



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ Υ-
ΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ

ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

<ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ

ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ >

< ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ >

< ΜΑΚΡΗ ΙΩΑΝΝΑ >

Α.Μ <1059686 >

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2020

<ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: <ΕΙΣΑΓΩΓΗ >	5
1.1 <ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ>	5
1.2 <ΕΙΔΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ>	5
1.3 <ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΕΣ(ROUTERS)>.....	6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: <ΕΙΔΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ>	7
2.1 <ΣΤΑΤΙΚΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ>	7
2.2 <ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ>	7
2.4 <ΈΜΜΕΣΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ>.....	8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: <ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ >	9
3.1 <ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ(LINK STATE ALGORITHMS)>	9
3.1.1 <Αλγόριθμος Dijkstra>	9
3.1.2 <Παράδειγμα Αλγορίθμου Dijkstra>.....	11
3.1.3 <Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα Αλγορίθμου Dijkstra>.....	12
3.2.1 <Αλγόριθμος Δρομολόγησης Bellman-Ford(Ford-Fulkerson)>.....	12
3.2.2 <Παράδειγμα Αλγορίθμου Bellman-Ford>.....	14

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: <ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ >	16
4.1 <RIP(ROUTING INFORMATION PROTOCOL)>.....	16
4.3 <BGP(BORDER GATEWAY PROTOCOL)>	18
4.4 <ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ PNNI(PRIVATE NETWORK-TO-NETWORK INTERFACE)>	19

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: <Η ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ TCP/IP >	21
--	-----------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: <ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ >	23
--	-----------

6.1 <ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΥΤΗΣ ΠΑΤΑΤΑΣ(HOT-POTATO ROUTING)>	23
--	----

6.2<ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ(FLOODING ROUTING)>	24
--	----

6.3<ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΜΟΝΟΠΑΤΙΩΝ(MULTIPATH ROUTING)>	24
--	----

6.4<ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΥΡΕΙΑΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ(BROADCASTING ROUTING)>	25
---	----

6.5<ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΡΟΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ(FLOW-BASED ROUTING)>	25
---	----

6.6<ΑΣΑΦΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ(FUZZY ROUTING)	26
---	----

<ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ>	27
-----------------------------------	-----------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: <ΕΙΣΑΓΩΓΗ >

1.1 <Δρομολόγηση>

Δρομολόγηση(routing) είναι η διαδικασία με την οποία μπορεί να επιλεγεί από ένα δίκτυο, το βέλτιστο μονοπάτι, ξεκινώντας από τη μηχανή προέλευσης(αποστολέας/κόμβος πηγή) και καταλήγοντας στη μηχανή προορισμού(παραλήπτης/κόμβος προορισμού).

Η δρομολόγηση πακέτων αποτελεί μία από τις βασικότερες λειτουργίες σε ένα δίκτυο υπολογιστών, το οποίο αποτελείται από υποδίκτυα των οποίων τα πακέτα χρειάζονται πολλά βήματα μέχρι να φτάσουν στον προορισμό τους. Μπορεί να δημιουργηθεί κάποιο πρόβλημα στην περίπτωση που η πηγή και ο προορισμός δεν βρίσκονται στο ίδιο δίκτυο.

Η δρομολόγηση υλοποιείται στο τρίτο επίπεδο, το οποίο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1, είναι το Επίπεδο Δικτύου.

7	Επίπεδο Εφαρμογών
6	Επίπεδο Παρουσίασης
5	Επίπεδο Συνδιάλεξης
4	Επίπεδο Μεταφοράς
3	Επίπεδο Δικτύου
2	Επίπεδο Συνδέσμου Μετάδοσης Δεδομένων
1	Φυσικό Επίπεδο

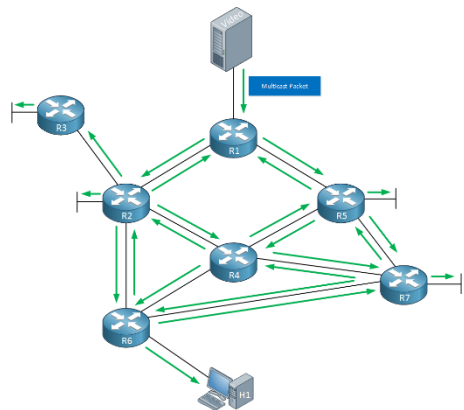
Σχήμα 1

1.2 <Είδη Δρομολόγησης>

Οι δύο τεχνικές που χρησιμοποιούνται από multicast πρωτόκολλα δρομολόγησης για την προώθηση πακέτων είναι οι εξής:

- Flooding

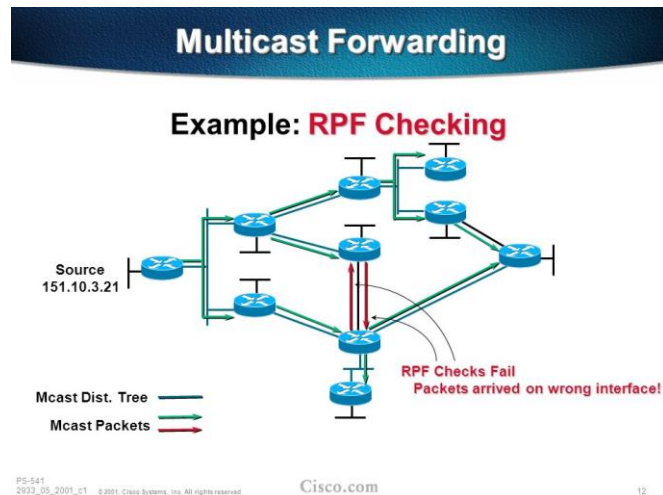
Στην περίπτωση αυτή δεν απαιτείται να υπάρχει πληροφορία δρομολόγησης στον δρομολογητή. Ένα πακέτο που θα εισέρθει σε ένα interface θα προωθηθεί σε όλα τα υπόλοιπα εκτός από το interface προέλευσής του. Αξίζει να σημειωθεί, πως εδώ ορίζεται ένας αριθμός hops, σαν όριο, με στόχο τον περιορισμό του προβλήματος των routing loops, Σχήμα 2.



Σχήμα 2

- Reverse Path Forwarding(RPF)

Χρησιμοποιείται για την προώθηση multicast πακέτων. Όταν ένα πακέτο φτάσει σε κάποιο interface κάποιου δρομολογητή, αυτός ελέγχει αν αυτό το interface είναι το σωστό. Εξετάζεται, αν ο δρομολογητής θα το χρησιμοποιούσε για την προώθηση unicast πληροφορίας στην πηγή, δηλαδή αν θα επέλεγε τον αντίθετο δρόμο(Reverse Path). Αν αυτό ισχύει, το πακέτο αποστέλλεται από όλα τα εξερχόμενα interfaces, αλλά όχι από αυτό που έφτασε(RPF interface). Αν όχι, το πακέτο απορρίπτεται.



Σχήμα 3

1.3 <Δρομολογητές(Routers)>

Δρομολογητής(Router) είναι η συσκευή που δέχεται και προωθεί τα πακέτα στα υποδίκτυα. Είναι βελτιστοποιημένοι υπολογιστές για την διαχείριση πακέτων που πρέπει να μεταφερθούν μεταξύ δικτύων. Η λειτουργία τους συναντάται στο Επίπεδο 3(Σχήμα 1).

Στα τοπικά δίκτυα, απαιτείται η ύπαρξη δρομολογητή, ώστε να είναι εφικτή η σύνδεση των χρηστών με το Διαδίκτυο ή με άλλες απομακρυσμένες συσκευές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: <ΕΙΔΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ>

2.1 <Στατική Δρομολόγηση>

Σε αυτού του είδους τη δρομολόγηση, ορίζεται εξ αρχής η διαδρομή που θα ακολουθηθεί από το πακέτο με στόχο να φτάσει στον προορισμό του. Η διαδρομή αυτή δεν θα αλλάξει στην πορεία, δεν θα προσαρμοστεί στα διάφορα χαρακτηριστικά, αλλά θα ακολουθηθεί η προκαθορισμένη, από τον διαχειριστή δικτύου, διαδρομή.

Η στατική δρομολόγηση χρησιμοποιείται είτε για λόγους ασφαλείας - προκαθορισμένος δρόμος συγκεκριμένων κρίσιμων πακέτων - είτε σε μικρά, απλά, με μικρή πολυπλοκότητα δίκτυα, είτε όταν η δρομολόγηση δεν γίνεται βάσει κάποιου αλγορίθμου, αλλά καθορίζεται από τη λογική του διαχειριστή ή του οργανισμού στον οποίο ανήκει το δίκτυο.

Στην περίπτωση που συνυπάρχει στατική και δυναμική δρομολόγηση, η στατική έχει προτεραιότητα σε κάθε περίπτωση.

2.2 <Δυναμική Δρομολόγηση>

Στην δυναμική δρομολόγηση, δημιουργούνται αυτόματα πίνακες δρομολόγησης σε κάθε δρομολογητή. Για να επιτευχθεί αυτό, χρησιμοποιούνται διάφοροι αλγόριθμοι δρομολόγησης, προς εξερεύνηση του δικτύου και τον εντοπισμό όλων των πιθανών, για το πακέτο, διαδρομών, ώστε να ξεκινήσει από ένα σημείο του δικτύου και να φτάσει σε κάποιο άλλο.

Αν για κάποιο λόγο, μία διαδρομή δεν είναι διαθέσιμη, η απόφαση για μια εναλλακτική διαδρομή, θα παρθεί από τους υπάρχοντες κόμβους.

Αυτό μπορεί να γίνει με τη χρήση πρωτοκόλλων δρομολόγησης. Είτε κάποιο αλγόριθμο διανύσματος απόστασης είτε αλγόριθμο κατάστασης συνδέσμων.

2.3 <Άμεση Δρομολόγηση>

Άμεση είναι η δρομολόγηση όταν κάποιος κόμβος στέλνει IP datagrams σε κόμβο που ανήκει στο ίδιο υποδίκτυο. Σε αυτή την περίπτωση, με κατάλληλα μηνύματα μπορεί να μάθει την φυσική διεύθυνση του άλλου κόμβου, να τοποθετήσει το datagram σε ένα MAC πλαίσιο με αυτή τη φυσική διεύθυνση, και να το μεταδώσει.

2.4 <Έμμεση Δρομολόγηση>

Στην έμμεση δρομολόγηση, κάποιος κόμβος στέλνει IP datagrams σε κόμβο διαφορετικού δικτύου, με τη βοήθεια ενδιάμεσων κόμβων, των δρομολογητών. Με την αναγνώριση του IP datagram, μέσα από τον διαθέσιμο πίνακα δρομολόγησης επιλέγεται ο κατάλληλος δρομολογητής. Μέσω ενός ARP μηνύματος, γίνεται γνωστή η φυσική διεύθυνση του δρομολογητή και αποστέλλεται το IP datagram με ένα πλαίσιο MAC.

Αν ο δρομολογητής βρίσκεται στο δίκτυο προορισμού, τότε πληροφορείται με όμοιο τρόπο τη φυσική διεύθυνση του κόμβου προορισμού και του στέλνει το IP datagram.

Αντίθετα, βρίσκει ένα δεύτερο δρομολογητή στη φυσική διεύθυνση του οποίου στέλνεται το datagram, και αυτός με τη σειρά του εκτελεί τις ίδιες λειτουργίες.

Οι αποφάσεις παίρνονται, από τους δρομολογητές, βάσει του δικτύου προορισμού και όχι με βάση τον σταθμό προορισμού.

Οι δρομολογητές σε ένα TCP/IP δίκτυο αποτελούν ένα συνεργαζόμενο διασυνδεδεμένο σύνολο, όπου τα datagrams περνούν από δρομολογητή σε δρομολογητή, μέχρι να φτάσουν σε εκείνον, από τον οποίο θα είναι εφικτή η άμεση δρομολόγηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: <ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ >

3.1 <Αλγόριθμοι Κατάστασης Συνδέσμων(Link State Algorithms)>

Οι αλγόριθμοι αυτοί έχουν αρκετά πλεονεκτήματα καθώς μπορούν να χαρακτηριστούν και εύκολοι, συγκριτικά με άλλους. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο έχουν υποστεί και αρκετές αλλαγές, με αποτέλεσμα να μπορούμε να βρούμε πολλές παραλλαγές τους. Παρόλα αυτά, σε κάθε περίπτωση, κάθε δρομολογητής θα πρέπει να μπορεί να:

- Εντοπίζει γειτονικούς κόμβους(δρομολογητές) με την αποστολή ενός ειδικού πακέτου, από άκρη σε άκρη
- Μετρά την απόσταση από κάθε γειτονικό κόμβο με την αποστολή ενός ειδικού πακέτου αντήχησης, που θα πρέπει να επιστραφεί άμεσα από τον προορισμό. Με την καταμέτρηση του χρόνου, εκτιμάται και η καθυστέρηση, με αποτέλεσμα να έχουμε την απόσταση μεταξύ των δύο δρομολογητών.
- Κατασκευάζει πακέτα που θα περιέχουν όλη την απαραίτητη πληροφορία για τον αποστολέα, τους γειτονικούς κόμβους, το πακέτο κλπ.
- Αποστέλλει το πακέτο σε όλους τους δρομολογητές μέσω του *αλγορίθμου της πλημμύρας*
- Εντοπίζει τη συντομότερη διαδρομή προς κάθε δρομολογητή χρησιμοποιώντας τοπικά τον *αλγόριθμο Dijkstra*.

3.1.1 <Αλγόριθμος Dijkstra>

Ο Αλγόριθμος Dijkstra αποφασίζει ποια είναι η βέλτιστη διαδρομή βρίσκοντας τη συντομότερη, μεταξύ δύο δρομολογητών. Το δίκτυο αναπαριστάνεται ως γράφος. Αν σε κάθε ακμή σημειώνονται βάρη που δείχνουν τη μέση καθυστέρηση αναμονής και μετάδοσης του συνδέσμου, τότε η συντομότερη διαδρομή ταυτίζεται με την ταχύτερη.

Η τοπολογία του δικτύου και τα κόστη των ακμών είναι γνωστά για κάθε κόμβο(δρομολογητή).

Βασική Ιδέα:

Οι κόμβοι είναι είτε μόνιμοι είτε προσωρινοί. Αρχικά, όλοι επισημαίνονται ως προσωρινοί και το βάρος κάθε ακμής ισούται με την απόσταση μεταξύ των κόμβων που αυτή συνδέει(δηλ. η απόσταση μεταξύ των άκρων της). Κάθε κόμβος έχει, επίσης, και μία ετικέτα, που δείχνει την απόσταση αυτού από τον κόμβο προέλευσης και την

καλύτερη, μέχρι στιγμής, διαδρομή. Αυτές οι ετικέτες, κατά την έναρξη του αλγορίθμου, είναι άπειρο(∞). Όσο εκτελείται ο αλγόριθμος, οι ετικέτες διαμορφώνονται δυναμικά, εμπριέχοντας τις καλύτερες, προς το παρόν, διαδρομές. Ο κόμβος σημειώνεται ως μόνιμος, και δεν αλλάζει ξανά, όταν η ετικέτα περιέχει τη συντομότερη διαδρομή.

Πρόκειται για έναν αλγόριθμο, που επιστρέφει ένα πίνακα διαδρομών για κάθε κόμβο. Μετά από k επαναλήψεις, θα επιστραφούν τα μονοπάτια ελάχιστου κόστους για k προορισμούς.

Ο αλγόριθμος:

1. Αρχικοποίηση:

2. $N = \{u\}$

3. για όλους τους κόμβους v

4. αν ο κόμβος v είναι άμεσα γειτονικός(ενώνεται με ακμή-φυσικό σύνδεσμο) με τον κόμβο u

5. τότε $D(v) = c(u, v)$

6. αλλιώς $D(v) = \infty$

7.

8. Επανάλαβε τις παρακάτω εντολές:

9. βρες κόμβο $w \in N : D(w) = \min$

10. πρόσθεσε τον κόμβο w στο σύνολο N

11. ανανέωσε τις τιμές $D(v)$ για όλους τους κόμβους v που είναι άμεσα γειτονικοί(ενώνονται με ακμή-φυσικό σύνδεσμο) με τον κόμβο w και δεν ανήκουν στο σύνολο N

12. $D(v) = \min\{D(v), D(w) + c(w, v)\}$

13. /*το νέο κόστος του κόμβου v είναι είτε παλιό κόστος του ή το κόστος του τρέχοντος γνωστού μονοπατιού ελάχιστου κόστους του κόμβου w επαυξημένο με το κόστος της ακμής από τον κόμβο w στον κόμβο v */

14. έως ότου όλοι οι κόμβοι του γράφου(δικτύου) να ανήκουν στο σύνολο N

Όπου:

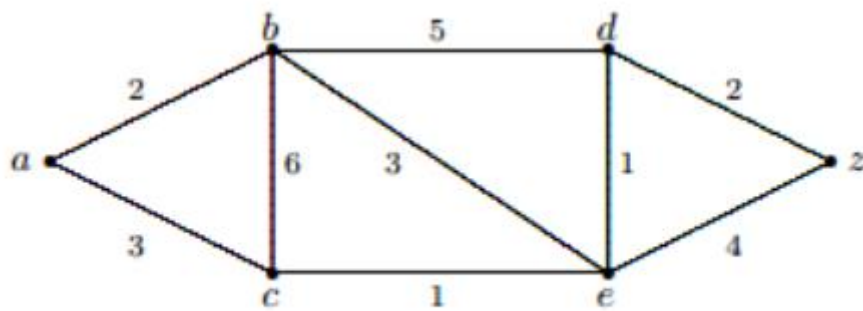
$c(x, y)$: το κόστος μεταξύ των κόμβων x (προέλευσης) και y (προορισμού). Αν οι x, y δεν συνδέονται, τότε $c(x, y) = \infty$

$D(v)$: η τρέχουσα τιμή του κόστους μονοπατιού από τον κόμβο προέλευσης μέχρι τον κόμβο v

$p(v)$: ο κόμβος-πατέρας του κόμβου v στο μονοπάτι από τον κόμβο προέλευσης μέχρι τον κόμβο v

N' : το σύνολο των κόμβων των οποίων το μονοπάτι ελαχίστου κόστους είναι ρητά γνωστό

3.1.2 <Παράδειγμα Αλγορίθμου Dijkstra>



S	$L(a)$	$L(b)$	$L(c)$	$L(d)$	$L(e)$	$L(z)$
\emptyset	0	∞	∞	∞	∞	∞
$\{a\}$		2	3	∞	∞	∞
$\{a, b\}$			3	7	5	∞
$\{a, b, c\}$				7	4	∞
$\{a, b, c, e\}$				5		8
$\{a, b, c, e, d\}$						7
$\{a, b, c, e, d, z\}$						

3.1.3 <Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα Αλγορίθμου Dijkstra>

- Πλεονεκτήματα:

Είναι απλός αλγόριθμος και σίγουρα θα επιστρέψει το συντομότερο μονοπάτι. Πρέπει να τονιστεί πως για ένα δίκτυο που αποτελείται από n κόμβους, κάθε επανάληψη απαιτεί $n(n+1)/2$ συγκρίσεις, με αποτέλεσμα η πολυπλοκότητα του αλγορίθμου να είναι $O(n^2)$. Ωστόσο, σε βελτιωμένες εκδοχές τους, μπορούμε να συναντήσουμε την πολυπλοκότητα του, ίση με $O(n \log n)$.

- Μειονεκτήματα:

Το κύριο μειονέκτημά του είναι η άσκοπη κατανάλωση χρόνου και χώρου για αχρείαστες διατρήξεις του γράφου, εξαιτίας της άπληστης αναζήτησης που υλοποιεί. Επίσης, δεν μπορεί να διαχειριστεί ακμές με αρνητικά βάρη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να καταλήγει σε άκυκλους γράφους, που σπάνια θα επιστρέψουν το συντομότερο μονοπάτι.

3.2 <Αλγόριθμοι Διανύσματος-Απόστασης(Distance Vector Algorithms)>

Σε αυτή την κατηγορία αλγορίθμων, κάθε δρομολογητής υπολογίζει το καλύτερο μονοπάτι προς έναν προορισμό. Γνωστοποιεί κάθε αλλαγή στους γειτονικούς αλγόριθμους με σκοπό να ανανεώσουν τους πίνακες δρομολόγησής τους. Κάθε κόμβος, με τη σειρά του, γνωστοποιεί τις αλλαγές στους δικούς του γειτονικούς κόμβους, με αποτέλεσμα όλοι οι κόμβοι να γνωρίζουν την αλλαγή η οποία έγινε.

3.2.1 <Αλγόριθμος Δρομολόγησης Bellman-Ford(Ford-Fulkerson)>

Ο αλγόριθμος αυτός είναι ο πιο αντιπροσωπευτικός από τους δυναμικούς αλγόριθμους που βασίζονται σε διάνυσμα-απόσταση. Στην περίπτωση αυτή, κάθε δρομολογητής του δικτύου κρατά ένα πίνακα με μία εγγραφή για κάθε κόμβο του δικτύου. Αυτή η εγγραφή περιέχει την καλύτερη, μέχρι στιγμής, απόσταση προς κάθε προορισμό, καθώς επίσης και τη διαδρομή προς αυτόν. Οι πίνακες ενημερώνονται με την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ γειτονικών κόμβων.

Βασική Ιδέα:

Κάθε κόμβος στέλνει το διάνυσμα αποστάσεών του σε όλους τους γειτονικούς του κόμβους. Όταν ο κόμβος x λάβει το διάνυσμα αποστάσεων από τους γειτονικούς του κόμβους, ανανεώνει το δικό του διάνυσμα με βάση τον τύπο:

$$D_x(y) \leftarrow \min_v c(x,y) + D_v(y), \forall y \in N$$

Στον υπολογισμό του νέου πίνακα αποστάσεων, δεν συμμετέχει ο παλιός. Αυτή η ανανέωση μπορεί να γίνει είτε με προκαθορισμένη περιοδικότητα – κάθε επανάληψη και ανανέωση των πινάκων προκαλείται από αλλαγή στα κόστη ή από μήνυμα ανανέωσης διανυσμάτων απόστασης - είτε κατανομημένα – κάθε κόμβος στέλνει μήνυμα ανανέωσης διανυσμάτων αποστάσεων μόνο όταν αλλάξει το δικό του, και οι γείτονες ενημερώνουν τους δικούς τους γείτονες.

Ο αλγόριθμος:

1. Αρχικοποίηση διανυσμάτων αποστάσεων:

2. Για κάθε κόμβο v

3. αν ο κόμβος v είναι πηγή

4. $c(v,v)=0$

5. αλλιώς, αν ο κόμβος είναι προορισμός

6. $c(x,v)=\infty$

7. στους προγόνους του v θέσε την τιμή null

8. Επανάλαβε τις παρακάτω εντολές(υπολογισμός-ανανέωση διανυσμάτων):

9. Για $k=1$ έως $k=|V|-1$:

10. Για κάθε ακμή (x,v) στο γράφο(όπου x είναι ο κόμβος-πηγή και v ο κόμβος-προορισμός)

11. αν $c(x,x) + Dx(v) < c(x,v)$

12. $c(x,v)=c(x,x) + Dx(v)$

13. θέσε ως πρόγονο του v τον κόμβο x

Όπου:

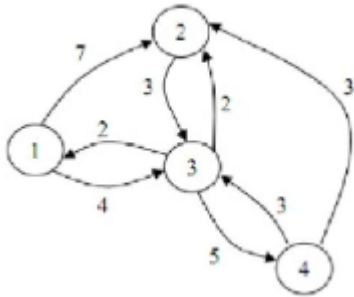
$D_x(y)$: η εκτίμηση ελάχιστου κόστους από τον κόμβο x στον κόμβο y

$c(x,v)$: το κόστος κάθε κόμβου v από τον κόμβο x

$D_x=[D_x(y) : y \in N]$: το διάνυσμα απόστασης του κόμβου x

$D_v=[D_v(y) : y \in N]$: το διάνυσμα κάθε γείτονα v του κόμβου x για τον οποίο ο x διατηρεί το διάνυσμα αποστάσεών του

3.2.2 <Παράδειγμα Αλγορίθμου Bellman-Ford>



Σχήμα 4: ένα μικρό δίκτυο.

		ΠΡΟΣ				
		ΚΟΜΒΟ	1	2	3	4
ΑΠΟ	1	0	7	4	∞	
	2	∞	0	3	∞	
	3	2	2	0	5	
	4	∞	3	3	0	

Σχήμα 5: αρχικοποιημένος πίνακας αποστάσεων.

Στο Σχήμα 5 βλέπουμε τον πίνακα αποστάσεων για κάθε ζεύγος κόμβων του δικτύου που απεικονίζεται στο Σχήμα 4. Με την τιμή 0, δηλώνουμε την απόσταση κάθε κόμβου από τον εαυτό του, ενώ με το ∞ την απόσταση μεταξύ κόμβων που δεν συνδέονται με κάποια ακμή. Για τους κόμβους που συνδέονται με κάποια ακμή μεταξύ τους, αναφέρουμε τις αποστάσεις που αναγράφονται στις ακμές του δικτύου.

Με D_{ij} συμβολίζουμε την απόσταση από τον κόμβο i προς τον κόμβο j . Αν $i=1$ τότε $D_{1j}=D_j$.

Στην πρώτη επανάληψη, για $k=1$, τα D_j είναι αυτά του πίνακα που απεικονίζεται στο Σχήμα 5. Πιο αναλυτικά:

$$k=1, D_1=0, D_2=7, D_3=4, D_4=\infty$$

Στη δεύτερη επανάληψη, για $k=2$, σε κάθε περίπτωση επιλέγεται η μικρότερη απόσταση. Πιο αναλυτικά:

$$D_1 = 0$$

$$D_2 = \min\{D_2, D_{32}, D_{42}\} = \min\{7, 6, \infty\} = 6$$

$$D_3 = \min\{D_3, D_{23}, D_{43}\} = \min\{4, 10, \infty\} = 4$$

$$D_4 = \min\{D_4, D_{24}, D_{34}\} = \min\{\infty, \infty, 9\} = 9$$

Στην τρίτη, και τελευταία, επανάληψη, $k=3$ έχουμε αναλυτικά:

$$D_1 = 0$$

$$D_2 = \min\{D_2, D_{32}, D_{42}\} = \min\{6, 6, 12\} = 6$$

$$D_3 = \min\{D_3, D_{23}, D_{43}\} = \min\{4, 9, 12\} = 4$$

$$D_4 = \min\{D_4, D_{24}, D_{34}\} = \min\{9, \infty, 9\} = 9$$

Αυτές οι τιμές, που προκύπτουν από την τελευταία επανάληψη του αλγορίθμου, είναι οι συντομότερες διαδρομές μεταξύ του κόμβου 1 και των υπολοίπων.

Η συγκεκριμένη κατηγορία αλγορίθμων, έχει τα εξής μειονεκτήματα:

Δεν λαμβάνουν υπόψιν το εύρος ζώνης των γραμμών κατά την επιλογή των διαδρομών, καθώς επίσης, επιτρέπει την αποστολή μηνυμάτων μόνο σε γειτονικούς κόμβους, και όχι οπουδήποτε στο δίκτυο. Επιπλέον, λόγω της πληθώρας των χρόνων που υπάρχουν, μπορεί να προκληθούν βρόγχοι δρομολόγησης, πράγμα που μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα στην μέτρηση στο άπειρο. Σε περίπτωση αποτυχίας ενός κόμβου, θα μεταδοθεί λανθασμένο κόστος για ολόκληρα τα μονοπάτια στα οποία περιέχεται στο σφάλμα. Τέλος, το σφάλμα είναι δυνατόν να φτάσει σε ολόκληρο το δίκτυο, καθώς ο πίνακας αποστάσεων κάθε κόμβου χρησιμοποιείται και από όλους τους υπόλοιπους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: <ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ >

Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης είναι αυτά που ορίζουν τον τρόπο με τον οποίο επικοινωνούν οι δρομολογητές μεταξύ τους, καθώς επίσης διαδίδουν και πληροφορίες, οι οποίες τους δίνουν τη δυνατότητα να επιλέξουν τις διαδρομές μεταξύ των κόμβων του δικτύου. Αρχικά, μοιράζεται αυτές τις πληροφορίες με τους γειτονικούς κόμβους και στη συνέχεια με το υπόλοιπο δίκτυο. Κάποιες από τις ιδιότητες που μας γνωστοποιούν τα πρωτόκολλα δρομολόγησης είναι οι εξής:

- Ο τρόπος με τον οποίο επιχειρούν την καταστροφή βρόγχων, σε περίπτωση που έχουν δημιουργηθεί, ή την αποφυγή δημιουργίας τους.
- Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η επιλογή των διαδρομών χρησιμοποιώντας γνωστές πληροφορίες σχετικά με τα κόστη.
- Ο χρόνος σύγκλισης.
- Η κλιμακοσιμότητά τους.

4.1 <RIP(Routing Information Protocol)>

Το παρόν πρωτόκολλο είναι από τα πιο γνωστά πρωτόκολλα IGP(Interior Gateway Routing) βάσει της μεθόδου διανύσματος-απόστασης, την οποία υλοποιεί με άμεσο τρόπο. Οι κόμβοι του δικτύου χωρίζονται σε ενεργούς – κοινοποιούν τις διαδρομές τους στους υπόλοιπους – και παθητικούς – δεν κάνουν κοινοποιήσεις, αλλά δέχονται μηνύματα RIP, που χρησιμοποιούν για την ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησης τους.

Οι δρομολογητές στέλνουν ένα μήνυμα ενημέρωσης δρομολόγησης περιοδικά, κάθε 30 sec, το οποίο περιλαμβάνει πληροφορίες από την βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται, καθώς επίσης εκπέμπει και ένα σύνολο ζευγών(διεύθυνση IP, απόσταση από το δίκτυο).

Η χρήση αυτής της μεθόδου, δεν αποφέρει πάντα το καλύτερο αποτέλεσμα.

0	8	16	24	31
ΕΝΤΟΛΗ	ΕΚΔΟΣΗ (1)	ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΜΗΔΕΝ (Α)		
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΔΙΚΤΥΟΥ 1		ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΜΗΔΕΝ (Β)		
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ IP ΔΙΚΤΥΟΥ 1				
ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΜΗΔΕΝ (Γ)				
ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΜΗΔΕΝ (Δ)				
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΔΙΚΤΥΟ 1				
(όπως για το δίκτυο 1 συνεχιζεται για τα υπόλοιπα δίκτυα)				

Σχήμα 6: μορφή μηνυμάτων RIP, έκδοση 1

4.2 <OSPF(Open Shortest Path First)>

Πρόκειται για εσωτερικό πρωτόκολλο πύλης δικτύου, που χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο Dijkstra και υλοποιεί μία σειρά από σημαντικά χαρακτηριστικά. Το παρόν πρωτόκολλο ελαχιστοποιεί τις μεταδόσεις που πραγματοποιούνται μέσα από μία περίπλοκη τοπολογία και δίνει τη δυνατότητα σε κάθε δίκτυο πολλαπλής πρόσβασης να έχει ένα συγκεκριμένο κόμβο-δρομολογητή που θα στέλνει τα μηνύματα, τα οποία αναφέρουν την κατάσταση του δικτύου – πιο συγκεκριμένα, την κατάσταση μεταξύ των ακμών και του δικτύου.

Σε περίπτωση ύπαρξης πολλαπλών, ίσου κόστους διαδρομών, το πρωτόκολλο αυτό έχει το πλεονέκτημα να μπορεί να καταναίμει ισόποσα την κίνηση σε όλους τους κόμβους-δρομολογητές(εξισορρόπηση φορτίου). Ένα ακόμη πλεονέκτημα, είναι ότι μπορεί να χωρίσει τα δίκτυα και τους δρομολογητές σε περιοχές, που χαρακτηρίζονται από αυτονομία όσον αφορά στην τοπολογία τους. Κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η συνεργασία πολλών περιοχών μιας τοποθεσίας, χωρίς να χάνουν το δικαίωμα αλλαγής της τοπολογίας των εσωτερικών δικτύων.

0	8	16	24	31
ΕΚΔΟΣΗ(1)	ΤΥΠΟΣ	ΜΗΚΟΣ ΜΗΝΥΜΑΤΟΣ		
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ IP ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ				
ID ΠΕΡΙΟΧΗΣ				
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ		ΤΥΠΟΣ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		
ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ (οκτάδες 0-3)				
ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ (οκτάδες 4-7)				

Σχήμα 7: μορφή μηνυμάτων OSPF

4.3 <BGP(Border Gateway Protocol)>

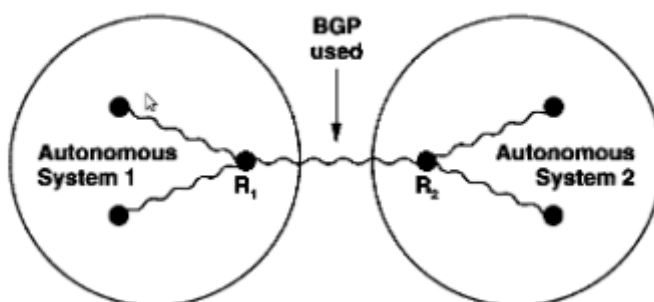
Πρόκειται για εξωτερικό πρωτόκολλο πύλης δικτύου, που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά πληροφοριών δρομολόγησης μεταξύ δύο αυτόνομων συστημάτων. Επίσης, είναι το μόνο πρωτόκολλο το οποίο χρησιμοποιείται στα TCP/IP δίκτυα.

Έχει τη δυνατότητα να επιτρέπει την πλήρως αποκεντρωμένη δρομολόγηση, καθώς επίσης και να ανιχνεύει βρόγχους. Διαθέτει κάποιες επιπρόσθετες λειτουργίες (Classless Inter-Domain Routing/CIDR, Route Aggregation) με τη βοήθεια των οποίων μειώθηκε σημαντικά η αποθηκευμένη πληροφορία στους πίνακες δρομολόγησης.

Λειτουργία:

Σε πρώτη φάση, οι δρομολογητές ανταλλάσσουν ολόκληρο τον πίνακα δρομολόγησης που ο καθένας διαθέτει. Σε κάθε βήμα, στέλνονται οι ενημερωμένοι πίνακες, αλλά όχι ολόκληροι, σε αντίθεση με άλλα πρωτόκολλα. Οι BGP δρομολογητές, διατηρούν την τελευταία έκδοση του πίνακα, καθώς επίσης και έναν αριθμό του πίνακα που θα πρέπει να είναι ίδιος για όλους.

Στον πίνακα διατηρείται η βέλτιστη, μόνο, διαδρομή, η οποία και προωθείται στους υπόλοιπους δρομολογητές. Οι βέλτιστες διαδρομές υπολογίζονται σε σχέση με τις ενημερώσεις και όχι σε σχέση με τη συνολική κατάσταση.



Σχήμα 8: BGP μεταξύ αυτόνομων συστημάτων

4.4 <Πρωτόκολλο PNNI(Private Network-to-Network Interface)>

Πρόκειται για ένα ιεραρχικό, δυναμικό πρωτόκολλο δρομολόγησης κατάστασης συνδέσεων, για μεγάλα δίκτυα τεχνολογίας ATM. Εφαρμόζεται κατά βάση μεταξύ δύο ATM switches του ίδιου δικτύου, ή ακόμη και μεταξύ διαφορετικών, αυτόνομων ATM δικτύων.

Λειτουργία:

Εντοπίζει, αυτόματα, μονοπάτια στο δίκτυο χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνικές εύρεσης γειτόνων, και βοηθά στο στήσιμο SVCs(switched virtual circuits) μεταξύ τερματικών συστημάτων. Βάσει αυτού, μπορούμε να πούμε πως το πρωτόκολλο PNNI έχει διπλή υπόσταση, δηλαδή είναι και πρωτόκολλο δρομολόγησης αλλά και πρωτόκολλο σηματοδότησης.

Το πρωτόκολλο PNNI σχεδιάστηκε με βάση το πρωτόκολλο OSPF. Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του είναι η δυνατότητα ενσωμάτωσης switches ATM διάφορων κατασκευαστών, καθώς επίσης και ότι περιέχει ένα standard πρωτόκολλο σηματοδότησης με σκοπό να είναι επιτρεπτή η ανταλλαγή πληροφοριών τοπολογίας δικτύου από τον ATM εξοπλισμό.

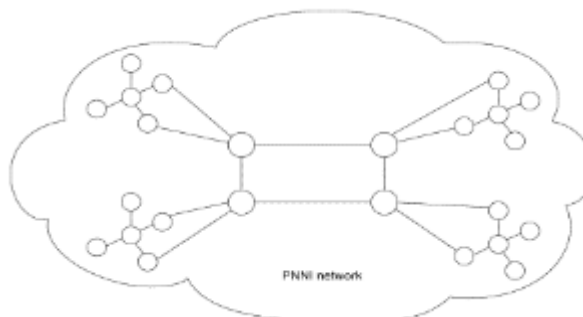
2 bytes	2 bytes	1 byte	1 byte	1 byte	1 byte
Τύπος πακέτου	Μήκος πακέτου	Έκδοση πρωτοκόλλου	Νεώτερη έκδοση που υποστηρίζεται	Παλαιότερη έκδοση που υποστηρίζεται	Διατηρημένο

Σχήμα 9: κεφαλίδα μηνύματος PNNI

Κατά το σχεδιασμό ενός δικτύου PNNI μπορούμε να διαλέξουμε μία σειρά από τοπολογίες, όπως:

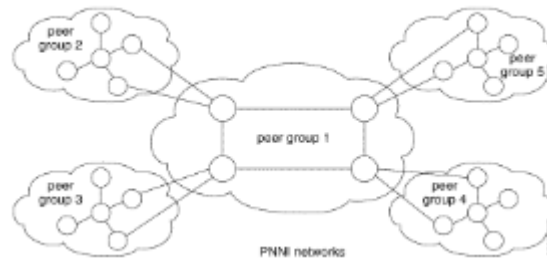
- Single Peer Group Topology

Όλοι οι κόμβοι μοιράζονται πληροφορίες με όλους τους κόμβους. Όλοι οι κόμβοι έχουν τη δυνατότητα να αποφασίζουν διαδρομές προς όλους τους υπόλοιπους κόμβους μέσα σε ένα single peer group. Η τοπολογία αυτή είναι εύκολη σχεδιαστικά, όμως το μέγεθός της περιορίζεται από το μέγεθος της βάσης δεδομένων.



- Ιεραρχικό PNNI δίκτυο

Διασυνδέει πολλαπλά PNNI peer groups με σκοπό τη δημιουργία ενός μεγαλύτερου δικτύου. Η διαφορά των δύο τοπολογιών εντοπίζεται στην ομαδοποίηση των κόμβων. Σε αυτή την τοπολογία, η κα-

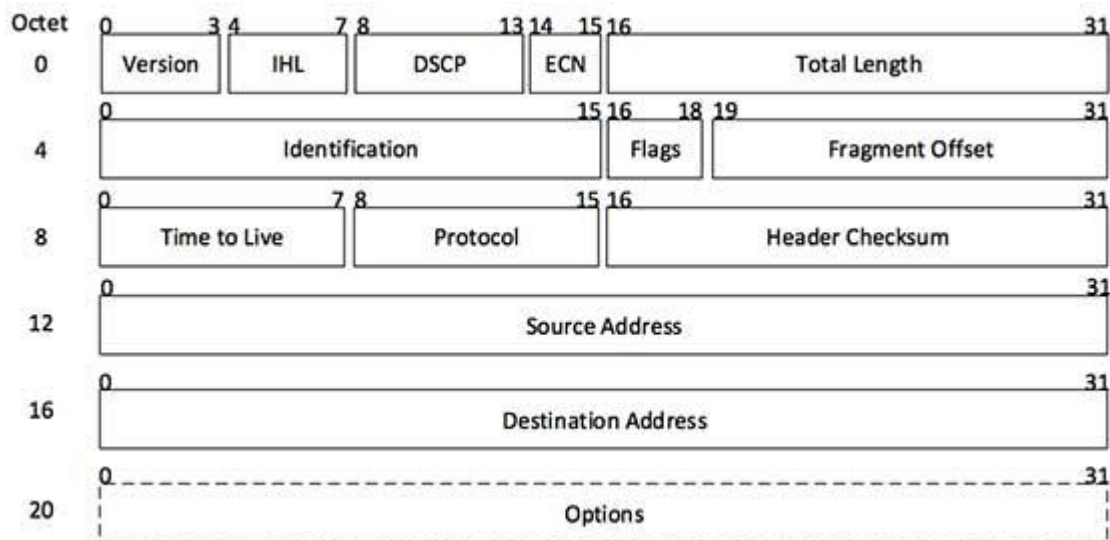


τηγοριοποίηση των κόμβων δημιουργεί μικρότερες βάσεις δεδομένων, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι απαιτήσεις επεξεργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: <Η ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ TCP/IP >

Το TCP/IP αποτελείται από δύο τμήματα, το TCP και το IP. Το TCP αναλαμβάνει την μετατροπή των μηνυμάτων σε πακέτα στον κόμβο πηγή. Εκτελεί και την αντίθετη μετατροπή στον κόμβο προορισμού. Το δεύτερο τμήμα, IP, αναλαμβάνει τη διευθυνσιοδότηση και δρομολόγηση μηνυμάτων από τον ένα κόμβο στον άλλο. Αυτή η δρομολόγηση γίνεται μέσω πολλαπλών ετερογενών δικτύων διαφορετικών αρχιτεκτονικών, όπως NCP, TCP/IP, X.25, FDDI(δίκτυα οπτικών ινών) κλπ.

Ένα δίκτυο IP μεταφέρει πακέτα IP μεταξύ των κόμβων του. Ένα πακέτο αποτελείται από την επικεφαλίδα και την ωφέλιμη πληροφορία(payload), η οποία περιέχει δεδομένα που υπάρχουν στα παραπάνω επίπεδα.



Σχήμα 10: Η επικεφαλίδα του πακέτου IP

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 10, η επικεφαλίδα ενός πακέτου IP περιλαμβάνει έναν αριθμό πεδίων, διαφορετικού μήκους, που αφορούν σε πληροφορίες σχετικά με την δρομολόγησή του, δηλαδή τη μεταφορά του.

Η βασικότερη πληροφορία που περιέχεται στην επικεφαλίδα είναι οι διευθύνσεις πηγής και προορισμού, όπως φαίνεται παραπάνω, Source Address και Destination Address, κατ' αντιστοιχία. Αυτή η πληροφορία, ελέγχεται σε κάθε ενδιάμεσο κόμβο της διαδρομής που ακολουθεί το πακέτο.

Η επικεφαλίδα «αποφασίζει» τον επόμενο κόμβο στον οποίο θα κατευθυνθεί το πακέτο, όταν αυτό θα πρέπει να προωθηθεί σε κάποιο δίκτυο που δεν αντιστοιχεί σε καμία διεπαφή του.

Η δρομολόγηση στο δίκτυο IP γίνεται με βάση τον προορισμό του πακέτου, από κόμβο σε κόμβο, μέσω κάποιων δρομολογητών, οι οποίοι ορίζουν και τη διαδρομή του πακέτου προς τον τελικό προορισμό. Κάθε απόφαση που λαμβάνεται σε κάθε ενδιάμεσο κόμβο της διαδρομής, καταγράφεται στον πίνακα δρομολόγησης του κάθε κόμβου. Βάσει αυτών των πληροφοριών και ανάλογη επεξεργασία αυτών, οι δρομολογητές υπολογίζουν και εντοπίζουν την πλέον κατάλληλη-βέλτιστη διαδρομή, που θα ακολουθήσει το πακέτο, προς κάθε γνωστό προορισμό. Αυτή η διαδικασία βασίζεται σε αλγόριθμους δρομολόγησης, που έχουν αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα(βλ. Bellman-Ford, Dijkstra).

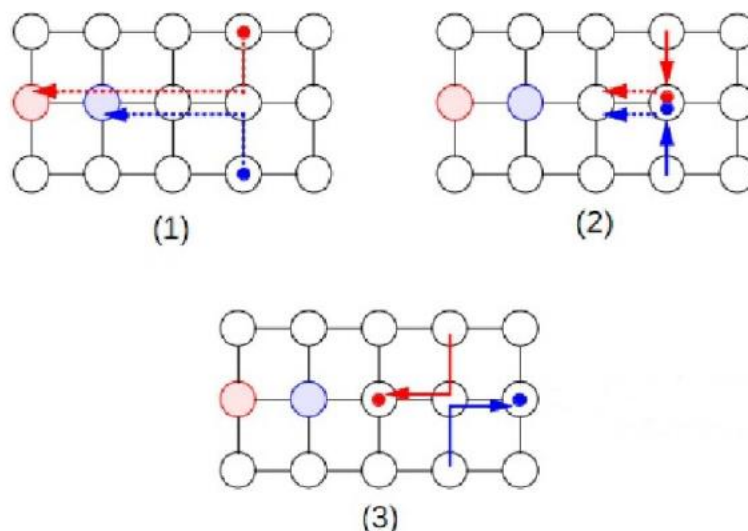
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: <ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΔΡΟΜΟ-ΛΟΓΗΣΗΣ >

6.1 <Δρομολόγηση Καυτής Πατάτας(Hot-Potato Routing)>

Πρόκειται για μέθοδο στατικής δρομολόγησης με εκτροπή, γνωστή ως deflection routing, όπου οι κόμβοι-δρομολογητές του δικτύου δεν διατηρούν μνήμη για την αποθήκευση των καθυστερημένων πακέτων. Όταν ένα πακέτο φτάσει σε κάποιο κόμβο, είτε θα απορροφηθεί από αυτόν, αν είναι ο κόμβος-προορισμός, είτε, αναγκαστικά, θα προχωρήσει, με αποτέλεσμα, κάποιες φορές, κάποια από αυτά να εκτοπίζονται από την αρχική τους διαδρομή και να απομακρύνονται από το μονοπάτι που θα κατέληγε στον προορισμό τους.

Κάθε φορά, μόνο ένα πακέτο μπορεί να προωθηθεί σε μία ακμή και κανένα πακέτο δεν μπορεί να παραμείνει σε ένα κόμβο για πάνω από μία χρονική στιγμή. Αν περισσότερα από ένα πακέτα βρεθούν ταυτόχρονα στον ίδιο κόμβο, αφού μόνο ένα μπορεί να παραμείνει σε αυτόν, τα υπόλοιπα, θα προωθηθούν σε άλλη ακμή, με πιθανό σενάριο να απομακρυνθούν από το μονοπάτι της διαδρομής τους.

Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος έχει εφαρμογή σε οπτικά δίκτυα, αφού το φως είναι δύσκολο να αποθηκευτεί. Ωστόσο, εφαρμόζεται και σε μη οπτικά δίκτυα, αφού απαιτεί απλό hardware. Σκοπός των αλγορίθμων τέτοιου τύπου, είναι ο προσδιορισμός κίνησης των πακέτων και ο προσδιορισμός επίλυσης των συγκρούσεων.



Σχήμα 11: Στιγμιότυπο σύγκρουσης και εκτροπής σε δίκτυο που εφαρμόζεται αλγόριθμος καυτής πατάτας

6.2<Δρομολόγηση Πλημμύρας(Flooding Routing)>

Πρόκειται για αλγόριθμο στατικής δρομολόγησης. Κάθε κόμβος εκτελεί λειτουργίες και πομπού και δέκτη. Κάθε πακέτο που θα φτάσει σε κάποιο κόμβο, θα προωθηθεί από όλες τις εξερχόμενες ακμές του κόμβου, εκτός από αυτή από την οποία προήλθε. Δημιουργείται άπειρο πλήθος αντιγράφων των πακέτων του δικτύου. Το πλήθος αυτό, αυξάνεται εκθετικά συναρτήσει του πλήθους κόμβων του δικτύου και της πολυπλοκότητας τους.

Ο αλγόριθμος δρομολόγησης πλημμύρας, αν και δεν είναι τόσο αποδοτικός, χρησιμοποιείται σε μία σειρά από εφαρμογές, καθώς επίσης έχουν δημιουργηθεί και κάποιες παραλλαγές του. Κάποιες από τις εφαρμογές στις οποίες χρησιμοποιείται, είναι συστήματα διαμοίρασης αρχείων peer-to-peer, με σκοπό την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων, ή παιχνιδιών, καθώς επίσης και σε ασύρματα δίκτυα, ώστε όλοι οι σταθμοί, σε μία εμβέλεια, να μπορούν να λαμβάνουν από κάποιο άλλο σταθμό του δικτύου. Επίσης, εφαρμόζονται και σε κατανεμημένες βάσεις δεδομένων με σκοπό να ενημερώνονται ταυτόχρονα όλες οι βάσεις. Χρησιμοποιούνται και σαν μέτρο σύγκρισης για άλλους αλγόριθμους δρομολόγησης, αφού πάντα επιλέγουν την πιο σύντομη διαδρομή.

Σε σχέση με αλγορίθμους που έχουμε ήδη δει, ο αλγόριθμος δρομολόγησης πλημμύρας έχει τη μικρότερη καθυστέρηση, καθώς επίσης, μας εξασφαλίζει ότι το πακέτο θα φτάσει σίγουρα στον προορισμό του.

6.3<Δρομολόγηση Πολλαπλών Μονοπατιών(Multipath Routing)>

Η δρομολόγηση πολλαπλών μονοπατιών προς ένα προορισμό, είναι ακόμη μία λογική των στατικών αλγορίθμων δρομολόγησης. Η συγκεκριμένη κατηγορία, δεν έχει ακόμη χρησιμοποιηθεί ευρέως στην πράξη.

Επιγραμματικά, ο αλγόριθμος αναζητά και καταγράφει όλα τα πιθανά μονοπάτια από τον κόμβο πηγή προς τον κόμβο προορισμό, τα οποία επιστρέφει με τυχαία σειρά.

Πρόκειται για μία αξιόπιστη κατηγορία στατικών αλγορίθμων δρομολόγησης, αφού, ακόμη και να «καταρρεύσει» κάποιο μονοπάτι, σίγουρα υπάρχει και κάποιο άλλο που θα εκτελέσει την διαδρομή με ίδια αρχή και τέλος. Η δρομολόγηση πολλαπλών μονοπατιών επιφέρει καλύτερο εύρος κι επαυξημένη ασφάλεια.

6.4<Δρομολόγηση Ευρείας Εκπομπής(Broadcasting Routing)>

Αυτή η κατηγορία αλγορίθμων δρομολόγησης αφορά στην ταυτόχρονη αποστολή ενός πακέτου σε κάθε κόμβο-προορισμό. Η πιο απλή μέθοδος, είναι αυτή, που ο κόμβος πηγή στέλνει ένα διαφορετικό πακέτο, ίδιου περιεχομένου σε κάθε κόμβο προορισμό.

Εναλλακτικοί τρόποι υλοποίησης της είναι με τη χρήση είτε της μεθόδου πλημμύρας, με μεγάλο, όμως, κόστος εύρους ζώνης, είτε με τον αλγόριθμο δρομολόγησης πολλαπλών προορισμών, όπου κάθε πακέτο περιέχει μια λίστα με όλους τους επιθυμητούς προορισμούς, είτε ακόμη και με τη μέθοδο που χρησιμοποιεί τα δένδρα απαγωγής ή spanning trees.

Μπορεί, ακόμη, να υλοποιηθεί και με την προώθηση αντίστροφης διαδρομής. Η λογική είναι η εξής: όταν ένα πακέτο φτάσει σε ένα δρομολογητή, αυτός ελέγχει αν το πακέτο παραλήφθηκε από την γραμμή που χρησιμοποιείται για την αποστολή πακέτων προς τον κόμβο πηγή του πακέτου. Αν ναι, τότε είναι αρκετά μεγάλη η πιθανότητα το πακέτο να έχει ακολουθήσει την συντομότερη διαδρομή. Αν όχι, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα το πακέτο να είναι ένα αντίγραφο, κι έτσι απορρίπτεται.

6.5<Δρομολόγηση με βάση τη ροή Δεδομένων(Flow-Based Routing)>

Πρόκειται για μία ακόμη λογική στατικής δρομολόγησης, με βάση την ροή των δεδομένων. Κάποιες φορές, η μέση ροή δεδομένων μεταξύ δύο κόμβων σε ένα δίκτυο(πηγή-προορισμός) είναι προβλέψιμη και σταθερή, κι έτσι είναι εύκολο να υπολογιστεί και η μέση καθυστέρηση συνολικά του δικτύου.

Οι αλγόριθμοι που εφαρμόζουν αυτή τη λογική λαμβάνουν υπόψιν την τοπολογία του δικτύου καθώς και το φορτίο συνδέσεων. Ωστόσο, πρέπει να πληρούνται οι εξής προϋποθέσεις. Πρέπει:

- Να είναι γνωστή η τοπολογία του δικτύου, σε ολόκληρο το δίκτυο.
- Να υπάρχει ενημερωμένος πίνακας κίνησης
- Να υπάρχει ενημερωμένος πίνακας χωρητικής ικανότητας συνδέσεων
- Να υπάρχει ένας αλγόριθμος δρομολόγησης

Στόχος είναι να βρεθεί ο αλγόριθμος που παράγει για το δίκτυο τη μικρότερη μέση καθυστέρηση.

6.6 Ασαφής Δρομολόγηση(Fuzzy Routing)

Ο όρος «ασαφής λογική» χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει τη λογική που, (π.χ.) σε ένα δυαδικό σύστημα (0, 1), μία μεταβλητή μπορεί να πάρει μόνο μία από τις δύο τιμές, από την προσεγγιστική λογική της ασάφειας, όπου στο ίδιο σύνολο τιμών μία μεταβλητή μπορεί να πάρει οποιονδήποτε πραγματικό αριθμό. Ο όρος «ασαφής λογική», λοιπόν, εισάγει πρακτικά την έννοια του «μερικώς αληθής» και «μερικώς ψευδής».

Στον τομέα της δρομολόγησης έχει προταθεί μία σειρά από ασαφείς αλγορίθμους δρομολόγησης για ασύρματα ad-hoc δίκτυα, που αντιμετωπίζουν, βέβαια, μία σειρά από προβλήματα, που αφορούν στην κινητικότητα των κόμβων-δρομολογητών, στο περιορισμένο εύρος ζώνης και την περιορισμένη ενέργεια του δικτύου.

Οι Gasim Alandjani και Eric E. Johnson πρότειναν έναν απλό αλγόριθμο, βασισμένο στην ασαφή λογική, ο οποίος αναζητά και βρίσκει ένα μέγιστο σύνολο ξένων μονοπατιών από ένα κόμβο-πηγή προς ένα κόμβο-προορισμό. Εφαρμόζει έναν ελεγκτή ασαφούς λογικής ώστε να αποφασιστεί πώς θα χρησιμοποιηθούν τα μονοπάτια αυτά για να διαχειριστεί την κίνηση του δικτύου.

Ο ελεγκτής αυτός, ορίζει κανόνες, για να παρθεί απόφαση όσον αφορά την προώθηση των πακέτων που φτάνουν στον κόμβο-δρομολογητή στον οποίο βρίσκεται. Τα πακέτα αυτά, μπορεί να μην προωθηθούν, να προωθηθούν σε ένα, παραπάνω ή και σε όλα τα μονοπάτια του δικτύου. Οι κανόνες που ορίζονται από τον ελεγκτή εξαρτώνται κατά βάση από την προτεραιότητα των πακέτων και από την συμφόρηση που μπορεί να επικρατεί στο δίκτυο.

Η είσοδος του ελεγκτή είναι η κατάσταση που επικρατεί στο δίκτυο, καθώς και η προτεραιότητα του πακέτου και η έξοδος είναι η απόφαση για το/τα δρομολόγιο/α που θα ακολουθηθούν.

<ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ>

<Βιβλία>

1. https://books.google.gr/books?hl=en&lr=&id=5OCcBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=network+routing+protocols&ots=mDTLeaqdDc&sig=EhAaVIvdJqtUIqfBYVJ4Q3aW-ew&redir_esc=y#v=onepage&q=network%20routing%20protocols&f=false
2. https://books.google.gr/books?hl=en&lr=&id=YXUWsqVhx60C&oi=fnd&pg=PR10&dq=routing+protocol&ots=KzvJNe6ZC4&sig=C6t4viv9o7MhMrTBKQ8yjLXYupU&redir_esc=y#v=onepage&q=routing%20protocol&f=false
3. Tanenbaum, Andrew S., and David Wetherall. *Computer networks*. Prentice hall, 1996.
4. Allman, M., D. Glover, and L. Sanchez. "RFC2488: Enhancing TCP Over Satellite Channels using Standard Mechanisms." (1999).
5. Seth, Sameer, and M. Ajaykumar Venkatesulu. *TCP/IP Architecture, Design, and Implementation in Linux*. Vol. 68. John Wiley & Sons, 2009.
6. Comer, Douglas E. "Διαδίκτυα με TCP/IP αρχές, πρωτόκολλα και αρχιτεκτονικές,(4η έκδοση)." *Αθήνα: Κλειδάριθμος* (2001).
7. Andrew S. Tanenbaum. *Δίκτυα Υπολογιστών*, 4η Αμερικάνικη Έκδοση, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2003

<URLs>

1. http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BB%CE%B3%CF%8C%CF%81%CE%B9%CE%B8%CE%BC%CE%BF%CF%82_%CF%84%CE%BF%CF%85_Dijkstra
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Bellman%E2%80%93Ford_algorithm
3. <http://pacific.jour.auth.gr/internet/page3.htm>
4. <http://www.cs.jhu.edu/~goodrich/cgc/pubs/routing.pdf>
5. <http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras/undergraduate-courses/diktua-dhmosias-xrhshs-kai-diasundesh-diktuwn?language=el>
6. <https://networklessons.com/multicast/multicast-pim-dense-mode>

7. <https://slideplayer.com/slide/8674068/>