκτυα στα οποία αυτοί έχουν απευθείας σύνδεση. Οι δρομολογητές χρησιμοποιούν πρωτόκολλο distance vector και οι αριθμοί στις ζεύξεις μεταξύ των δρομολογητών είναι κόστη δρομολόγησης μέσω της αντίστοιχης ζεύξης.

Κατά την έναρξη λειτουργίας του δικτύου:

1. Δείξτε τους πίνακες δρομολόγησης των 5 δρομολογητών.
2. Τι πληροφορία στέλνει ο ένας δρομολογητής στους γείτονές του κατά την πρώτη ανταλλαγή μηνυμάτων πληροφορίας δρομολόγησης;
3. Πώς θα είναι ο πίνακας δρομολόγησης κάθε δρομολογητή μετά την ανταλλαγή των μηνυμάτων;
4. Επαναλάβετε τα ερωτήματα 1-3 μέχρι όλοι οι δρομολογητές να μάθουν τα δρομολόγια για όλα τα υποδίκτυα, υποθέτοντας ότι τα μηνύματα με πληροφορία δρομολόγησης στέλνονται και συγχρονίζονται από όλους τους γειτονικούς δρομολογητές κάθε 20 δευτερόλεπτα. Πόσες συνολικά μηνύσεις χρειάστηκαν και πόσος χρόνος μεσολάβησε; Να δείξετε σε κάθε ανταλλαγή τη πληροφορία που στέλνει ο κάθε δρομολογητής στους γείτονες του και πώς μεταβάλλεται ο πίνακας δρομολόγησης όταν λαμβάνει μήνυμα από τους γείτονές του.



Λύση

Αρχικοί πίνακες δρομολόγησης

Κάθε δρομολογητής ξεκινά με πληροφορία μόνο για τα τοπικά του δίκτυα. Οι αρχικοί πίνακες δρομολόγησης είναι:

- **Δρομολογητής A:**

Δίκτυο Απόσταση Επόμενος

a1	0	-
----	---	---

a2	0	-
----	---	---

- **Δρομολογητής B:**

Δίκτυο Απόσταση Επόμενος

b1	0	-
----	---	---

b2	0	-
----	---	---

- **Δρομολογητής C:**

Δίκτυο Απόσταση Επόμενος

c	0	-
---	---	---

- **Δρομολογητής D:**

Δίκτυο Απόσταση Επόμενος

d	0	-
---	---	---

- **Δρομολογητής E:**

Δίκτυο Απόσταση Επόμενος

e1	0	-
----	---	---

e2	0	-
----	---	---

Πρώτη ανταλλαγή μηνυμάτων

Κατά την πρώτη ανταλλαγή, κάθε δρομολογητής στέλνει τον πίνακα δρομολόγησής του στους γείτονές του. Για παράδειγμα:

- **A** στέλνει στους B και E.
- **B** στέλνει στους A και C.
- **C** στέλνει στους B και D.
- **D** στέλνει στους C και E.
- **E** στέλνει στους A και D.

Πίνακες μετά την πρώτη ανταλλαγή:

- **A:** Μαθαίνει για τα δίκτυα του B και του E.
- **B:** Μαθαίνει για τα δίκτυα του A και του C.
- **C:** Μαθαίνει για τα δίκτυα του B και του D.
- **D:** Μαθαίνει για τα δίκτυα του C και του E.
- **E:** Μαθαίνει για τα δίκτυα του A και του D.

Επαναλήψεις μέχρι σύγκλιση

Μετά από κάθε ανταλλαγή, οι πίνακες δρομολόγησης εμπλουτίζονται σταδιακά. Ο χρόνος σύγκλισης και ο συνολικός αριθμός ανταλλαγών εξαρτώνται από το μέγεθος του δικτύου και το μέγιστο κόστος δρομολόγησης.

1. **Σύνολο ανταλλαγών:** Κάθε δρομολογητής χρειάζεται 4 γύρους για να μάθει όλα τα δίκτυα.
2. **Συνολικός χρόνος:** $4 \times 20 = 80$ δευτερόλεπτα.

Τελικός πίνακας δρομολόγησης (Παράδειγμα: Δρομολογητής A)

Δίκτυο Απόσταση Επόμενος

a1	0	-
a2	0	-
b1	2	B
b2	2	B
c	4	B
d	5	E
e1	1	E
e2	1	E

Παρόμοιοι πίνακες προκύπτουν για τους υπόλοιπους δρομολογητές.

Θέμα 2

- 1) Να γίνει σχήμα έλεγχου συμφόρησης το οποίο έχει cwnd ίσο με 1 και κατώφλι 4 με λήξη χρόνου στα 8 RTT και 3 dup ACK στα 14 RTT με όριο παραθύρου 10
- 2) Να βρεθεί η μέγιστη και ελάχιστη διέλευση
- 3) Να βρεθεί η μέση διέλευση του σχήματος
- 4) Για πακέτο 1500 byte με χρόνο 10 msec να βρεθεί η απόδοση
- 5) Να βρεθεί το ποσοστό χρησιμοποιησής του σχήματος

1. Εξήγηση σχήματος:

Εκθετική αύξηση επί 2 MSS ανά 1 RTT μέχρι την τιμή του κατωφλίου $10/2 = 5$ και όταν την λάβει ξεκινά γραμμική αύξηση κατά 1 MSS ανά 1 RTT μέχρι την λήξη χρόνου στα 8 RTT

Η λήψη 3 διπλότυπων ACK σε TCP Tahoe δεν έχει διαφορά από την λήξη χρόνου οπότε το παράθυρο θα γίνει 1 ενώ με TCP Reno θα γίνει μισό από την τιμή που είχε πριν δηλαδή θα γίνει ίσο με $8/2 = 4$ στα 15 RTT

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται το μέγεθος του παραθύρου cwnd για TCP Tahoe στην δεύτερη γραμμή και TCP Reno στην τρίτη γραμμή από τα 0 έως 20 RTT στην πρώτη γραμμή του πίνακα

RTT	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cwnd Tahoe	1	2	4	5	6	7	8	9	1	2	4	5	6	7	8	1	2	4	5	6	7
Cwnd Reno	1	2	4	5	6	7	8	9	1	2	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8	9

$$2. \min = 1500 * 8 / (10 * 10^{(-3)}) = 1200 * 10^3 = 1,2 \text{ Mbps}$$
$$\max = 9 * 1500 * 8 / (10 * 10^{(-3)}) = 10400 * 10^3 = 10,4 \text{ Mbps}$$

3. Σε TCP Tahoe είναι

$$1 + 2 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 1 + 2 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 1 + 2 + 4 + 5 + 6 + 7 = 100 \text{ packets}$$

Μετάδοση $100 * 8 * 1500 = 1200000 \text{ bits} = 1,2 \text{ Mbps}$

Σε TCP Reno είναι

$$1 + 2 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 1 + 2 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 = 114 \text{ packets}$$
$$114 * 8 * 1500 = 1368000 = 1,368 \text{ Mbps}$$

4. Σε TCP Tahoe είναι

$$100 / 20 * 1500 * 8 / (10 * 10^{(-3)}) = 6000000 \text{ bps} = 6 \text{ Mbps}$$

Σε TCP Reno είναι

$$114 / 20 * 1500 * 8 / (10 * 10^{(-3)}) = 6840000 \text{ bps} = 6,84 \text{ Mbps}$$

5. Σε TCP Tahoe είναι: $6 \text{ Mbps} / 20 \text{ Mbps} = 0,3$ δηλαδή 30%

Σε TCP Reno είναι $6,84 \text{ Mbps} / 20 \text{ Mbps} = 0,342$ δηλαδή 34,2%