

ΠΤΥΧΙΑΚΗ

**ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ Η/Υ ΜΕΣΩ ΔΙΚΤΥΩΝ**



Φοιτήτριες:

- 1. Σταθοπούλου Γεωργία ΑΜ:8332**
- 2. Τσακαλίδου Δήμητρα ΑΜ:7970**



Πίνακας περιεχομένων

| | |
|--|----|
| Περίληψη | 4 |
| Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή | 5 |
| Εισαγωγή..... | 5 |
| Κεφάλαιο 2- Computer Communication Networks (CCNs)..... | 6 |
| 2.1 Εισαγωγή..... | 6 |
| 2.2 Δομή CCNs | 6 |
| 2.3 Τύποι δικτύων επικοινωνίας | 8 |
| 2.3.1. Τύποι επικοινωνίας δικτύων: Ασύρματα και ενσύρματα δίκτυα..... | 9 |
| Τι είναι η IEEE 802.11 | 9 |
| IEEE 802.11 | 9 |
| Τι είναι το ασύρματο δίκτυο | 10 |
| Τι είναι το WiFi..... | 10 |
| Γιατί το κάνουμε | 11 |
| Τι είναι το WLAN..... | 11 |
| Πώς δουλεύει το δίκτυο | 12 |
| Ενσύρματα Δίκτυα | 12 |
| Το μοντέλο OSI..... | 12 |
| Η οικογένεια πρωτοκόλλων TCP/IP | 13 |
| Τεχνολογίες ενσύρματων δικτύων | 14 |
| Τοπολογία δικτύων | 14 |
| Πώς λειτουργεί ένα WAN..... | 15 |
| 2.4 Εκτιμήσεις σχεδίου. | 15 |
| 2.5 Η τρέχουσα κατάσταση (ISDN)..... | 16 |
| 2.5.1 B-ISDN | 16 |
| 2.6 Δρομολόγηση. | 19 |
| 2.6.1 Αλγόριθμοι δρομολόγησης: ταξινόμηση | 19 |
| 2.6.2 Ενιαία και πολλαπλή διαδρομή RAs..... | 20 |
| 2.6.3 Συντομότερη δρομολόγηση διαδρομών | 20 |
| 2.6.4 Πολυτμηματική δρομολόγηση | 21 |
| 2.6.5 Διανεμημένη δρομολόγηση. | 21 |
| 2.6.6 Βέλτιστη δρομολόγηση..... | 21 |
| 2.6.7 Συγκεντρωμένη δρομολόγηση | 21 |
| 2.7 Περίληψη και συμπεράσματα | 22 |
| Κεφάλαιο 3-Πρόγραμμα προσομοίωσης για την αξιολόγηση των αλγορίθμων δρομολόγησης..... | 23 |
| 3.1 Εισαγωγή..... | 23 |
| 3.2 Η φύση της προσομοίωσης | 23 |
| 3.3. Μίμηση ενός πολλαπλού-κεντρικού υπολογιστή που περιμένει στη σειρά του συστήματος: Μια επισκόπηση | 24 |
| 3.3.1 Μίμηση ενός συστήματος αναμονής πολλαπλών-κεντρικών υπολογιστών: συγχρονισμός..... | 25 |
| 3.3.2 Μίμηση ενός συστήματος αναμονής πολλαπλών-κεντρικών υπολογιστών: αφίξεις | 27 |
| 3.3.3 Μίμηση ενός συστήματος πολλαπλών-κεντρικών υπολογιστών στην σειρά αναμονής: αναχωρήσεις..... | 30 |
| 3.3.4. Μίμηση ενός συστήματος αναμονής πολλαπλών-κεντρικών υπολογιστών: Μετρήσεις..... | 33 |
| 3.4 Περίληψη και συμπεράσματα | 35 |
| Κεφάλαιο 4-Αξιολόγηση απόδοσης των αλγορίθμων δρομολόγησης..... | 36 |
| 4.1 Εισαγωγή..... | 36 |
| 4.2 Κριτήρια απόδοσης | 36 |
| 4.3 Στόχοι σχεδιαγράμματος και αξιολόγησης συστημάτων..... | 36 |

| | |
|---|----|
| 4.4 Σχέδια δρομολόγησης | 37 |
| 4.4.1. Τυχαίος αλγόριθμος δρομολόγησης..... | 39 |
| 4.4.2. Αλγόριθμος δρομολόγησης καθυστέρησης σειρών αναμονής. | 43 |
| 4.4.3. Καλύτερος αλγόριθμος δρομολόγησης πορειών..... | 46 |
| 4.5 Περίληψη και συμπεράσματα | 51 |

Περίληψη

Αυτό το πρόγραμμα εξετάζει ένα από τα πιο ουσιαστικά ιδρυτικά μέρη οποιουδήποτε δικτύου υπολογιστών. Το διάγραμμα κατευθύνει την κυκλοφορία δικτύων, είτε πρόκειται για εργασίες, κύτταρα ή πακέτα, από έναν σταθμό πηγής σε έναν σταθμό προορισμού μέσω ενός δικτύου διασυνδεδεμένων ενδιάμεσων σταθμών. Η διαδικασία των κατευθυνόμενων μηνύματα μέσω ενός δικτύου μηχανών με προοριζόμενο σκοπό έναν προορισμό που επεξεργάζεται η μηχανή αναφέρεται ως **δρομολογητής**.

Ο στόχος αυτής της έκθεσης είναι να πραγματοποιήσει μια αξιολόγηση απόδοσης των σχεδίων δρομολόγησης σε ένα μιμούμενο δίκτυο υπολογιστών. Τρεις αλγόριθμοι δρομολόγησης έχουν κατασκευαστεί για αυτό τον σκοπό. Τα σχετικά πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους πρόκειται να επισημανθούν για να επιτρέψουν στο σχεδιαστή συστημάτων να συναγάγει ακίνδυνα τα συμπεράσματα για την καταλληλότητά τους. Τρία κριτήρια απόδοσης πρόκειται να ενσωματωθούν για να βοηθήσουν στην αξιολόγηση των αλγορίθμων δρομολόγησης.

Η ελλοχεύουσα πλατφόρμα που έχει χτιστεί σε αυτό το πλαίσιο είναι ένα

πρόγραμμα προσομοίωσης στο οποίο η αξιολόγηση απόδοσης θα πραγματοποιηθεί. Αποτελείται από έξι διασυνδεδεμένους σταθμούς μέσω των οποίων η κυκλοφορία πρόκειται να κατευθυνθεί. Υπάρχει ένας σταθμός που διαδραματίζει το ρόλο της γεννήτριας κυκλοφορίας και ενός σταθμού ,μέσω του οποίου όλη η κυκλοφορία πρόκειται να περάσει (πριν αφήσει το δίκτυο). Το πρόγραμμα προσομοίωσης θα συγκεντρώσει τις στατιστικές πληροφορίες για τη συμπεριφορά της κυκλοφορίας μέσα στο δίκτυο για να βοηθήσει να αξιολογηθούν τα σχέδια δρομολόγησης.

Όλοι οι στόχοι που τίθενται πριν από τη σύνταξη αυτής της έκθεσης έχουν επιτευχθεί. Το πρόγραμμα προσομοίωσης έχει κατασκευαστεί και οι μελέτες αξιολόγησης απόδοσης έχουν πραγματοποιηθεί. Ενδεχομένως, με την ανάγνωση αυτής της έκθεσης το ένα θα είναι σε θέση να συναγάγει ακίνδυνα τα συμπεράσματα για τον τρόπο λειτουργίας, απόδοσης και τελικά, καταλληλότητας των σχεδίων δρομολόγησης που εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια της σύνταξης αυτής της έκθεσης.

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

Εισαγωγή.

Από την εμφάνιση του υπολογισμού, ήταν προφανές ότι υπήρξε μια τάση προς τους συνεχώς γρηγορότερους και αποδοτικότερους τρόπους επεξεργασίας. Οι υπολογιστές διενεργούσαν τις διαδικασίες ως αυτόνομα 'άλογα' εργασίας. Εντούτοις, καθώς ο χρόνος πέρασε και οι απαιτήσεις συνέχισαν να αυξάνονται, η βιομηχανία υπολογισμού αντιλήφθηκε ότι η λύση στα προβλήματα που παρουσιάστηκαν πρέπει να διαφέρει από τον παραδοσιακό τύπο αρχιτεκτονικής του Von Neuman. Οι άνθρωποι συνειδητοποιούν ότι η προσέγγιση προς την ταχύτητα υπολογιστών, η υπολογιστική αποδοτικότητα και τα αξιόπιστα αποτελέσματα επεξεργασίας πρέπει να συνδεθούν κάπως με μια περισσότερο από ενιαία μηχανή. Ήταν έπειτα ότι τα δίκτυα υπολογιστών-μήχαν στην εικόνα για να παρέχουν τους τρόπους στους αλληλοσυνδεδεμένους υπολογιστές προκειμένου να επιτευχθούν μαζί οι κοινί στόχοι. Σε αυτό το πλαίσιο, έγινε σημαντικό, ευθύς εξαρχής, να συνδεθούν αποτελεσματικά οι υπολογιστές με έναν τρόπο που η απόδοση και η ανταλλαγή των πληροφοριών θα μπορούσαν να βελτιωθούν και να μην επιδεινωθούν.

Αυτό το πρόγραμμα εξετάζει την έννοια των δρομολογημένων μηνύματα από έναν υπολογιστή πηγής σε έναν προορισμό, σε ένα δίκτυο διασυνδεδεμένων μηχανών. Η δρομολόγηση των μηνυμάτων μεταξύ των υπολογιστών σε ένα δίκτυο είναι πιθανώς η μεγαλύτερη απαίτηση σχεδιάζοντας το στόχο που ένας υπεύθυνος για την ανάπτυξη δικτύων θα μπορούσε να έρθει ενάντια. Διάφορες τεχνικές δρομολόγησης έχουν αναπτυχθεί κατά τη διάρκεια των ετών, κάθε μια με ειδικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά . Ένα καλό σχέδιο δρομολόγησης πρέπει να είναι σε θέση να αποδείξει την ανωτερότητά του πέρα από άλλα σχέδια δρομολόγησης προτού να εφαρμοστεί επάνω σε ένα πραγματικό δίκτυο υπολογιστών.

Σε αυτό το έργο ένα πρόγραμμα προσομοίωσης έχει χτιστεί που περιλαμβάνει έξι διασυνδεδεμένους σταθμούς. Κάθε ένας από αυτούς τους σταθμούς μπορεί να επικοινωνήσει με οποιοδήποτε άλλο σταθμό στο δίκτυο μέσω μιας αντίστοιχης πορείας. Η επιλογή της πορείας είναι αυτό που αυτό το πρόγραμμα εξετάζει. Τρεις τεχνικές έχουν αναπτυχθεί σε αυτό το πλαίσιο και μια συγκριτική μελέτη μεταξύ τους θα παρουσιαστεί και θα αναλυθεί λεπτομερώς στο κεφάλαιο 4 όπου τα σχέδια δρομολόγησης θα συζητηθούν. Τα ζητήματα απόδοσης θα αναφερθούν και τα αποτελέσματα προσομοίωσης θα διευκρινιστούν και θα συζητηθούν εκτενώς. Επιπλέον, διάφορες δοκιμές για το πρόγραμμα προσομοίωσης θα παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 3 για να καταδείξουν τη σωστή λειτουργία του.

Στο κεφάλαιο 2 στον αναγνώστη θα παρασχεθεί μια έρευνα για τις τρέχουσες τεχνολογίες δικτύωσης, αλγόριθμοι δρομολόγησης και τι το μέλλον κρατά για αυτήν την περιοχή. Στο κεφάλαιο 3, το πρόγραμμα προσομοίωσης που αναπτύσσεται για αυτό το έργο θα αναλυθεί. Στο κεφάλαιο 4 η απόδοση και η εφαρμογή των αλγορίθμων δρομολόγησης θα συζητηθούν. Στο κεφάλαιο 5 τα συμπεράσματα που προέρχονται από αυτό το πρόγραμμα θα αναλυθούν και τελικά, στο κεφάλαιο 6, θα συζητηθεί τι μπορεί να γίνει περαιτέρω για να βελτιωθεί αυτό το πρόγραμμα .

Κεφάλαιο 2- Computer Communication Networks (CCNs)

2.1 Εισαγωγή.

Δύο δεκαετίες πριν όλοι οι υπολογιστές ήταν για τη συλλογή πληροφοριών και επεξεργασία. Από την αρχή της δεκαετίας του '70 εντούτοις, ο όρος "διανομή" που εισήχθη αρχικά, έπειτα, έγινε πολλαπλής σπουδαιότητας στους μηχανικούς υπολογιστών, στους αναλυτές υπολογιστών και στους σχεδιαστές και, φυσικά, στους τελικούς χρήστες. Ήταν έπειτα για πρώτη φορά ότι οι άνθρωποι αναγνώριζαν ότι οι ειδικοί πόροι που ενισχύθηκαν σε κάθε μια από τις πολλές χωριστές εγκαταστάσεις υπολογιστών θα μπορούσαν να ωφεληθούν παρά πολύ από την κοινή εκμετάλλευση πόρων. Οι χρήστες θα μπορούσαν να απολαύσουν τους γρηγορότερους χρόνους απόκρισης και γεωγραφικά οι ανόμοιες ομάδες θα μπορούσαν να συνεργαστούν με το να ανταλλάξουν αρχεία, τηλεφωνικές γραμμές, χρησιμοποίηση που νοθεύτηκε ιδιαίτερα, στο χρόνο, τις συσκευές καλούμενες modems.

Το παλαιό πρότυπο ενός ενιαίου υπολογιστή που εξυπηρετεί όλες τις υπολογιστικές ανάγκες μιας οργάνωσης γίνεται γρήγορα ξεπερασμένο και αντικαθίσταται από ένα στο οποίο ένας μεγάλος αριθμός χωριστών αλλά διασυνδεδεμένων υπολογιστών εκτελεί τους στόχους επεξεργασίας. Αυτά τα συστήματα καλούνται **δίκτυα υπολογιστών**. Μιλώντας γενικά ο τομέας της επικοινωνίας υπολογιστών εξετάζει τη μελέτη των δικτύων υπολογιστών που σχεδιάζονται για τη μετάδοση πληροφοριών πέρα από τις γραμμές σύνδεσης. Το ενδιαφέρον για τα δίκτυα επικοινωνίας υπολογιστών έχει γίνει γεωμετρικά κατά τη διάρκεια των ετών οφειλόμενο σε διάφορους λόγους (Georgatsos, 1989):

α) *Ανάγκη για διανεμημένη επεξεργασία:* Τα CCNs επιτρέπουν στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στους διαφορετικούς πόρους που είναι μέρη του δικτύου (εξειδικευμένο υλικό, βάσεις δεδομένων, λογισμικό) μη λαμβάνοντας υπόψη τη φυσική θέση του πόρου του χρήστη.

β) *Ψηφιακή αξιοπιστία:* Τα CCNs προσφέρουν υψηλή αξιοπιστία με τη διανομή εναλλακτικών τρόπων πραγματοποιώντας τους στόχους επεξεργασίας. Ένα δίκτυο που αποτελείται από διάφορους υπολογιστές είναι λιγότερο ευαίσθητο στις συντριβές και στην απώλεια πληροφοριών ακόμα κι αν ένας υπολογιστής δοκιμάσει ένα προσωρινό κλείσιμο, οι χρήστες μπορεί να προσαρμοστούν αλλού έως ότου αποκατασταθεί η υπηρεσία.

γ) *Τομείς εφαρμογής:* Ένας μεγάλος αριθμός τομέων εφαρμογής απαιτεί την ανάκτηση, την ανταλλαγή, την καταγραφή και την ενημέρωση των απέραντων ποσών πληροφορίας. Παραδείγματος χάριν, βιομηχανία χρηματοδότησης συμπεριλαμβανομένων των εταιριών τραπεζικών εργασιών και ασφάλειας, μεγάλες επιχειρήσεις, τομείς της ιατρικής και της εκπαίδευσης, υπηρεσίες-σπιτιού (αγορές, ψηφοφορία, εκπαίδευση κ.λπ.), ανθρώπινη επικοινωνία κ.λπ. Το πιο πρόσφατο παράδειγμα ενός CCN είναι το διαδίκτυο.

Δ) *Χαμηλό κόστος:* Η σχετικά φτηνή τιμή του υλικού υπολογιστών και η απειροελάχιστη δυνατότητα στα λάθη μετάδοσης, σε αντιδιαστολή με άλλες μορφές μηχανισμών επικοινωνίας, είναι δύο επιπλέον καθοδηγημένες δυνάμεις προς τον πολλαπλασιασμό των CCNs.

Στο επόμενο τμήμα, η γενική δομή CCNs θα αναλυθεί εν συντομία.

2.2 Δομή CCNs.

Σε ένα δίκτυο επικοινωνίας υπολογιστών υπάρχει μια συλλογή από υπολογιστές και τελικούς πόρους που προορίζονται να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Αυτές οι εγκαταστάσεις υπολογιστών, που εκτελούν τους στόχους επεξεργασίας και αποθήκευσης όσον αφορά το χρήστη, καλούνται *hosts*. Αυτή η συλλογή καλείται για να διαμορφώσει το *υποδίκτυο χρήστη-πόρος*.

Οι οικοδεσπότες συνδέονται μέσω του αποκαλούμενου υποδικτύου επικοινωνίας ή ακριβώς του *υποδικτύου*. Η λειτουργία του υποδικτύου είναι να φερθούν τα μηνύματα από host σε host. Το υποδίκτυο περιλαμβάνει δύο κύρια συστατικά: α) τα **στοιχεία μεταφοράς** και β) τις **γραμμές μετάδοσης ή κανάλια**. Τα στοιχεία μεταφοράς είναι εξειδικευμένοι υπολογιστές αρμόδιοι για τη διαβίβαση των στοιχείων, και αναφέρονται ως IMPs (επεξεργαστές διεπαφής μηνυμάτων), αν και οι όροι υπολογιστές επικοινωνίας ή απλά κόμβοι χρησιμοποιούνται συνήθως.

Κοντά στο υποδίκτυο χρήστης-πόρος, τα τερματικά μπορούν είτε να είναι τοπικά σε έναν host, έχοντας πρόσβαση στο δίκτυο μέσω αυτού του host, είτε μπορούν να είναι μακρινά, οπότε σ' αυτή την περίπτωση κάποιο δίκτυο απομακρυσμένων τερματικών παρέχεται για να τα συνδέσει με τον host και έπειτα με το υποδίκτυο, ή δεν μπορούν να συνδεθούν καθόλου σε οποιοδήποτε host . Οπότε σ' αυτή την περίπτωση καλείται *ορφανό* και έχει πρόσβαση στο υποδίκτυο άμεσα. Όσον αφορά το υποδίκτυο , ότι εισέρχεται ή εξέρχεται περνάει μέσω των κόμβων. Συνεπώς, ακόμη και ο host συνδέεται με έναν ή περισσότερα περιστασιακά περισσότερους κόμβους .Όλη η κυκλοφορία σε ή από έναν host περνά μέσω του κόμβου της.

Επομένως, με τη διαφοροποίηση μεταξύ των πτυχών επικοινωνίας από αυτή την εφαρμογή, τα CCNs μπορεί να χωριστούν σε δύο χωριστά υποδίκτυα. Το υποδίκτυο χρήστη-πόρου παράγει αποτελεσματικά την κυκλοφορία που θα περάσει μέσω των κόμβων υπό μορφή μηνυμάτων ή πακέτων ή κυττάρων και το υποδίκτυο επικοινωνίας που καθοδηγεί και παραδίδει αυτά τα μηνύματα από τον κόμβο πηγής στον προορισμό τους. Σε αυτό το πρόγραμμα, ο πυρήνας της προσοχής είναι η επικοινωνία του υποδικτύου. Τόσο από δω και στο εξής το CCN θα θεωρηθεί ως υποδίκτυο επικοινωνίας παρά το δίκτυο συνολικά. Εάν μια αναφορά στα τελευταία απαιτεί τον όρο "δίκτυο υπολογιστών" θα χρησιμοποιηθεί.

Για να επιτρέψει στους μηχανικούς υπολογιστών να επικοινωνήσουν εύκολα με έναν άλλο και για να μειώσει την πολυπλοκότητα της διαδικασίας σχεδίου, δίκτυα υπολογιστών ενσωματώνουν ένα σύνολο πρωτοκόλλων στο λειτουργικό σύστημα για κάθε host και IMP. Αυτά τα πρωτόκολλα είναι η ελλοχεύουσα πλατφόρμα που χρησιμοποιείται για να οργανώσει και να ελέγξει τη ροή της κυκλοφορίας στο δίκτυο.

Συμμορφωμένος με το πρότυπο αναφοράς διασυνδέσεων ανοικτών συστημάτων (OSI), έχει γίνει τυποποιημένη πρακτική να κτιστούν τα πρωτόκολλα σε επτά στρώματα (Halsall.92). Κάθε στρώμα εκτελεί μια καλά καθορισμένη λειτουργία στα πλαίσια του γενικού υποδικτύου επικοινωνίας. Λειτουργεί σύμφωνα με ένα καθορισμένο πρωτόκολλο με την ανταλλαγή των στοιχείων χρηστών και των πρόσθετων μηνυμάτων πληροφοριών ελέγχου, με ένα αντίστοιχο όμοιο στρώμα σε ένα μακρινό σύστημα. Κάθε στρώμα έχει μια καλά καθορισμένη διεπαφή μεταξύ αυτού και του αμέσως ανώτερου και κατώτερου στρώματος . Ως εκ τούτου, η εφαρμογή ενός ιδιαίτερου στρώματος πρωτοκόλλου είναι ανεξάρτητη από όλα τα άλλα στρώματα. Η λογική δομή του προτύπου αναφοράς του ISO απεικονίζεται στο σχήμα 2.1 :

| Computer A | Computer B |
|-------------------------|-----------------------------|
| Στρώμα εφαρμογής | Στρώμα εφαρμογής (7) |
| Στρώμα παρουσίασης | Στρώμα παρουσίασης (6) |
| Στρώμα συνόδου | Στρώμα συνόδου (5) |
| Στρώμα μεταφοράς | Στρώμα μεταφοράς (4) |
| Στρώμα δικτύου | Στρώμα δικτύου (3) |
| Στρώμα ζεύξης δεδομένων | Στρώμα ζεύξης δεδομένων (2) |
| Φυσικό στρώμα | Φυσικό στρώμα (1) |

ΣΧΗΜΑ 2.1

Κάθε στρώμα παρέχει μια υπηρεσία στο αμέσως επάνω στρώμα από αυτό και χρησιμοποιεί το στρώμα κάτω από αυτό ως μηχανισμό μεταφορών. Τα πρώτα τρία στρώματα (φυσικό, ζεύξης δεδομένων, δίκτυο) εξετάζουν τα ζητήματα σχετικά με την επικοινωνία μεταξύ των κόμβων στο δίκτυο (π.χ. οι διαδικασίες δρομολόγησης εφαρμόζονται στο στρώμα δικτύου). Όσον αφορά το στρώμα μεταφοράς, είναι ένα στρώμα που ελέγχει τη ροή για να αποφύγει τη συμφόρηση του δικτύου και εξασφαλίζει τη μεταβίβαση των μηνυμάτων από την πηγή στον προορισμό. Τα υπόλοιπα τρία στρώματα (συνόδου, παρουσίασης, εφαρμογής) που αναφέρονται επίσης ως υψηλού επιπέδου ή πρωτόκολλα χρηστών, ενδιαφέρονται για την αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών και του υποδικτύου. Μια λεπτομερής περιγραφή των στρωμάτων μπορεί να βρεθεί μέσα (Halsall, 92), (Sloman, 87), (Tanenbaum, 89). Στο επόμενο τμήμα, πρόκειται να ερευνηθούν οι τύποι δικτύων επικοινωνίας . Ο στόχος δεν είναι να ερευνηθεί λεπτομερώς ο τρόπος λειτουργίας των διάφορων τύπων δικτύων υπολογιστών αλλά να διευκολυνθεί ο τρόπος του αναγνώστη προς τα περιπλοκότερα και εξελιγμένα μεγάλα δίκτυα που αποτελούν μια περιοχή που υποβάλλεται σε μεγάλη έρευνα σήμερα.

2.3 Τύποι δικτύων επικοινωνίας.

Τα σύγχρονα από σημείο σε σημείο δίκτυα επικοινωνίας, μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κύριες κατηγορίες σύμφωνα με τον τρόπο που ένα μήνυμα διαβιβάζεται από τον κόμβο πηγής στον κόμβο προορισμού. Αυτές οι κατηγορίες είναι: α) κύκλωμα-μεταφοράς, β) μήνυμα-μεταφοράς, και γ) μεταγωγή πακέτων.

Τα δίκτυα μεταφοράς κυκλώματος παρέχουν υπηρεσίες για το στήσιμο μιας συνολικής πορείας συνδεδεμένων γραμμών από την προέλευση στον προορισμό. Ολόκληρη η διαδρομή παραμένει διατιθέμενη στη μετάδοση εάν είναι σε χρήση ή όχι και μόνο όταν απελευθερώνει η πηγή το μήνυμα, όλα τα χρησιμοποιημένα κανάλια θα επιστραφούν στην κοινή λίμνη. Αυτό είναι το είδος δικτύων που παρέχονται από τα αναλογικά τηλεφωνικά συστήματα.

Στα δίκτυα μεταφοράς μηνύματος, μόνο ένα κανάλι χρησιμοποιείται περιστασιακά, για μια δεδομένη μετάδοση. Κατά συνέπεια, οι αναπηδήσεις μηνυμάτων από κόμβο σε κόμβο, ενδεχομένως περιμένουν στη σειρά στα πολυάσχολα κανάλια, έως ότου φθάσουν στον προορισμό τους. Κάθε φορά που ένας κόμβος εισάγει ένα μήνυμα, οι οδηγίες εκτελούνται για να εκτελέσουν τις διαφορετικές λειτουργίες μεταφοράς-μηνύματος όπως η αναγνώριση της άψογης υποδοχής των μηνυμάτων (ή, η έλλειψη μιας αναγνώρισης και εάν ένα ειδικό χρονόμετρο λήγει απαιτώντας την αναμετάδοση), η αποθήκευση, η εξερχόμενη επιλογή καναλιών κ.λπ. Ο χρόνος που απαιτείται για να εκτελεστούν αυτές οι οδηγίες καλείται *κομβικός χρόνος επεξεργασίας*. Άπαξ αυτή τη φορά έχει παρέλθει, το μήνυμα διαβιβάζεται στη σειρά αναμονής του επιλεγμένου εξερχόμενου καναλιού. Εάν η σειρά αναμονής είναι κενή και το κανάλι δεν είναι πολυάσχολο, η μετάδοση πραγματοποιείται αμέσως. Διαφορετικά, το μήνυμα μπορεί να περιμένει ένα ορισμένο χρονικό διάστημα που καθορίζεται από μια εξειδικευμένη λειτουργία ή μπορεί να στέλνεται συνεχώς, ή να περιμένει έως ότου ικανοποιηθεί μια συγκεκριμένη προϋπόθεση. Μια μετάδοση, σε αυτόν τον τύπο δικτύων, ολοκληρώνεται μόνο όταν λαμβάνει ο διαβιβάζοντας κόμβος μια θετική αναγνώριση (ack) από το λαμβάνοντα κόμβο. Διαφορετικά, το μήνυμα αναμεταδίδεται. Αυτή η κατάσταση αναφέρεται ως μπλοκάρισμα. Ένα ACK εκδίδεται μόνο όταν ο λαμβάνων κόμβος βεβαιώνεται ότι το μήνυμα είναι λάθος ελεύθερο και υπάρχει ικανοποιητικό διάστημα για να το αποθηκεύσει.

Τα δίκτυα μεταγωγής-πακέτων είναι δίκτυα όπου τα μηνύματα αποσυντίθενται σε μικρότερα κομμάτια αποκαλούμενα πακέτα. Τα πακέτα αντιμετωπίζονται στη συνέχεια από το δίκτυο ως ανεξάρτητες οντότητες, έως ότου φθάνουν στον προορισμό τους όπου υποβάλλονται σε ένα στάδιο εκ νέου συγκέντρωσης.

Στο επόμενο τμήμα θα περιγραφούν μερικές από τις εκτιμήσεις σχεδίου που ένας μηχανικός πρέπει να λάβει υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός δικτύου. Στις παραγράφους 2.5 και 2.6 οι λόγοι πίσω από την τάση προς την ανάπτυξη των γρηγορότερων δικτύων θα συζητηθούν.

2.3.1. Τύποι επικοινωνίας δικτύων: Ασύρματα και ενσύρματα δίκτυα

Ασύρματα δίκτυα:

Ένα δίκτυο υπολογιστών αποτελείται από δύο ή περισσότερους υπολογιστές συνδεδεμένους μεταξύ τους έτσι ώστε να ανταλλάσσουν πληροφορίες. Η σύνδεση μπορεί να είναι ενσύρματη ή ασύρματη.

Ένα ασύρματο δίκτυο δεν χρησιμοποιεί καλώδια για τις συνδέσεις των υπολογιστών. Αντί του καλωδίου χρησιμοποιείται μετάδοση μέσω ειδικά διαμορφωμένων οπτικών, υπέρυθρων ή ακόμα και ραδιοκυματικών σημάτων.

Η χρήση ασύρματου μέσου μετάδοσης έχει μια σειρά από πλεονεκτήματα:

- i) Κινητικότητα χρήστη
- ii) Ευκολία, ευελιξία και απλότητα εγκατάστασης
- iii) Κλιμάκωση, δυνατότητα επέκτασης
- iv) Κόστος
- v) Ταχύτητες μετάδοσης
- vi) Αξιοπιστία - ανεξαρτησία
- vii) Εμβέλεια
- viii) Συμβατότητα με το υπάρχον δίκτυο

Έχουν αναπτυχθεί ένας αριθμός από ασύρματες τεχνολογίες. Οι πιο διαδεδομένες :

Bluetooth

HomeRF

Openair

IEEE 802.11

IEEE 802.16

HyperLan I&II

Κάθε μια έχει διαφορετική εφαρμογή, άρα μπορούμε να πούμε ότι είναι συμπληρωματικές μεταξύ τους παρά ανταγωνιστικές.

Το Bluetooth και το HomeRF για παράδειγμα είναι σχεδιασμένα για ζεύξεις μικρών αποστάσεων για σύνδεση μεταξύ συσκευών και των περιφερειακών τους, τα IEEE 802.11 για την υλοποίηση ασύρματων τοπικών δικτύων, ενώ το IEEE 802.16

για την υλοποίηση ευρύτερων ασύρματων μητροπολιτικών δικτύων.

Τι είναι η IEEE 802.11;

Η 802.11 είναι μια οικογένεια προτύπων που περιγράφουν την λειτουργία ασύρματων τοπικών δικτύων (WLAN, Wireless Local Access Network). Περιγράφονται τα δυο πρώτα επίπεδα του OSI, δηλαδή το φυσικό επίπεδο και το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων. Τα πρωτόκολλα αυτά δημοσιεύονται από την IEEE γεγονός που είναι σημαντικό για την διαλειτουργικότητα, δηλαδή την ικανότητα συνεργασίας των συσκευών που το ακολουθούν.

Η IEEE 802.11 περιγράφει μόνο τα δύο κατώτερα επίπεδα του OSI, επιτρέποντας έτσι σε οποιαδήποτε εφαρμογή να εργάζεται πάνω σε συσκευή 802.11. Οι συσκευές 802.11 δηλαδή μεταφέρουν διαφανώς την πληροφορία από τα πιο πάνω επίπεδα του OSI.

IEEE 802.11

Το 1997, μετά από επτά χρόνια μελέτης, η IEEE δημοσίευσε το πρότυπο IEEE 802.11,

Το πρώτο πρότυπο για ασύρματη δικτύωση.

Το πρότυπο αυτό προβλέπει ρυθμούς μετάδοσης 1 και 2 Mbps. Η μετάδοση γίνεται με ασύρματο τρόπο με χρήση διαμόρφωσης FHSS ή DSSS σε ζώνες συχνοτήτων 915MHz, 2.4GHz, 5.2GHz ή υπέρυθρη μετάδοση στα 850nm ως 900nm.

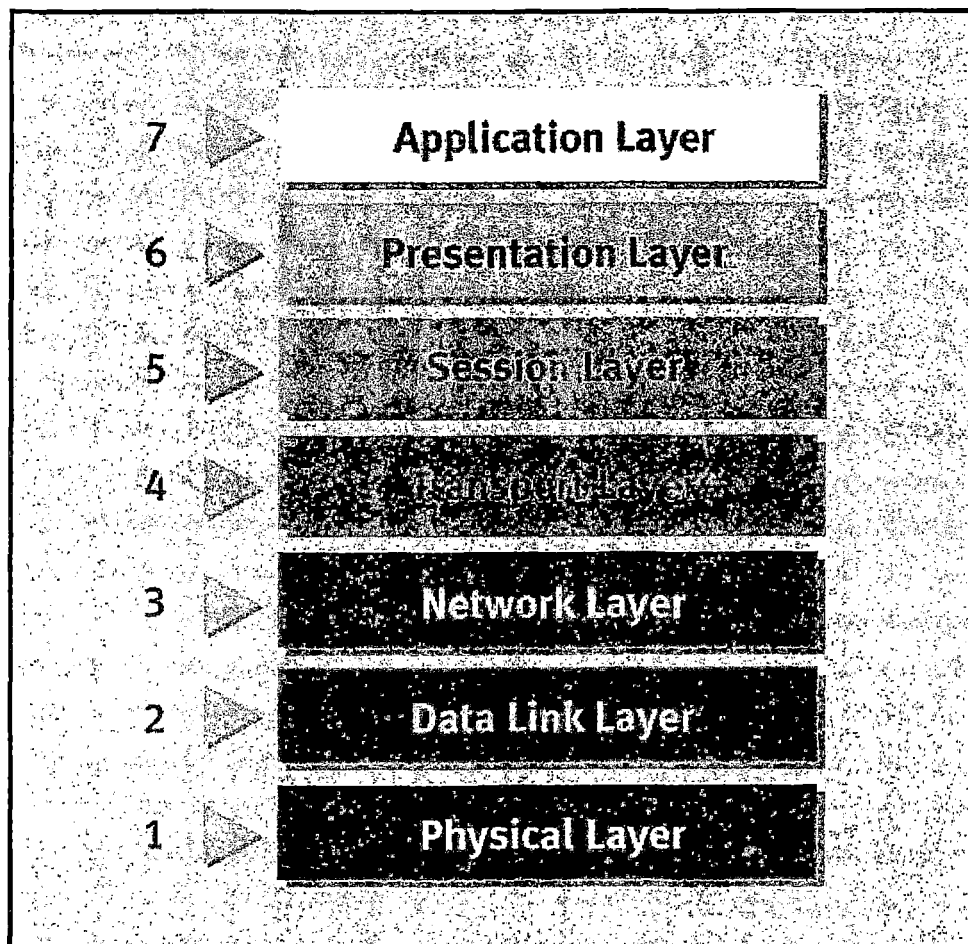
Υποστηρίζει δυνατότητες όπως προτεραιοποίηση της κίνησης, υποστήριξη εφαρμογών Πραγματικού χρόνου και διαχείριση ισχύος συσκευής.

Συνοπτικός πίνακας ασύρματων 802.11 τεχνολογιών

| | 802.11b | 802.11a | 802.11g |
|----------------------------------|----------------|--|--------------------------------|
| Μέγιστος ρυθμός μετάδοσης(Mbps) | 11 | 54 | 54 |
| Τύπος διαμόρφωσης | CCK | OFDM | CCK&OFDM |
| Υποστηριζόμενοι ρυθμοί μετάδοσης | 1,2,5.5,11Mbps | 6,9,12,18,24,36,48,54Mbps | OFDM:6,9,12,18,24,36,48,54Mbps |
| Συχνότητες | 2.4-2.497GHz | 5.15-5.35GHz 5.425-5.675GHz 5.725-5.875GHz | 2.4-2.497 GHz |

Τι είναι το ασύρματο δίκτυο

- Ένα LAN δίκτυο
- Διαφορά Layer 0 (επίπεδο υλικού)
- Ασύρματα -> αέρας (ραδιοκύματα)



Τι είναι το WiFi

- Ad-hoc. Δεν απαιτεί την ύπαρξη υποδομών
- Infrastructure. Απαιτεί την ύπαρξη υποδομών
- DSSS. *Direct-Sequence Spread Spectrum frequency-hopping spread spectrum*

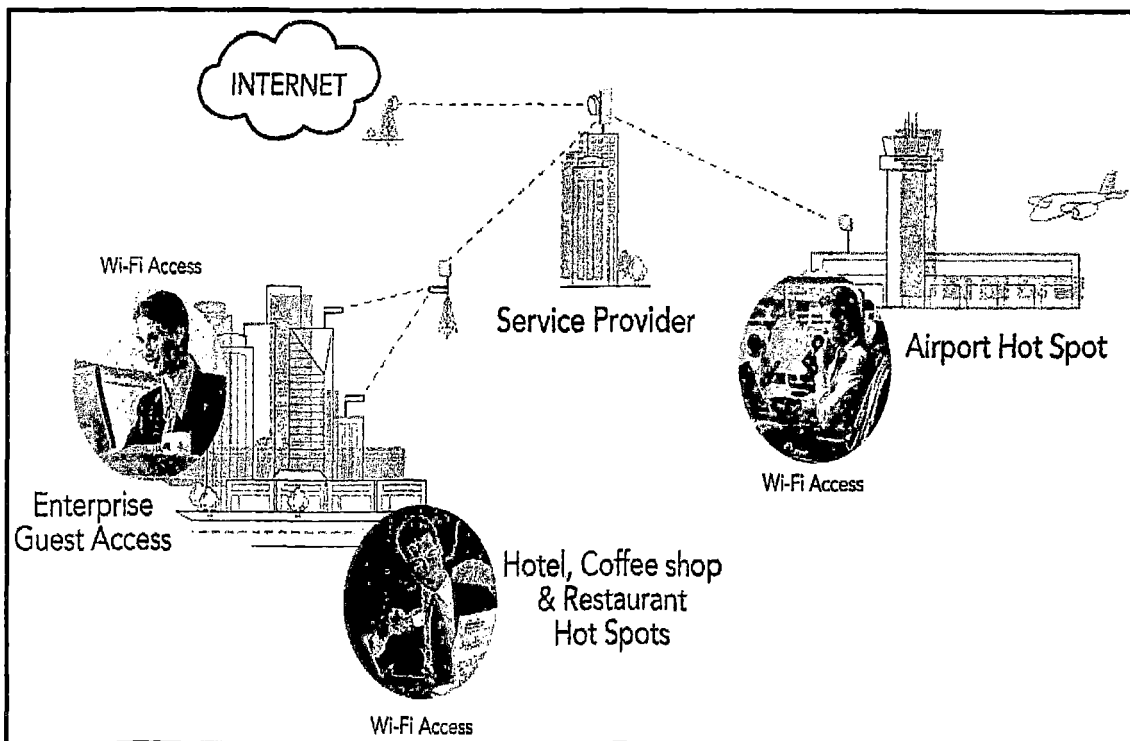
- ✓ Τα διεθνή πρότυπα που έχουν επικρατήσει στο εμπόριο. IEEE 802.11x
- ✓ Τα διεθνή πρότυπα που έχουν επικρατήσει στην Ευρώπη στα 2,4GHz IEEE 802.11b: μέχρι 11Mbps
- ✓ IEEE 802.11g: μέχρι 54Mbps
- ✓

Γιατί το κάνουμε

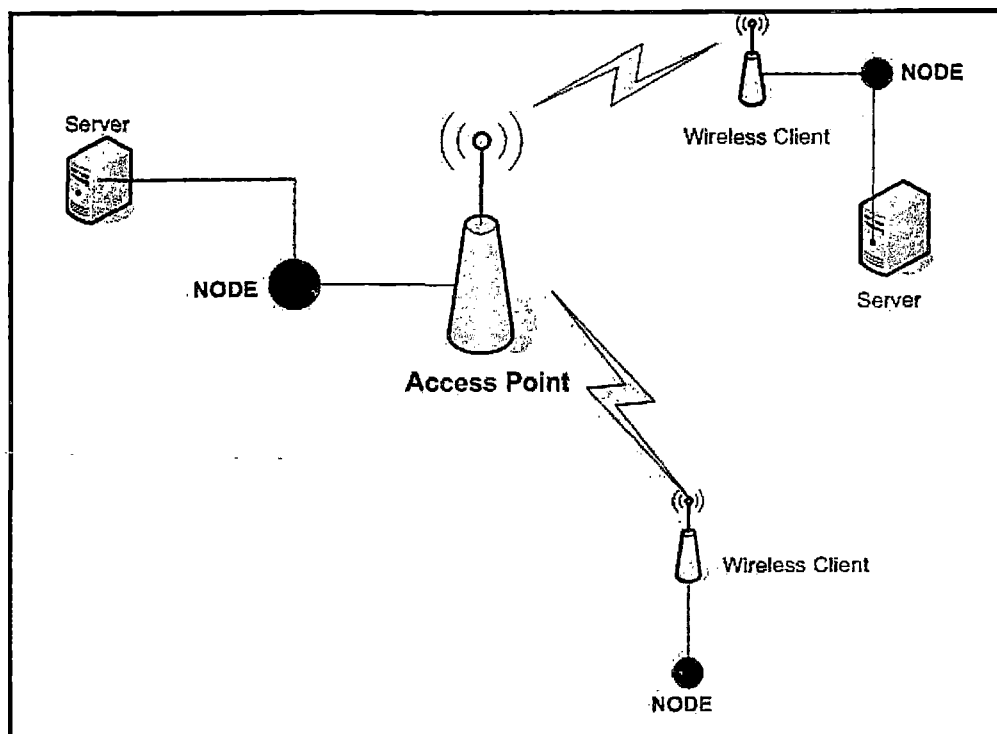
- Έλλειψη φθηνών ευρυζωνικών υπηρεσιών
- Δυνατότητα πρόσβασης στο Internet

Τι είναι το WLAN

Τεχνολογία εσωτερικών χώρων



Πώς δουλεύει το δίκτυο



Ενσύρματα Δίκτυα

Ένα τοπικό δίκτυο (LAN – Local Area Network) είναι μια ομάδα από ηλεκτρονικούς υπολογιστές οι οποίοι είναι μεταξύ τους συνδεδεμένοι είτε με κάποιο φυσικό μέσο είτε με ασύρματη ζεύξη και βρίσκονται σε μια μικρή γεωγραφική περιοχή. Δημιουργούμε τοπικά δίκτυα για τους παρακάτω λόγους:

- ✓ Για την από κοινού χρήση πόρων (π.χ εκτυπωτές, αρχεία, επεξεργαστική ισχύ κ.τ.λ)
- ✓ Για την απομακρυσμένη διαχείριση περιφερειακών συσκευών και υπολογιστών.
- ✓ Για ψυχαγωγία (παιχνίδια κ.τ.λ)

Το αποτέλεσμα της σύνδεσης πολλών τοπικών δικτύων είναι ένα δίκτυο ευρείας περιοχής (WAN – Wide Area Network) ή ένα μητροπολιτικό δίκτυο (MAN – Metropolitan Area Network) αν τα όρια του εκτείνονται στα σύνορα μιας πόλης.

Το μοντέλο OSI

Πριν από μερικά χρόνια οι απαιτήσεις στα δίκτυα ήταν μικρές και το υλικό περιορισμένο. Σταδιακά όμως η είσοδο στην αγορά πολλών κατασκευαστών επέφερε πολλές ασυμβατότητες και δυσκολίες στην εγκατάσταση δικτύων. Αυτή η κατάσταση οδήγησε τον οργανισμό ISO (International Standards Organization) να προτείνει μια τυποποίηση 7 επιπέδων των δικτυακών επικοινωνιών. Το μοντέλο OSI (Open Systems Interconnection), όπως ονομάστηκε η τυποποίηση αυτή, φαίνεται παρακάτω.

| Το μοντέλο OSI - Open Systems Interconnection | |
|---|---------------------|
| APPLICATIONS and SERVICES | Εφαρμογές |
| APPLICATION | Επίπεδο εφαρμογών |
| PRESENTATION | Επίπεδο παρουσίασης |
| SESSION | Επίπεδο συνόδου |
| TRANSPORT | Επίπεδο μεταφοράς |
| NETWORK | Επίπεδο δικτύου |
| DATA LINK | Επίπεδο σύνδεσης |
| PHYSICAL | Φυσικό επίπεδο |

Κάθε μήνυμα, προκειμένου να μεταδοθεί, περνά από όλα τα επίπεδα του OSI τα οποία εκτελούν από μια ξεχωριστή εργασία.

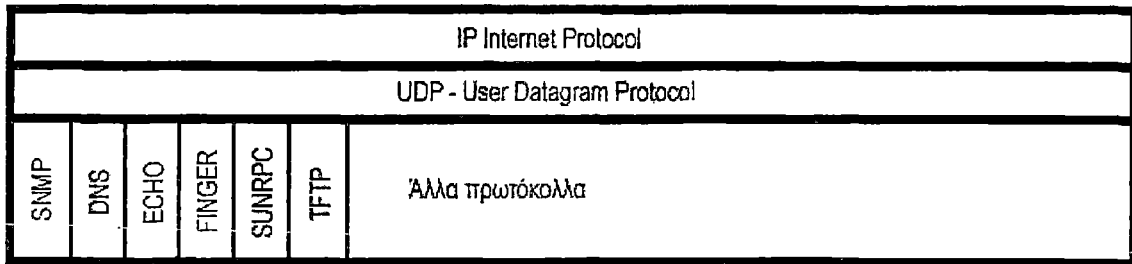
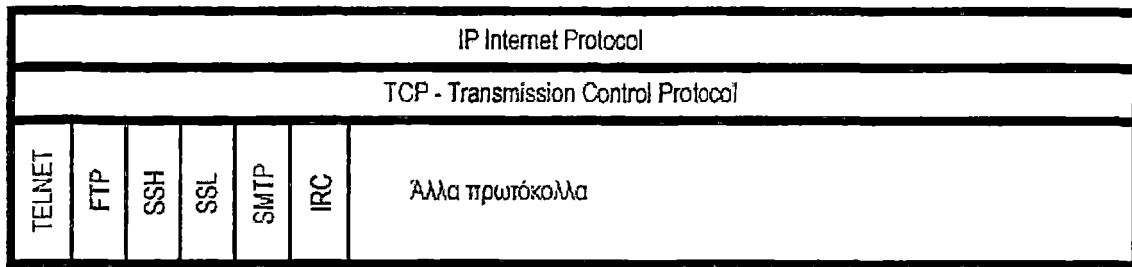
- ✓ Επίπεδο εφαρμογής – εδώ γίνεται η επαφή του χρήστη με τα διάφορα προγράμματα και τις δικτυακές υπηρεσίες
- ✓ Επίπεδο παρουσίασης – αναπαράσταση δεδομένων
- ✓ Επίπεδο συνόδου – διαχείριση καναλιών επικοινωνίας
- ✓ Επίπεδο μεταφοράς – διάφανη μεταφορά δεδομένων
- ✓ Επίπεδο δικτύου – δρομολόγηση μηνυμάτων
- ✓ Επίπεδο σύνδεσης – έλεγχος ροής δεδομένων
- ✓ Φυσικό επίπεδο – μεταφορά ακατέργαστων δεδομένων στο μέσο μεταφοράς

Η οικογένεια πρωτοκόλλων TCP/IP

Η οικογένεια των πρωτοκόλλων TCP/IP ήταν το αποτέλεσμα μιας προσπάθειας για την τυποποίηση της επικοινωνίας μέσω του Internet.

Περιλαμβάνει άλλα επιμέρους πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για πιο εξειδικευμένες ενέργειες όπως π.χ μετάδοση video και ήχου, ασφαλείς συναλλαγές σε τράπεζες κ.τ.λ Το TCP/IP είναι η βάση του διαδικτύου και σχεδόν κάθε τοπικού δικτύου.

Η οικογένεια TCP/IP μπορεί να αναπαρασταθεί σχηματικά κάπως έτσι:



Τεχνολογίες ενσύρματων δικτύων

Κάποιες από τις βασικές τεχνολογίες πάνω στις οποίες βασίζονται τα τοπικά δίκτυα είναι οι εξής:

- ✓ Ethernet
- ✓ Token ring
- ✓ FDDI – Fiber Distributed Data Interface

Τα δίκτυα ευρείας περιοχής χρησιμοποιούν κάποιες από τις παρακάτω τεχνολογίες:

- ✓ PSTN - Public Switched Telephone Network
- ✓ ISDN - Integrated Services Digital Network
- ✓ DSL - Digital Subscriber Line
- ✓ X.25
- ✓ Frame relay
- ✓ TCP/IP – Transmission Control Protocol/Internet Protocol
- ✓ DQDB – Distributed Queue Dual Bus
- ✓ ATM – Asynchronous Transfer Mode

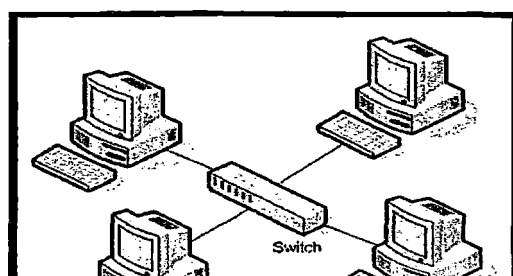
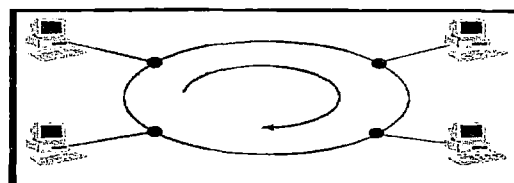
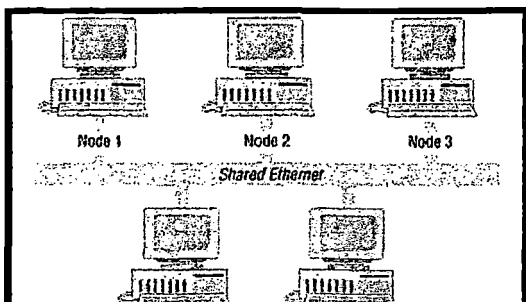
Τοπολογία δικτύων

Σε ένα ενσύρματο τοπικό δίκτυο δεν έχουμε την ελευθερία να τοποθετήσουμε τους κόμβους του δικτύου σε όποιες θέσεις θέλουμε. Πρέπει να εφαρμόσουμε μια σειρά από τυποποιήσεις. Το αποτέλεσμα της διασύνδεσης αυτής των υπολογιστών ενός τοπικού δικτύου ονομάζεται τοπολογία.

Υπάρχουν οι εξής βασικές τοπολογίες:

- ✓ Αρτηρίας (bus)
- ✓ Δακτυλίου (ring)
- ✓ Αστέρα (star)

Καθώς επίσης και συνδυασμοί των παραπάνω.



Πώς λειτουργεί ένα WAN :

- ✓ Αρχικά ο υπολογιστής χρησιμοποιεί κάποια συσκευή modem (PSTN modem, ISDN modem, DSL modem) για να πραγματοποιήσει μια σύνδεση point-to-point στον παροχέα του εξωτερικού δικτύου.
- ✓ Στην περίπτωση που γίνεται σύνδεση στο Internet και όχι σε κάποιο private δίκτυο κάποιας εταιρείας και σε περίπτωση που δεν βρισκόμαστε σε ένα δίκτυο κελιών, χρησιμοποιείται η οικογένεια πρωτοκόλλων TCP/IP για την ανταλλαγή δεδομένων.
- ✓ Κάθε φορά που κάποιος υπολογιστής επιθυμεί να στήσει ένα μήνυμα σε κάποιον άλλο αρχικά αναζητά την IP διεύθυνση του με την βοήθεια του DNS Domain Name Service. Το DNS είναι ένα πρωτόκολλο που αντιστοιχίζει κάθε συμβολικό όνομα σε μια μοναδική IP διεύθυνση.
- ✓ Κάθε χρονική στιγμή το πρωτόκολλο RIP – Routing Information Protocol αναλαμβάνει τη δρομολόγηση των μηνυμάτων καθώς και την ανακάλυψη της συντομότερης διαδρομής.

2.4 Εκτιμήσεις σχεδίου.

Διάφορες κύριες περιγραφικές πτυχές των δικτύων υπολογιστών έχουν συζητηθεί. Παρακάτω, μερικά προβλήματα που εξετάζουν τη λειτουργία τέτοιων δικτύων θα αναλυθούν.

Εκπληκτικά το σημαντικότερο χαρακτηριστικό γνώρισμα στη λειτουργία ενός δικτύου υπολογιστών είναι ότι η λειτουργία τους εξαρτάται από τα τυχαία φαινόμενα. Οι ροές των πακέτων, που παράγονται από τα τερματικά ή τους οικοδεσπότες, δεν είναι σταθερά ρεύματα. Αντίθετα, η κυκλοφορία που εισάγει το δίκτυο είναι παραγμένοι τυχαίοι χρόνοι. Επιπλέον, στους τύπους δικτύων που συζητούνται μέχρι τώρα, δεν έχουν όλα τα πακέτα το ίδιο μέγεθος. Συνεπώς, η άφιξη των πακέτων (ή η απώλεια τους) είναι απρόβλεπτη και εξαρτάται από την κατανομή των πόρων. Η διανομή αυτών των πόρων (κανάλια, διαθεσιμότητα των κόμβων, απομονωτές) απαιτείται προκειμένου να επιλυθούν οι συγκρουόμενες απαιτήσεις που τοποθετούνται επάνω τους. Αυτά τα ζητήματα αφορούν εκείνους που σχεδιάζουν και διαμορφώνουν τα δίκτυα υπολογιστών.

Λόγω του επιπέδου αβεβαιότητας του παρόντος σε οποιοδήποτε δίκτυο υπολογιστών, όταν αλλάζει ένα δίκτυο η κατάστασή του από μη απασχολημένη γίνεται ενεργή, η συμφόρηση σε μερικά μέρη είναι πιθανό να εμφανιστεί, οι σειρές αναμονής μπορούν να διαμορφωθούν και οι καθυστερήσεις μπορούν να εισαχθούν σε μερικούς κόμβους. Η ροή των πακέτων σε τέτοια δίκτυα επηρεάζεται ιδιαίτερα από ποικίλες απρόβλεπτες παραμέτρους που ασκούν μεγάλη επίδραση στην απόδοση του δικτύου όπως οι καθυστερήσεις κόμβων, λάθη, φράξιμο κ.λπ. Όταν, παραδείγματος χάριν, οι σειρές αναμονής γίνονται εκτενώς μεγάλες, οι καθυστερήσεις γίνονται σχεδόν άπειρες που αποτελεσματικά σημαίνει ότι το δίκτυο έχει γίνει ασταθές και η στέγαση των πελατών είναι προβληματική.

Τα δίκτυα υπολογιστών πρέπει επομένως να προετοιμαστούν για να έρθουν γύρω από οποιοδήποτε "κακοτυχίες" που μπορούν να παρουσιαστούν με έναν αποδεκτό τρόπο. Παραδείγματος χάριν, εάν τα μεγέθη σειρών αναμονής γίνονται γεωμετρικά μεγάλα, θα είναι απαραίτητο να απορριφθούν πολλά πακέτα. Εντούτοις, η απόρριψη των πακέτων χωρίς έλεγχο δεν είναι ένας κατάλληλος τρόπος στις προβληματικές σειρές αναμονής. Για αυτόν τον λόγο, το αποδοτικό σχέδιο ενός υπολογιστή μπορεί να περιλάβει μερικά ή όλα τα ακόλουθα ζητήματα (Georgatsos, 89): την οικονομικώς αποδοτική τοπολογία, την αποδοτική διαδικασία ελέγχου ροής, τον καλό καθορισμό σχεδίων κατανομής αποθήκευσης, τις πειθαρχίες αναμονής προτεραιότητας, τον έλεγχο λάθους, τις διαδικασίες εκ νέου συγκέντρωσης και την αποδοτική δρομολόγηση.

Οι διαδικασίες δρομολόγησης είναι αρμόδιες για τον καθορισμό των πορειών κατά μήκος των οποίων τα πακέτα πρόκειται να διαβιβαστούν μέσω του δικτύου. "Ο στόχος των διαδικασιών ελέγχου ροής είναι να προσδοκηθεί και να προληφθεί η συμφόρηση με τη ρύθμιση της εισόδου της κυκλοφορίας στο δίκτυο".

Στα πλαίσια του αποδοτικού σχεδίου δικτύων, η απόδοση διαδραματίζει έναν κρίσιμο ρόλο. Η συζήτηση των ζητημάτων αναμονής σε βάθος είναι πέρα από το στόχο αυτού του προγράμματος. Μια ανάλυση των προτύπων αναμονής που χρησιμοποιείται για να αναπτύξει το πρόγραμμα προσομοίωσης συζητείται στο επόμενο κεφάλαιο όπου εκεί θα αναλυθεί λεπτομερώς.

Αυτό ολοκληρώνει την επισκόπηση των δικτύων υπολογιστών στη μορφή που αναπτύχθηκαν και εφαρμόστηκαν κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών. Στο επόμενο τμήμα η τρέχουσα κατάσταση θα συζητηθεί και γιατί τα γρηγορότερα δίκτυα είναι αναπόφευκτα θα είναι η εστίαση της προσοχής.

2.5 Η τρέχουσα κατάσταση (ISDN).

Αυτή τη στιγμή, τα περισσότερα δίκτυα σχεδιάζονται για εξειδικευμένους λόγους μεταφοράς μηνυμάτων όπως η τηλεφωνία, διανομή TV, μεταφορά στοιχείων.

Μερικές εφαρμογές, όπως το αντίγραφο, χρησιμοποιούν το διαδεδωμένο τηλεφωνικό δίκτυο. Η χρησιμοποίηση των προϋπάρχων δικτύων για τις νέες εφαρμογές μπορεί να οδηγήσει στις χαρακτηριστικές ανεπάρκειες, εντούτοις, δεδομένου ότι τέτοια δίκτυα δεν προσαρμόζονται συνήθως στις ανάγκες των υπηρεσιών που ήταν άγνωστες ή μόλις υπό εξέταση στο χρόνο, εφαρμόστηκαν. Συνεπώς η μετάδοση στοιχείων πέρα από το κοινό τηλεφωνικό δίκτυο μεταφοράς κυκλώματος χαρακτηρίζεται από μια έλλειψη εύρους ζώνης, την ποιότητα του αναλογικού εξοπλισμού μετάδοσης φωνής και την ευελιξία. Τα τηλεφωνικά δίκτυα κατασκευάστηκαν για μια σταθερή υπηρεσία εύρους ζώνης, επομένως η προσαρμογή τους για να προσαρμόσει τη μεταβλητή κυκλοφορία κομματιών είναι δαπανηρή. Η ανάγκη για ένα δίκτυο που θα είναι σε θέση να φροντίσει για τις πολυπληθείς υπηρεσίες της ποικίλης φύσης ήταν περισσότερο από προφανές. Ήταν αναπόφευκτο.

Έτσι, το 1984 η πλήρης συνέλευση (Plenary Assembly) της CCITT υιοθέτησε τις συστάσεις της I σειράς που εξετάζουν τα (ISDN) θέματα ψηφιακών δικτύων ενοποιημένων υπηρεσιών. Οι βασικές αρχές του ISDN είναι να παρασχεθεί σε ένα δίκτυο ο βαθμός υπηρεσιών που παρήχθει σε τρία διαφορετικά δίκτυα. Εντούτοις, ακόμη και με αυτήν την διαδικασία ολοκλήρωσης, το μέγιστο εύρος ζώνης πραγματοποιημένο δεν υπερéβει τα 2 Mbps. Το υψηλότερο ποσοστό 64kbps δυαδικών ψηφίων βασισμένο στο ISDN μπορεί να προσφέρει στο χρήστη περίπου 1,5 ή 2 Mbps.

Εντούτοις, η εμφάνιση των νέων εφαρμογών πολυμέσων όπως η φωνή, το βίντεο και ο ήχος απαιτεί καλά ποσοστά δυαδικών ψηφίων παραπάνω από 2 Mbps. Τα ISDN δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν αυτόν τον στόχο. Ένας νέος τρόπος ήταν μια άμεση απαίτηση. Συνεπώς, η σύλληψη και η πραγματοποίηση ενός ευρυζωνικού ISDN (B-ISDN) ήταν επιθυμητές.

2.5.1 B-ISDN.

Η σύσταση ITU-T ("λεξιλόγιο" των όρων για τις ευρυζωνικές πτυχές του ISDN") καθορίζει τη ζώνη όπως: "... μια υπηρεσία ή ένα σύστημα που απαιτεί τα κανάλια μετάδοσης ικανά για μεγαλύτερα ποσοστά από το αρχικό ποσοστό." (Handel., 94). Σήμερα, πολλές εφαρμογές (ειδικά αυτές που είναι σχετικές με την κίνηση των εικόνων) απαιτούν πολύ υψηλά ποσοστά δυαδικών ψηφίων. Παραδείγματος χάριν, η διανομή HDTV απαιτεί 130 Mbps κατά τη διάρκεια της μετάδοσης στοιχείων, είτε με προσανατολισμένη σύνδεση είτε χωρίς σύνδεση. Πραγματικά η πιο απαιτητική υπηρεσία είναι η HDTV που απαιτεί ένα ποσοστό δυαδικών ψηφίων 30 - 50 Mbps ανά κανάλι. Συνεπώς, οι απαιτήσεις ποσοστού δυαδικών ψηφίων των εφαρμογών που υιοθετούνται για ένα δίκτυο B-ISDN, είναι πολύ μεγαλύτερες από εκείνες που απασχολούνται για ένα συμβατικό δίκτυο ISDN. Εάν το ένα εξετάζει αυτές τις εφαρμογές, κάποιος θα κατέληγε στο συμπέρασμα ότι είναι σημαντικό για την εφαρμογή να πορευτεί πέρα από ένα υψηλό δίκτυο ταχύτητας όπου η

διαχείριση των πόρων επιβάλλει τις λύσεις όπως πολλαπλή **στατιστική** (Saito, 1993) προκειμένου να εξοικονομήσει στα δίκτυα πόρων. Οι εφαρμογές όπως TV ή HDTV έχουν σταθερό ποσοστό έκρηξης πάντα και έτσι το burstiness για αυτές τις εφαρμογές είναι ίσο με 1. Αυτό είναι επειδή είναι πολύ δύσκολο για το διευθυντή δικτύων να υπολογίσει το μέγιστο ποσοστό δυαδικών ψηφίων λόγω των σημάτων πηγής.

Η ποικιλία των πιθανών υπηρεσιών B-ISDN, απαιτεί προφανώς ένα δίκτυο με καθολικές ικανότητες μεταφοράς (Handel, 94):

1) φροντίζει για τις υπηρεσίες που μπορούν να υιοθετήσουν τα αρκετά διαφορετικά ποσοστά δυαδικών ψηφίων.

2) υποστηρίζει την κυκλοφορία εκρηκτικών τύπων.

3) λαμβάνει υπόψη την καθυστέρηση και την απώλεια-ευαισθητων εφαρμογών.

Η σύσταση ITU-T καθορίζει τη σύσταση 1.121 περιγράφοντας τα ευρυζωνικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα του ISDN. Αυτή η σύσταση λαμβάνει υπόψη τις πτυχές όπως τη διαθεσιμότητα της υψηλής μετάδοσης ταχύτητας, τις τεχνολογίες μετατροπής και επεξεργασίας σήματος, τη βελτιωμένη εικόνα και τους ικανότητες επεξεργασίας δεδομένων, **την ανάγκη να ενσωματωθούν οι υπηρεσίες διανομής και το κύκλωμα και ο τρόπος μεταφοράς πακέτων στο ευρυζωνικό δίκτυο και τελικά η ανάγκη να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις των χρηστών (ταχύτητα, ποιότητα της υπηρεσίας, ακρίβεια κ.λπ.).**

"Το ISDN συλλαμβάνεται για να υποστηρίξει ένα ευρύ φάσμα ακουστικών, τηλεοπτικών και στοιχείων εφαρμογών στο ίδιο δίκτυο" (Clark, 96). Το B-ISDN, επομένως, ακολουθεί τις ίδιες αρχές όπως στα 64 kbps βασισμένο στο ISDN και είναι μια φυσική επέκταση των τελευταίων (ITU-T, 1.121). Σύμφωνα με τη σύσταση 1.121 οι ικανότητες ενός δικτύου B-ISDN ορίζονται ως:

"Το B-ISDN υποστηρίζει τη μετατροπή των ημιμόνιμων και μόνιμων από σημείο σε σημείο και σημείο σε πολλαπλό -σημείο συνδέσεων και την παροχή στις διατηρημένες και μόνιμες υπηρεσίες απαίτησης. Οι συνδέσεις στο B-ISDN υποστηρίζουν τις υπηρεσίες τρόπου κυκλωμάτων και τρόπου πακέτων ενός μόνο - ή/και πολυμέσων τύπων και τη χωρίς σύνδεση και προσανατολισμένη προς τη σύνδεση φύση και στην αμφίδρομη ή ομοιοκατευθυνόμενη διαμόρφωση.

Ένα B-ISDN περιέχει τις ευφυείς ικανότητες με σκοπό την παροχή των προηγμένων χαρακτηριστικών υπηρεσιών, την υποστήριξη ισχυρής λειτουργίας των εργαλείων και συντήρησης, τον έλεγχο δικτύων και τη διαχείριση."

Όπως η ITU-T προτείνει το νέο δίκτυο πρέπει να χτιστεί επάνω από το υπάρχον (ISDN). Πρέπει να είναι μια επέκταση του υπάρχοντος ISDN προκειμένου να αξιοποιηθούν τα τελευταία και να προστεθούν επίσης οι νέες ικανότητες να καλυφθούν οι νέες απαιτήσεις εφαρμογής. Επομένως, οι ικανότητες του B-ISDN περιγράφονται ως:

1. Ικανότητες του ISDN (64 kbps)
2. Ευρυζωνικές υπηρεσίες
3. Σηματοδότηση μεταξύ των χρηστών και επίσης μεταξύ των χρηστών και του δικτύου.

Αυτό το δίκτυο απαιτεί ένα πολύ γρήγορο πρωτόκολλο μετάδοσης, προκειμένου να εκμεταλλευθούν τις ικανότητες του δικτύου και να αυξηθεί η απόδοση ποσοστού μεταφοράς από 150 μέχρι 600 Mbps. Εάν αυτό συμβαίνει, η ITU-T θα αποφάσιζε να επιλέξει το ATM (τρόπος ασύγχρονης μεταφοράς) ως πρότυπο για τις ευρυζωνικές υπηρεσίες ISDN. Το ATM είναι μια αρχή στην αναμετάδοση κυττάρων για τη μεταφορά των στοιχείων.

Η μετάβαση σε δύο λεπτομέρειες για τα δίκτυα του ATM είναι πέρα από το στόχο αυτού του προγράμματος. Πριν ολοκληρωθεί η συζήτηση για τα μεγάλα δίκτυα μια απεικόνιση των ευρυζωνικών υπηρεσιών μαζί με την εφαρμογή που υποστηρίζουν παρουσιάζεται στον πίνακα 2.2 κατωτέρω:

| | | Εφαρμογές |
|-----------------------------|--|--|
| Κινούμενες εικόνες και ήχος | Ευρυζωνική βιντεοτηλεφωνία | Επικοινωνία για τη μεταφορά του ήχου, των κινούμενων εικόνων, και των τηλεοπτικό-ανιχνευμένων εικόνων και των εγγράφων μεταξύ δύο θέσεων(άτομο σε άτομο) <ul style="list-style-type: none"> • Τηλε-εκπαίδευση • Τηλε-αγορά • Τηλε-διαφήμιση |
| | Ευρυζωνική τηλεδιάσκεψη | Πολυσημειακή επικοινωνία για τη μεταφορά της φωνής (ήχος), των κινούμενων εικόνων και των τηλεοπτικός-ανιχνευμένων ακόμα εικόνων και των εγγράφων μεταξύ δύο ή περισσότερων θέσεων(άτομο σε ομάδα, ομάδα σε ομάδα) <ul style="list-style-type: none"> • Τηλε-εκπαίδευση • Τηλε-διαφήμιση |
| | Τηλεοπτικό-επιτήρηση | <ul style="list-style-type: none"> • Ασφάλεια οικοδόμησης • Έλεγχος κυκλοφορίας |
| | Τηλεοπτική/ακουστική υπηρεσία μετάδοσης Πληροφοριών | <ul style="list-style-type: none"> • Μεταφορά σημάτων TV • Τηλεοπτικός/ακουστικός διάλογος • Συμβολή των πληροφοριών |
| Ήχος | Πολλαπλά σήματα ήχου-προγράμματος | <ul style="list-style-type: none"> • Πολύγλωσσα κανάλια σχολίων • Πολλαπλές μεταφορές προγράμματος |
| Στοιχεία | Υπηρεσία μετάδοσης μεγάλων απεριόριστων ψηφιακών πληροφοριών | <p>I. Μεταφορά στοιχείων μεγάλης ταχύτητας - διασύνδεση LAN - διασύνδεση MAN - διασύνδεση Computer-computer</p> <p>II. Μεταφορά τηλεοπτικών πληροφοριών III. Μεταφορά άλλων τύπων πληροφορίας IV. Μεταφορά εικόνας</p> |
| | Υπηρεσία μεταφοράς υψηλών αρχείων | Μετάδοση στοιχεία αρχείων |
| | Μεγάλη ταχύτητα τηλενέργειας | Πραγματικός χρόνος ελέγχου Telemetry Alarms |
| Έγγραφο | Υψηλής ταχύτητας τηλεφάξ | Από χρήστη σε χρήστη μεταφορά κειμένου, εικόνων, σχεδίου κ.τ.λ. |

| | | |
|--|---|---|
| | | |
| | Υπηρεσία μεταβίβασης υψηλής ανάλυσης εικόνας. | Επαγγελματικές εικόνες ,ιατρικές εικόνες, ασυνήθιστα παιχνίδια. |
| | Υπηρεσία μεταβιβάσεων εγγράφων | Μεταφορά μεικτών εγγράφων από χρήστη σε χρήστη. |

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2

Θα είναι προφανές ήδη ότι η αυξανόμενη απαίτηση στις υπηρεσίες που παρέχονται από τα δίκτυα ασκεί μια ακραία πίεση στους υπεύθυνους για την ανάπτυξη(δικτύων) και τους μηχανικούς δικτύων. Το B-ISDN φαίνεται να είναι η λύση στα προβλήματα των δικτύων που συζητούνται στην παράγραφο 2.3.

Ένα δίκτυο όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 2.4 μεταξύ άλλων απαιτεί ένα αποδοτικό σχέδιο δρομολόγησης ώστε να παραδοθούν τα μηνύματα από μια πηγή σε έναν κόμβο προορισμού στο δίκτυο. Μετά την ολοκλήρωση της συζήτησης για τα CCNs θα κινηθούμε τώρα προς την εστίαση της προσοχής αυτού του προγράμματος. Τα σχέδια και οι αλγόριθμοι δρομολόγησης εφαρμόζονται σε αυτά.

Στην παραμονή αυτού του κεφαλαίου διάφοροι αλγόριθμοι δρομολόγησης πρόκειται να συζητηθούν

και, όταν χρειαστεί, μια συγκριτική μελέτη μεταξύ τους θα πραγματοποιηθεί για να διευκολύνει τη μετάβαση στο επόμενο κεφάλαιο.

2.6 Δρομολόγηση.

Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης είναι ένα από τα πιο ουσιαστικά ιδρυτικά μέρη οποιουδήποτε δικτύου επικοινωνίας υπολογιστών. Διαδραματίζουν έναν κρίσιμο ρόλο μαζί με την άποψη της τοπολογίας δικτύων και την απόδοση δικτύων. Σε αυτό το κεφάλαιο, οι σημαντικότεροι αλγόριθμοι δρομολόγησης πρόκειται να ερευνηθούν και τα σχετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους πρόκειται να επισημανθούν. Ο σκοπός αυτής της έρευνας είναι να παρασχεθεί στον αναγνώστη μια διορατικότητα στη πολυπλοκότητα μεταβλητών και τη δομή τους.

2.6.1 Αλγόριθμοι δρομολόγησης: ταξινόμηση.

Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης διαφέρουν σε πολλά χαρακτηριστικά γνωρίσματα και η ταξινόμησή τους έχει λάβει την ιδιαίτερη προσοχή στη βιβλιογραφία. Σύμφωνα με τον Tanenbaum (Tanenbaum, 1989), οι RAs μπορεί να ομαδοποιηθούν σε δύο σημαντικές κατηγορίες: μη προσαρμοστικούς και προσαρμοστικούς. **Οι μη προσαρμοστικοί αλγόριθμοι** λαμβάνουν τις αποφάσεις δρομολόγησης μην λαμβάνοντας υπόψη τις μετρήσεις ή τις εκτιμήσεις της τρέχουσας κυκλοφορίας και της τοπολογίας. Αντ' αυτού, χρησιμοποιούν τους προκαθορισμένους πίνακες δρομολόγησης, για να επιλέξουν μια πορεία μεταξύ μιας πηγής και ενός κόμβου προορισμού, βασισμένων στους υπολογισμούς που πραγματοποιούνται εκ των προτέρων, σε μη απευθείας σύνδεση, οι οποίοι μεταφορτώνονται στη συνέχεια στους IMPs όταν τίθεται σε έναρξη το δίκτυο. Αυτή η διαδικασία καλείται συνήθως **στατική δρομολόγηση**.

Οι προσαρμοστικοί αλγόριθμοι, αφ' ετέρου, προσπαθούν να αλλάξουν τις αποφάσεις δρομολόγησης τους να απεικονίσουν τις αλλαγές στην τοπολογία και την τρέχουσα κυκλοφορία. Υπάρχουν τρεις διαφορετικές κατηγορίες προσαρμοστικών αλγορίθμων, που διαφέρουν στις πληροφορίες που χρησιμοποιούν (Tanenbaum, 1989). Οι **σφαιρικοί αλγόριθμοι** χρησιμοποιούν τις πληροφορίες που συλλέγονται από ολόκληρο το υποδίκτυο και προσπαθούν, με αυτόν τον τρόπο, να λάβουν τις βέλτιστες αποφάσεις. Αυτή η προσέγγιση καλείται **συγκεντρωμένη δρομολόγηση**. Οι **τοπικοί αλγόριθμοι**, σε αντιδιαστολή με τους σφαιρικούς, τρέχουν ανεξάρτητα σε κάθε IMP και

χρησιμοποιούν μόνο διαθέσιμες πληροφορίες στους IMPs . Αυτοί οι αλγόριθμοι είναι γνωστοί ως **απομονωμένοι αλγόριθμοι**. Τέλος, η τρίτη κατηγορία αλγορίθμων χρησιμοποιεί και τις τοπικές και τις σφαιρικές πληροφορίες. Αυτοί αναφέρονται ως **διανεμημένοι αλγόριθμοι**.

Οι αλγόριθμοι που έχουν αναπτυχθεί για αυτό το πρόγραμμα καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα των καλά καθιερωμένων σχεδίων δρομολόγησης. Ο πρώτος αλγόριθμος είναι ένας μη προσαρμοστικός αλγόριθμος που εφαρμόζει ένα απλό τυχαίο σχέδιο δρομολόγησης και λαμβάνει τις αποφάσεις δρομολόγησης σύμφωνα με την πιθανότητα μετάβασης σε κάθε εξερχόμενη γραμμή επικοινωνίας και με μια τυχαία γεννήτρια αριθμού. Αυτός ο αλγόριθμος μπορεί να αντιμετωπισθεί ως διαδικασία λήψης απόφασης, που λειτουργεί ανεξάρτητα σε κάθε κόμβο: κάθε φορά που παραλαμβάνεται ένα πακέτο σε έναν κόμβο, αυτή η διαδικασία κινείται για να επιλέξει ένα εξερχόμενο κανάλι. Η επιλογή του καναλιού θα βασιστεί στις πιθανότητες μετάβασης των εξερχόμενων γραμμών επικοινωνίας . Ο δεύτερος αλγόριθμος είναι ένας προσαρμοστικός (απομονωμένος) αλγόριθμος που λαμβάνει τις αποφάσεις δρομολόγησης σύμφωνα με τις πληροφορίες που συγκεντρώνονται από το σύστημα όταν είναι λειτουργικό. Αυτές οι πληροφορίες θεωρούν χρονοτριβή τις καθυστερήσεις που υφίστανται από τους πελάτες στις σειρές αναμονής των σταθμών προορισμού. Ο τρίτος αλγόριθμος είναι ένας προσαρμοστικός (διανεμημένος) αλγόριθμος δρομολόγησης που καθοδηγεί τις εργασίες ανάλογα με την καλύτερη διαθέσιμη πορεία. Ο αλγόριθμος είναι ένας άλλος προσαρμοστικός αλγόριθμος δεδομένου ότι η επιλογή της πορείας είναι ανάλογα με τις πληροφορίες που συγκεντρώνονται από το σύστημα.

Τα παραδείγματα κάθε περίπτωσης θα διευκρινιστούν και η συγκριτική ανάλυση θα πραγματοποιηθεί. Όποτε είναι απαραίτητο, μια παράλληλη γραμμή ή μια γραμμή διαφοράς θα συρθεί. Αυτά τα ζητήματα θα συζητηθούν στο κεφάλαιο 4.

2.6.2 Ενιαία και πολλαπλή διαδρομή RAs.

Ένας αλγόριθμος δρομολόγησης μπορεί να προσφέρει είτε μια ενιαία πορεία είτε πολλαπλές πορείες μεταξύ ενός διευκρινισμένου ζευγαριού της πηγής και των κόμβων προορισμού.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της σταθερής δρομολόγησης είναι ότι ένα πακέτο (ή ένα κύτταρο στην περίπτωση των δικτύων του ATM), είναι εγγυημένο για να φθάσει στον κόμβο προορισμού . Αυτό μειώνει αρκετά το κόστος απόδοσης των πακέτων σε κάθε κόμβο προορισμού.

Αφ' ετέρου, η πολλαπλότητα της δρομολόγησης των πορειών απαιτείται προκειμένου:

- α) να αυξήσει την πιθανότητα ότι μια διαδρομή θα είναι διαθέσιμη όταν απαιτείται για να επιτύχει την ισοπέδωση φόρτωσης,
- β) να παρέχει την εναλλασσόμενη ικανότητα σε περίπτωση κόμβου/αποτυχίας ή συμφόρησης συνδέσεων και
- γ) να παρέχει τη διαφορετική υπηρεσία στους διαφορετικούς τύπους κυκλοφοριών όπως στην περίπτωση των δικτύων του ATM.

2.6.3 Συντομότερη δρομολόγηση διαδρομών.

Η ιδέα πίσω από την πιο σύντομη δρομολόγηση πορειών είναι να χτιστεί μια γραφική παράσταση του υποδικτύου, με κάθε κόμβο της γραφικής παράστασης να αντιπροσωπεύει ένα ορισμένο IMP και κάθε τόξο στη γραφική παράσταση να αντιπροσωπεύει μια γραμμή επικοινωνίας. Για να επιλέξει έπειτα μια βέλτιστη πορεία μετάδοσης μεταξύ ενός ζευγαριού κόμβων ο αλγόριθμος επιδιώκει και βρίσκει την κοντύτερη πορεία μεταξύ των δύο κόμβων.

Για να μετρήσει το μήκος πορειών ή ειδικά μιας διαδρομής, ο αλγόριθμος θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει διάφορες παραμέτρους. Μια αποδεκτή παράμετρος είναι ο αριθμός αναπηδήσεων. Χρησιμοποιώντας αυτές τις δύο μετρικές πορείες στο υποδίκτυο θα μπορούσαν να έχουν το ίδιο μήκος, έτσι η περαιτέρω περικοπή απαιτείται προκειμένου να βρεθεί η κοντύτερη πορεία. Μία άλλη μέτρηση είναι η φυσική απόσταση στα χιλιόμετρα.

Εντούτοις, πολλές άλλες μετρήσεις είναι δυνατές. Κάθε τόξο θα μπορούσε να περιγραφεί με τη μέση καθυστέρηση αναμονής και μετάδοσης για ένα τυποποιημένο πακέτο δοκιμής ως καθορισμένες κοντά ωριαίες ή καθημερινές δοκιμαστικές λειτουργίες (Tanenbaum, 89). Με αυτό το μαρκάρισμα των

γραφικών παραστάσεων, η κοντύτερη πορεία είναι η γρηγορότερη πορεία, παρά την πορεία με το λιγότερο αριθμό ενδιάμεσων αναπηδήσεων ή χιλιομέτρων.

2.6.4 Πολυτημηματική δρομολόγηση.

Βρίσκοντας μια ενιαία βέλτιστη (κοντύτερη) πορεία μεταξύ ενός ζευγαριού κόμβων σε ένα υποδίκτυο και κατευθύνοντας όλη την κυκλοφορία να ακολουθήσει την διαδρομή είναι μια αποδεκτή τεχνική που λειτουργεί καλά στις περισσότερες περιπτώσεις και ενσωματώνεται. Εντούτοις, σε πολλά δίκτυα, υπάρχουν διάφορες πορείες μεταξύ των ζευγαριών των κόμβων που είναι εξίσου ή σχεδόν εξίσου καλές. Η "καλύτερη απόδοση μπορεί συχνά να ληφθεί με το διαχωρισμό της κυκλοφορίας πέρα από διάφορες πορείες, για να μειώσει το φορτίο σε κάθε μια από τις γραμμές επικοινωνίας" (Tanenbaum, 89). Η χρησιμοποίηση των πολλαπλών διαδρομών μεταξύ ενός ενιαίου ζευγαριού των κόμβων καλείται **πολλαπλών διαδρομών δρομολόγηση** ή μερικές φορές **διακλαδωμένη δρομολόγηση**.

Η πολλαπλών διαδρομών δρομολόγηση μπορεί να εφαρμοστεί ως εξής. Κάθε IMP διατηρεί έναν πίνακα με μια σειρά για κάθε πιθανό IMP προορισμού. Μια σειρά δίνει την καλύτερη, τη δεύτερη καλύτερη, τη τρίτη καλύτερη εξερχόμενη γραμμή κ.λπ. για εκείνο τον προορισμό, μαζί με μια σχετική σπουδαιότητα. Πριν διαβιβαστεί ένα πακέτο, ένα IMP παράγει έναν τυχαίο αριθμό και επιλέγει έπειτα μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων, χρησιμοποιώντας τις σπουδαιότερες ως πιθανότητες. Οι πίνακες φορτώνονται με το χέρι από τους χειριστές δικτύων, που φορτώνονται στους IMPs προτού να τεθεί σε έναρξη αρχικά το δίκτυο και να μην αλλάξουν έκτοτε. .

2.6.5 Διανεμημένη δρομολόγηση.

"Σε αυτήν την κατηγορία δρομολόγησης αλγορίθμων, κάθε IMP ανταλλάσσει περιοδικά τις ρητές πληροφορίες δρομολόγησης με κάθε έναν από τους γείτονές του" (Tanenbaum, 89). Κάθε IMP διατηρεί έναν πίνακα δρομολόγησης που συντάσσεται, και περιορίζεται σε μια είσοδο για τα μεταξύ τους IMP στο υποδίκτυο. Αυτή η είσοδος περιέχει δύο μέρη: τη προτιμημένη εξερχόμενη γραμμή στη χρήση για τον ιδιαίτερο προορισμό, και μερικές εκτιμήσεις του χρόνου ή απόστασης σε εκείνο τον προορισμό. Οι διάφορες μετρήσεις που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν είναι ο αριθμός αναπηδήσεων, κατ' εκτίμηση η χρονική καθυστέρηση στα χιλιοστά του δευτερολέπτου, ο υπολογισμός του συνολικού αριθμού πακέτων που περιμένει στη σειρά κατά μήκος της πορείας κ.λπ.

2.6.6 Βέλτιστη δρομολόγηση.

Ακόμη και χωρίς γνώση των λεπτομερειών της τοπολογίας υποδικτύου ή/και της κυκλοφορίας του υποδικτύου, είναι δυνατό να γίνουν μερικές γενικές δηλώσεις για τις βέλτιστες διαδρομές. Αυτές οι δηλώσεις είναι ότι εάν το IMP j είναι στη βέλτιστη διαδρομή από το IMP i στο IMP K , κατόπιν η βέλτιστη διαδρομή από το j στο K πέφτει επίσης κατά μήκος της ίδιας διαδρομής.

2.6.7 Συγκεντρωμένη δρομολόγηση.

Με τη γνώση της γενικής συμπεριφοράς του υποδικτύου και εάν το υποδίκτυο παρεκκλίνει σπάνια από την προοπτική της τοπολογίας και της κυκλοφορίας έπειτα είναι απλό για να κάνει μερικές αρχικές εκτιμήσεις για αυτά τα δύο χαρακτηριστικά γνωρίσματα και να φορτώσει έπειτα τους πίνακες δρομολόγησης αναλόγως. Κατόπιν, όταν τίθεται σε έναρξη το δίκτυο, οι τιμές των πινάκων δρομολόγησης μπορούν να φορτωθούν επάνω στους IMPs χωρίς τις περαιτέρω τροποποιήσεις που απαιτούνται.

Εντούτοις, η κυκλοφορία ποικίλλει τυχαία σε όλο το λειτουργικό χρόνο του δικτύου, μια τεχνική απαιτείται για να προσαρμόσει τους πίνακες στις τρέχουσες περιστάσεις.

Μια τεχνική που έρχεται γύρω από αυτό το πρόβλημα καλείται **συγκεντρωμένη δρομολόγηση**. Περιοδικά, κάθε IMP στέλνει τις πληροφορίες θέσης στο **κέντρο ελέγχου δρομολόγησης** του δικτύου (RCC: **Routing Control Center**), που περιλαμβάνουν έναν κατάλογο γειτόνων που είναι ακόμα λειτουργικά, τρέχοντα μήκη σειρών αναμονής, ποσό κυκλοφορίας που υποβάλλεται σε επεξεργασία ανά γραμμή από την τελευταία έκθεση/αναφορά κ.λπ. Το RCC συλλέγει τις πληροφορίες και έπειτα

βασισμένο στη σφαιρική γνώση ολόκληρου του δικτύου, υπολογίζει τις βέλτιστες διαδρομές από κάθε IMP σε κάθε άλλο IMP.

Αυτός ο αλγόριθμος δρομολόγησης ολοκληρώνει την έρευνα των RAs. Υπάρχουν πολυπληθή άλλοι RAs κάθε ένας με διαφορετικά χαρακτηριστικά.

2.7 Περίληψη και συμπεράσματα.

Σε αυτό το κεφάλαιο οι διάφοροι τύποι των CCNs ερευνήθηκαν και ο τρόπος λειτουργίας και δομής τους συζητήθηκε εν συντομία. Ο αναγνώστης εξοικειώθηκε επίσης με μερικές από τις εκτιμήσεις σχεδίου που ένας σχεδιαστής δικτύων πρέπει να λάβει υπόψη κατά την έναρξη ανάπτυξης ενός δικτύου υπολογιστών.

Επιπλέον, η τρέχουσα κατάσταση, σχετικά με την ολοκλήρωση υπηρεσιών ISDN και δικτύων, συζητήθηκε και γιατί οι πρόοδοι στην τεχνολογία δικτύωσης είναι μια προϋπόθεση για το περπάτημα στην επόμενη χιλιετία. Η σειρά των υπηρεσιών που το B-ISDN παρέχει ήταν υπό εξέταση σε αυτό το πλαίσιο.

Επιπλέον, ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά γνωρίσματα οποιουδήποτε σύγχρονου CCN, το σχέδιο δρομολόγησης που εφαρμόστηκε, ερευνήθηκαν λεπτομερώς και οι διάφορες εναλλακτικές λύσεις του καλά καθιερωμένου αλγορίθμου δρομολόγησης περιγράφηκαν:

Στο επόμενο κεφάλαιο, ο προσομοιωτής που χτίζεται για αυτό το πρόγραμμα θα αναλυθεί λεπτομερώς. Στον αναγνώστη θα παρασχεθούν κάποιες αρχικές πληροφορίες για τα προγράμματα προσομοίωσης πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση του προσομοιωτή και θα εξεταστούν και θα ελεγχθούν τα αποτελέσματα προσομοίωσης.

Κεφάλαιο 3-Πρόγραμμα προσομοίωσης για την αξιολόγηση των αλγορίθμων δρομολόγησης

3.1 Εισαγωγή.

Η διαμόρφωση και η κατασκευή προσομοίωσης είναι πιθανώς ένας από τους πιο δυσκίνητους στόχους ενός υπεύθυνου για την ανάπτυξη λογισμικού. Αυτό συμβαίνει λόγω διάφορων λόγων. Κατ' αρχάς, επειδή ο προσομοιωτής πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ρεαλιστικότερος. Ένας προσομοιωτής δεν είναι καμίας μεγάλης χρήσης εάν λειτουργεί τέλεια καλά αλλά διαμορφώνει ένα μη ρεαλιστικό σύστημα με ελάχιστη ή καμία πραγματική, σημασία. Αφετέρου, επειδή η ίδια η φύση ενός προσομοιωτή υπαγορεύει την καταδίωξη και τη μέτρηση σε πραγματικό χρόνο (ή χρόνο προσομοίωσης) των γεγονότων που καθορίζουν το σχέδιο δράσης το πρόγραμμα πρόκειται να ακολουθήσει και να καθορίσει τις αντιδράσεις σε αυτές τις ενέργειες.

Η "προσομοίωση υπολογιστών είναι βασισμένη στην ιδέα του πειραματισμού" (Pidd, 89). Αντί της πραγματοποίησης των πειραμάτων στο πραγματικό σύστημα, που να είναι δαπανηρό ή απραγματοποίητο, θα πραγματοποιηθούν σε ένα δυναμικό πρότυπο. Εάν εκείνο το πρότυπο είναι μια έγκυρη αντιπροσώπευση του συστήματος, κατόπιν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης οφείλουν να είναι μεταβιβάσιμα στο ίδιο το σύστημα. Είναι σαφές ότι η προσομοίωση είναι η προσέγγιση στη χρήση, κατόπιν η διαδικασία της προσομοίωσης μπορεί να θεωρηθεί ως διαδικασία περιλαμβάνοντας τρία στάδια (Pidd, 88):

- διαμόρφωση
- προγραμματισμός
- πειραματισμός

Εντούτοις, είναι σπάνιο για τα τρία στάδια να είναι εξ ολοκλήρου ευδιάκριτο, παραδείγματος χάριν, κατά την ανάπτυξη ενός προτύπου συστήματος, είναι σύνηθες για τον προγραμματιστή να τηρήσει μια ματιά στη φάση σχεδίου τόσο καλά όσο στις επιπτώσεις προγραμματισμού των πρώτων.

Στο επόμενο τμήμα, κάποιες βασικές πληροφορίες για τη διαμόρφωση προσομοίωσης και τη κατασκευή θα παραχθούν .

3.2 Η φύση της προσομοίωσης.

Η ορολογία που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τον τρόπο λειτουργίας ενός προγράμματος προσομοίωσης και των ιδεών για την κατασκευή της είναι βασικά ζητήματα ,έτσι μερικές γραμμές θα αφιερωθούν σε αυτήν την περιγραφή.

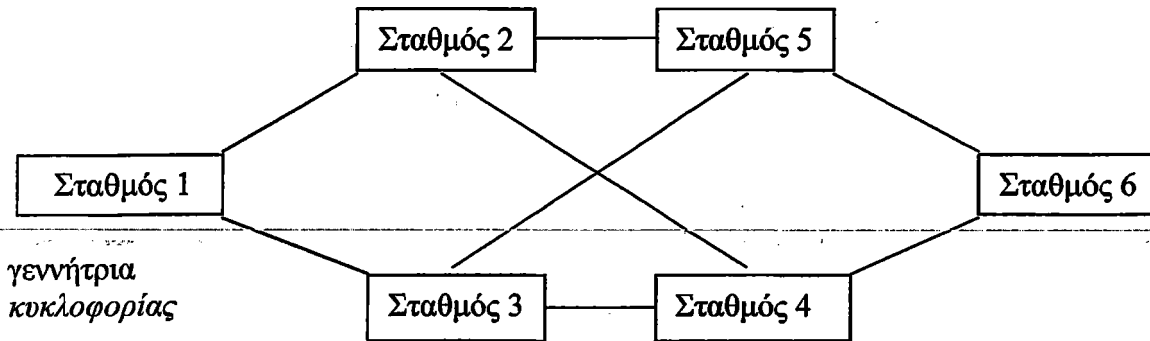
Η δυνατότητα ή η διαδικασία ενδιαφέροντος καλείται συνήθως *σύστημα*, και προκειμένου να την μελετήσουμε επιστημονικά, μερικές υποθέσεις πρέπει να γίνουν για το πώς λειτουργεί. Αυτές οι υποθέσεις, που λαμβάνουν συνήθως τη μορφή μαθηματικών ή λογικών σχέσεων, αποτελούν ένα *πρότυπο*, το οποίο χρησιμοποιείται για να προσπαθήσει να αποκτήσει μια επίγνωση για το πώς το αντίστοιχο σύστημα συμπεριφέρεται.

Εάν οι σχέσεις που συνθέτουν το πρότυπο είναι αρκετά απλές, μπορεί να είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν μαθηματικές μέθοδοι (όπως η άλγεβρα, ο υπολογισμός, ή η θεωρία πιθανότητας) για να λάβει τις ακριβείς πληροφορίες για τα θέματα ενδιαφέροντος: αυτό καλείται *αναλυτική λύση*. Εντούτοις, τα περισσότερα πραγματικά συστήματα είναι επίσης περίπλοκα για να επιτρέψει στα ρεαλιστικά πρότυπα να αξιολογηθούν αναλυτικά, και αυτά τα πρότυπα πρέπει να μελετηθούν δια μέσου της προσομοίωσης. Σε μια προσομοίωση, ένα πρόγραμμα ενσωματώνεται για να επιτρέψει στον υπεύθυνο την ανάπτυξη του συστήματος, αξιολογώντας ένα σύστημα *αριθμητικά*, συγκεντρώνοντας τα στοιχεία προκειμένου να υπολογιστούν τα επιθυμητά αληθινά χαρακτηριστικά του προτύπου.

Στα επόμενα τμήματα, ο προσομοιωτής που έχει αναπτυχθεί για αυτό το πρόγραμμα θα είναι λεπτομερώς αναλυμένος και οι υποθέσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί θα περιγραφούν σαφώς.

3.3. Μίμηση ενός πολλαπλού-κεντρικού υπολογιστή που περιμένει στη σειρά του συστήματος: ¶Μια επισκόπηση.

Ο προσομοιωτής έχει αναπτυχθεί σε PASCAL. Αυτό συνέβη για διάφορους λόγους: κατ' αρχάς, επειδή η PASCAL είναι μια εύχρηστη και ισχυρή γλώσσα προγραμματισμού και αφετέρου επειδή η PASCAL διατηρεί και χρησιμοποιεί τους πίνακες κατά τρόπο προφανή και απλό. Για να μιμηθεί ένα σύστημα αναμονής πολλαπλών-κεντρικών υπολογιστών, κάποιος πρέπει να βρει τις απαντήσεις για διάφορες ερωτήσεις. Κατ' αρχάς, και το πιο σημαντικό, πώς είναι η διαδικασία άφιξης πελατών που πηγαίνει να μιμηθεί; Το σύστημα που χτίζεται για αυτό το πρόγραμμα αποτελείται από έξι σταθμούς M/M/1. Ο πρώτος σταθμός παράγει την κυκλοφορία όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 3.1 .



ΣΧΗΜΑ 3.1

Οι χρόνοι αλληλοάφιξης(: ο χρόνος μεταξύ δυο διαδοχικών αφίξεων) των πελατών που ενώνουν το σταθμό 1 είναι ανεξάρτητοι, όμοια διανεμημένες τυχαίες μεταβλητές. ("Όμοια διανεμημένες" σημαίνει ότι οι χρόνοι αλληλοάφιξης έχουν την ίδια πιθανότητα διανομής.) Ένας πελάτης που φθάνει και βρίσκει τον κεντρικό υπολογιστή μη απασχολημένο, εισάγεται στο στάδιο υπηρεσιών αμέσως, και οι χρόνοι υπηρεσιών των διαδοχικών πελατών είναι όμοια διανεμημένες τυχαίες μεταβλητές που είναι ανεξάρτητες από τους χρόνους αλληλοάφιξης. Ένας πελάτης που φθάνει και βρίσκει τον κεντρικό υπολογιστή πολυάσχολο, ενώνεται στο πίσω μέρος μιας ενιαίας σειράς αναμονής *πρώτος-μέσα, πρώτος-έξω* (FIFO). Με την ολοκλήρωση της υπηρεσίας για τον τρέχοντα πελάτη, ο κεντρικός υπολογιστής επιλέγει έναν άλλο πελάτη από τη σειρά αναμονής.

Η προσομοίωση θα αρχίσει στον υπολογιστή-μη απασχόλησης και δηλώνεται κενό στη σειρά αναμονής δηλαδή κανένας πελάτης δεν είναι παρόν και ο κεντρικός υπολογιστής είναι μη απασχολημένος (αδρανής). Στο χρόνο 0, η προσομοίωση θα αρχίσει. Από το χρόνο 0 και μετά, ο πρώτος πελάτης αναμένεται στο σύστημα. Η άφιξη του πρώτου πελάτη θα εμφανιστεί μετά από τον πρώτο χρόνο αλληλοάφιξης .

Η προσομοίωση θα ολοκληρωθεί όταν επιτευχθεί μια ορισμένη χρονική τιμή (η προσομοίωση ολοκληρώνεται μετά από 10000 ticks ρολογιού προσομοίωσης). Αυτή η τιμή είναι ένας χρήστης που εισάγεται στο πρόγραμμα προσομοίωσης.

Αφότου έχει ολοκληρώσει την υπηρεσία στο σταθμό 1, διαδίδεται με τη βοήθεια ενός σχεδίου δρομολόγησης σε άλλους σταθμούς. Η επιλογή του σταθμού που ένας πελάτης θα ενωθεί θα γίνει με την επίκληση του κατάλληλου γεγονότος (από τον κατάλογο δραστηριότητας γεγονότος του προσομοιωτή).

Για να μετρήσουν την απόδοση του συστήματος, τρεις ποσότητες έχουν επιλεγεί. Κατ' αρχάς, η αναμενόμενη μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής από τον αριθμό των πελατών θα έχει ενώσει τις σειρές αναμονής των μεμονωμένων σταθμών πριν από την ολοκλήρωση του μήκους του χρόνου προσομοίωσης. Αφετέρου, ο αναμενόμενος μέσος αριθμός πελατών περιμένει στη σειρά αναμονής(αλλά δεν εξυπηρετείτε). Τέλος, οι χρήσεις των μεμονωμένων κεντρικών υπολογιστών θα συλλεχθούν. Αυτά τα αποτελέσματα θα συγκριθούν μεταξύ τους για να επιτρέψουν στον αναγνώστη να συναγάγει τα συμπεράσματα για την καταλληλότητα ή διαφορετικά για τα σχέδια δρομολόγησης.

Οι σταθμοί είναι διατιθέμενοι χρόνοι υπηρεσιών εκτός από το σταθμό 1 του οποίου ο χρόνος αλληλοάφιξης και οι τιμές του χρόνου υπηρεσιών είναι καθορισμένες από το χρήστη. Οι χρόνοι αλληλοάφιξης όλων των σταθμών εξαρτώνται από τα σχέδια δρομολόγησης που εφαρμόζονται.

Κάθε σταθμός περιλαμβάνει και διαχειρίζεται δύο γεγονότα: Μια άφιξη και μια αναχώρηση. Στις παραγράφους 3.3.2 και 3.3.3 επιδεικνύεται πώς αυτές οι δύο διαδικασίες σχεδιάζονται και προγραμματίζονται. Σε αυτό το σημείο, το γεγονός ότι κάθε μια από αυτές τις διαδικασίες επικαλείται κατά την επιτρεπόμενη απαίτηση να πορευτεί θα διευκρινιστεί. Ο πίνακας 3.1 κατωτέρω απεικονίζει τα γεγονότα που κάθε σταθμός επικαλείται και τη λογική έννοια κάθε ενός:

| Σταθμοί | Γεγονότα | |
|-----------|----------|----|
| Σταθμός 1 | 1 | 2 |
| Σταθμός 2 | 3 | 4 |
| Σταθμός 3 | 5 | 6 |
| Σταθμός 4 | 7 | 8 |
| Σταθμός 5 | 9 | 10 |
| Σταθμός 6 | 11 | 12 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1

Η διαχείριση ενός προσομοιωτή είναι όλη για την επίκληση του κατάλληλου γεγονότος από τον κατάλογο γεγονότος. Έτσι, παραδείγματος χάριν όταν σχεδιάζεται μια άφιξη στο σταθμό 5 το γεγονός 9 θα πρέπει να επικαλεσθεί. Ο κατάλογος γεγονότος του προσομοιωτή αποτελείται από 13 γεγονότα. Το δέκατο τρίτο γεγονός ενσωματώνεται για να χαρακτηρίσει το τέλος του προσομοιωτή με την εκτύπωση ενός κατάλληλου μηνύματος. Η σειρά αναμονής κάθε σταθμού έχει σταθερό, καθορισμένο πρόγραμμα μήκους 1000 θέσεις. Έτσι το όριο σειρών αναμονής για το πρόγραμμα προσομοίωσης πολλαπλού-κεντρικού υπολογιστή καθορίζεται.

Στο επόμενο τμήμα, η διαδικασία συγχρονισμού θα αναλυθεί και το σχέδιο και ο σκοπός αυτής θα συζητηθούν. Στις παραγράφους 3.3.2 και 3.3.3 η άφιξη και η αναχώρηση γεγονότων θα συζητηθούν λεπτομερώς.

3.3.1 Μίμηση ενός συστήματος αναμονής πολλαπλών-κεντρικών υπολογιστών: συγχρονισμός.

Εάν ένας προσομοιωτής πρόκειται να είναι πρακτικής σπουδαιότητας, πρέπει να είναι σε θέση να φροντίσει για ένα καλά καθορισμένο σχέδιο συγχρονισμού που θα παράσχει το πλαίσιο για τα διάφορα παρόντα γεγονότα στον κατάλογο δραστηριότητας. Ο χρόνος καταδίωξης και επίκλησης γεγονότων είναι κατά συνέπεια πιθανώς η σημαντικότερη φάση στην κατασκευή ενός προσομοιωτή. Στο σύστημα αναμονής πολλαπλών-κεντρικών υπολογιστών, το χρονόμετρο που χτίζεται είναι διευκρινισμένο στο ψευδοκώδικα στο σχήμα 3.2 :

PROCEDURE Timing;

VAR

I : *integer*;
minimum time next event : *real*;

BEGIN

minimum time next event = *maximum*;
next event type = 0;

FOR *I* = 1 to number of events present in the event list *DO BEGIN*
IF *next event[I]* is smaller than *minimum time next event* *THEN BEGIN*
minimum time next event = *next event[I]*;
next event type = *I*
END
END;

IF *next event type* = 0 *THEN BEGIN*
abort the simulation
END;

Time = *minimum time next event*

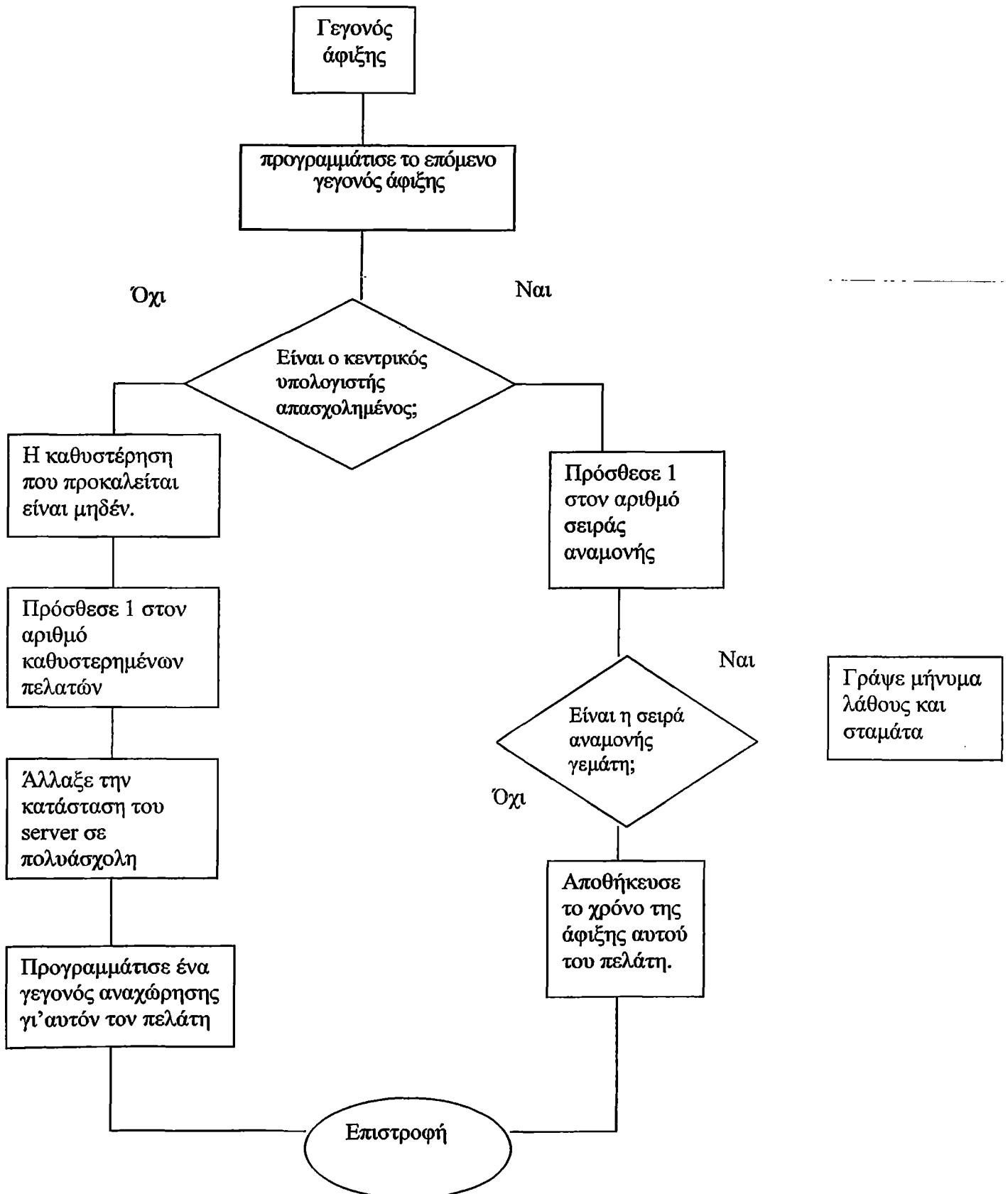
END;

ΣΧΗΜΑ 3.2

Το χρονόμετρο λειτουργεί ως εξής: Το ελάχιστο χρονικό επόμενο γεγονός μονογράφεται στο μέγιστο για να επιτρέψει στον προσομοιωτή να αρχίσει. Ο αριθμός γεγονότων στο σύστημα αναμονής πολλαπλών-κεντρικών υπολογιστών είναι δέκα τρία (13) και φορτώνεται με αυτήν την τιμή στο κύριο πρόγραμμα (Δηλ. ο κατάλογος δραστηριότητας διοργανώνει δέκα τρία γεγονότα). Προκειμένου να αποφασιστεί να εμφανιστεί ο τύπος γεγονότος του επόμενου γεγονότος, κάποιος πρέπει να συγκρίνει το τρέχον γεγονός με την ελάχιστη χρονική μεταβλητή του επόμενου γεγονότος. Δεδομένου ότι το τελευταίο μονογράφεται στο μέγιστο, το επόμενο event[I] (το γεγονός I από τον κατάλογο γεγονότος) είναι αναγκασμένο να είναι μικρότερο από το ελάχιστο χρονικό επόμενο γεγονός. Συνεπώς, το επόμενο event[I] θα εμφανιστεί πρώτα. Με την ολοκλήρωση αυτού του γεγονότος, το ελάχιστο χρονικό επόμενο γεγονός θα συγκριθεί με αυτό ακόμα μια φορά αλλά αυτή τη φορά, έχει την τιμή επόμενου event[I]. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται κατ' επανάληψη για να επιτρέψει στον προσομοιωτή να προχωρήσει με την εξασφάλιση ότι τα γεγονότα θα εμφανιστούν, εφ' όσον η επόμενη τιμή του event[I] είναι μικρότερη από αυτή του προηγουμένως επικαλεσμένου γεγονότος. Έτσι ο χρόνος θα προωθηθεί και τα γεγονότα θα επικαλεσθούν έως ότου φθάσει ο προσομοιωτής στο οριζόμενο χρονικό μήκος του που έχει επιλεχτεί να είναι 10.000 τικς ρολογιού προσομοίωσης. Εάν ο κατάλογος γεγονότος είναι κενός τότε ο προσομοιωτής βγάζει ένα μήνυμα λάθους και το πρόγραμμα ματαιώνεται.

3.3.2 Μίμηση ενός συστήματος αναμονής πολλαπλών-κεντρικών υπολογιστών: αφίξεις.

Προκειμένου να παραχθούν και να ρυθμιστούν οι αφίξεις διάφορες αποφάσεις πρέπει να ληφθούν. Το διάγραμμα ροής της διαδικασίας αφίξης παρουσιάζεται στο σχήμα 3.3 :



ΣΧΗΜΑ 3.3

Αρχικά, η επόμενη άφιξη σχεδιάζεται. Αυτή η διαδικασία πραγματοποιείται με την επίκληση του κατάλληλου γεγονότος από τον κατάλογο γεγονότος όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 3.1. Συνεπώς, για την πρώτη διαδικασία άφιξης για να πραγματοποιηθεί, αυτό θα απαιτούσε να καλέσει το γεγονός 1. Μόλις σχεδιαστεί μια άφιξη και είναι αυτήν την περίοδο εκτελέσιμη, υπάρχουν διάφορα πράγματα που κάποιος χρειάζεται να φροντίσει. Κατ' αρχάς, κάποιος πρέπει να ελέγξει εάν ο κεντρικός υπολογιστής και ο αντίστοιχος σταθμός είναι πολυάσχολοι. Εάν είναι, κατόπιν ο ειδικός πελάτης που βρήκε τον κεντρικό υπολογιστή πολυάσχολο θα πρέπει να περιμένει στη σειρά. Εάν δεν είναι, η καθυστέρηση που προκαλείται από αυτόν τον πελάτη είναι μηδέν, αυτός ο πελάτης δεν έχει καμία επιρροή στις στατιστικές που μαζεύονται και θα ενωθεί αμέσως στον κεντρικό υπολογιστή για να λάβει την υπηρεσία. Η κατάσταση του κεντρικού υπολογιστή αλλάζει σε πολυάσχολη (σε αντιδιαστολή με την αρχική μη απασχολημένη κατάσταση). Κατόπιν, το αντίστοιχο γεγονός ανάχωρησης επικαλείται από τον κατάλογο γεγονότος για να χαρακτηρίσει την ολοκλήρωση της υπηρεσίας του πελάτη για αυτόν τον ιδιαίτερο σταθμό.

Εάν, αφ' ετέρου, ο κεντρικός υπολογιστής είναι πολυάσχολος, ο πελάτης θα πρέπει να περιμένει στη σειρά. Εάν η σειρά αναμονής είναι πλήρης, η προσομοίωση θα αποβάλει ένα κατάλληλο μήνυμα λάθους που τυπώνεται. Εάν η σειρά αναμονής δεν είναι πλήρης, κατόπιν το γεγονός άφιξης για αυτόν τον πελάτη θα αποθηκευτεί και οι κατάλληλοι στατιστικοί μετρητές θα τροποποιηθούν για να απεικονίσουν αυτό.

Ο ψευδοκώδικας για τη διαδικασία άφιξης παρουσιάζεται στο σχήμα 3.4 :

```
PROCEDURE Arrive; {Arrival event procedure. }

VAR

Delay : Real;

BEGIN { Arrive }

    {Schedule next arrival. }

    Next Event[1] := Time + Poisson Exponential (Mean Interarrival);

    {Check to see whether server is busy. }

    IF Server Status = Busy THEN BEGIN

        {Server is busy, so increment number of customers in
        queue. }

        Number In Q := Number In Q + 1;

        {Check to see whether an overflow conditions exists. }

        IF Number In Q > Q Limit THEN BEGIN

            {The queue has overflow, so abort. }
```

print('The first queue is full at time ', Time); Halt

END;

{There is still room in the queue, so store the time of arrival of the arriving customer at the (new) end of Time Arrival. }

Time Arrival [Number In Q] := Time

END

ELSE BEGIN

{Server is idle, so arriving customer has a delay of zero. (The following two statements are for program clarity and do not affect the results of the simulator). }

Delay := 0.0;

Total Of Delays := Total Of Delays + Delay;

{Increment the number of customers delayed, and make server busy. }

Number Customers Delayed := Number Customers Delayed + 1;

Server Status := Busy;

{Schedule a departure (service completion). }

Next Event[I+1] := Time + Poisson Exponential (Mean Service);

END

END;

ΣΧΗΜΑ 3.4

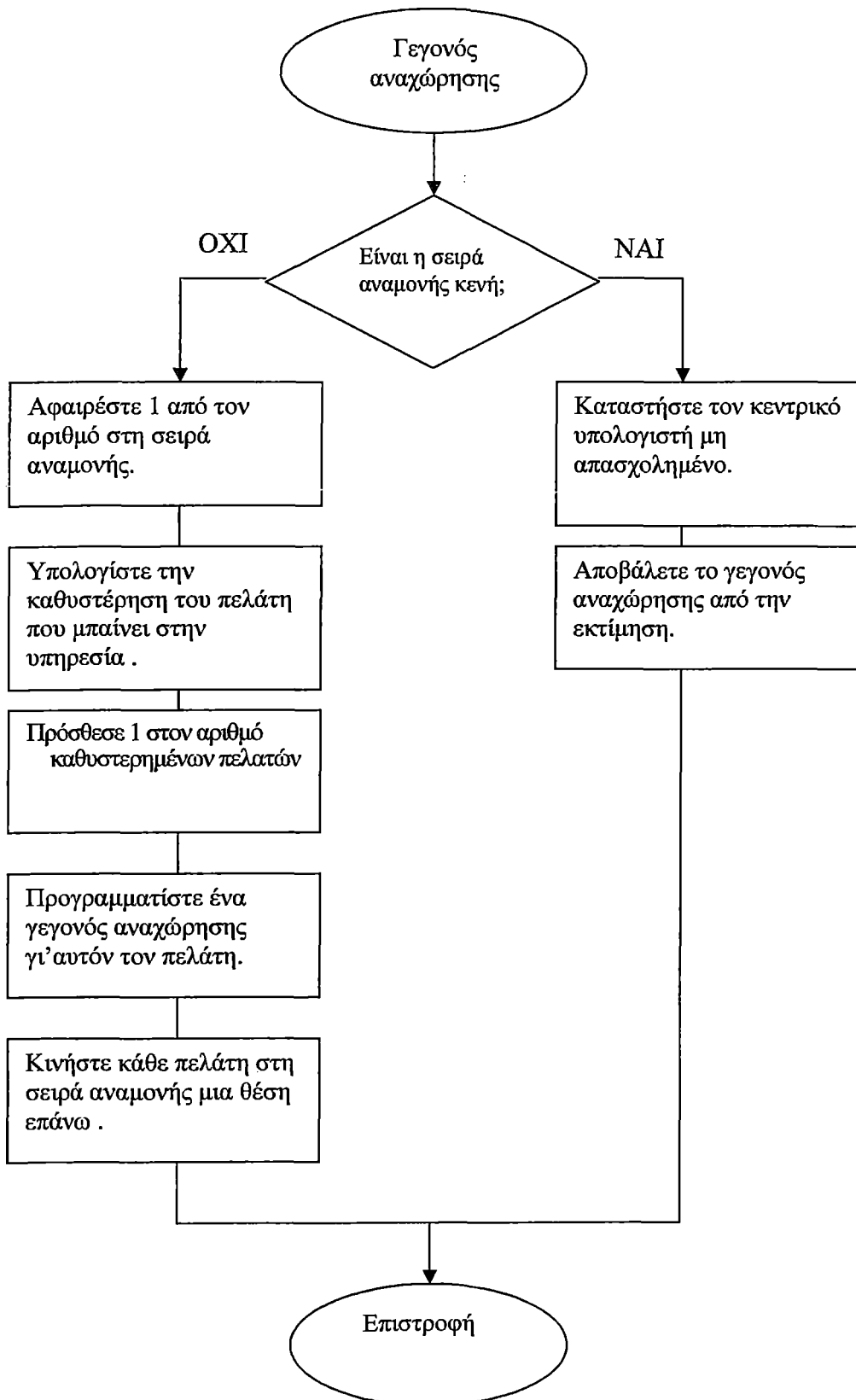
Ο εκθέτης Poisson είναι μια λειτουργία που χρησιμοποιεί μια τυχαία γεννήτρια αριθμού αποκαλούμενη rand. Αυτή η λειτουργία παράγει ουσιαστικά εκθετική τυχαία μεταβλητή με το μέσο όρο όπως παρουσιάζεται στη λίστα κώδικα. Η γεννήτρια υπολογίζει και δίνει αποτελέσματα μια τιμή στη σειρά [0..1].

3.3.3 Μίμηση ενός συστήματος πολλαπλών-κεντρικών υπολογιστών στην σειρά αναμονής: αναχωρήσεις.

Το γεγονός αναχώρησης επικαλείται όποτε ένας πελάτης ολοκληρώνει την υπηρεσία σε έναν σταθμό και επιθυμεί να αναχωρήσει προς τον επόμενο σταθμό στο σύστημα. Εάν ο αναχωρώντας πελάτης δεν αφήνει κανέναν άλλο πελάτη στη σειρά αναμονής έπειτα η θέση του κεντρικού υπολογιστή αλλάζει σε μη απασχόλησης, για να απεικονίσει ότι κανένας πελάτης δεν είναι παρών στη σειρά αναμονής και έτσι η διαδικασία υπηρεσιών θα είναι μη απασχόλησης μέχρι την επόμενη άφιξη πελατών. Για να υπογραμμιστεί αυτό, το γεγονός αναχώρησης αποβάλλεται από την μελέτη, όταν αρχίζει ο προσομοιωτής, να κάνει το χρόνο επίκλησής του εξαιρετικά μεγάλο. Αυτό συμβαίνει δεδομένου ότι το επόμενο γεγονός είναι αναγκασμένο να κάνει άφιξη.

Στην άλλη πλευρά του φάσματος, εάν ένας ή περισσότεροι πελάτες αφήνονται πίσω στη σειρά αναμονής, ο πρώτος αυτών των πελατών θα αφήσει τη σειρά αναμονής και θα εισαχθεί στην υπηρεσία. Συνεπώς, οι ανάγκες μεγέθους σειρών αναμονής μειώνονται από μια για να απεικονίσουν αυτήν την αλλαγή. Από την άποψη των στατιστικών, η καθυστέρηση στη σειρά αναμονής για αυτόν τον πελάτη χρειάζεται να υπολογιστεί και να καταχωρηθεί στον κατάλληλο στατιστικό μετρητή. Ο καθυστερημένος αριθμός πελατών αυξάνεται από έναν για να απεικονίσει το γεγονός ότι ένας επιπλέον πελάτης έχει εισέλθει στη φάση υπηρεσιών σε αυτόν τον σταθμό. Ο πελάτης που εισάγει τώρα την υπηρεσία είναι αναγκασμένος να αφήσει το σύστημα μόλις λάβει την υπηρεσία. Κατά συνέπεια, ένα γεγονός αναχώρησης πρέπει να σχεδιαστεί για εκείνο τον πελάτη. Τέλος, εάν υπάρχει οποιοσδήποτε αριθμός εργασιών στη σειρά αναμονής, περιμένοντας να εισαχθούν στη φάση υπηρεσιών, όλες προωθούνται από μια θέση σειρών αναμονής.

Η λογική του γεγονότος αναχώρησης απεικονίζεται στο σχήμα 3.5 κατωτέρω:



ΣΧΗΜΑ 3.5

Ο ψευδοκώδικας για το γεγονός αναχώρησης παρουσιάζεται παρακάτω στο σχήμα 3.6 :

```
PROCEDURE Depart: {Departure event procedure. }
```

```
VAR
```

```
I, Q : Integer:
```

```
Delay : Real;
```

```
BEGIN
```

```
{Check to see whether the queue is empty. }
```

```
IF Number In Q = 0 THEN
```

```
BEGIN
```

```
{The queue is empty so make the server idle and eliminate} (the departure (service completion) event  
for consideration. !
```

```
Server Status := Idle; NextEvent[2] := 1.OE+30
```

```
END
```

```
ELSE BEGIN
```

```
{The queue is non empty, so decrement the number of customers}
```

```
{in queue.}
```

```
Number In Q := Number In Q - 1;
```

```
{Compute the delay of the customer who is beginning service and}
```

```
{update the total delay accumulator. }
```

```
Delay := Time - Time Arrival[I];
```

```
Delay-Total Of Delays := Total Of Delays + Delay;
```

```
{Increment the number of customers delayed, and schedule}
```

```
{departure. }
```

```
Number Customers Delayed Next Event[2] := Time + Poisson Exponential (Mean Service);
```

```
Next Event[2] := Number Customers Delayed + 1;
```

```
(Invoke the next event. ):
```

```
IF (Random( 1) < 0.5) THEN Next Event[3] := Time + Poisson Exponential (Mean Service)
```

```
ELSEIF {Random(1)>0.5) THEN
```

```
Next Event[5] := Time + Poisson Exponential (Mean Service)
```

```
ELSE IF (Random ( 1) - 0) THEN BEGIN
```

```
print('Program aborted...!!!');
```

```
Halt END:
```

```
{Move each customer in queue up one place.
```

```
FOR I := 1 TO Number In Q DO
```

```
Time Arrival!! := Time Arrival[I+1]
```

```
END
```

```
END;
```

ΣΧΗΜΑ 3.6

Και τα γεγονότα άφιξης και αναχώρησης αναδιπλώνονται για κάθε έναν από τους έξι σταθμούς.

3.3.4. Μίμηση ενός συστήματος αναμονής πολλαπλών-κεντρικών υπολογιστών: Μετρήσεις.

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 3.3, για να συναχθούν σωστά συμπεράσματα για τη συμπεριφορά της δρομολόγησης των σχεδίων, και ο προσομοιωτής να είναι πρακτικής σπουδαιότητας, κάποιος πρέπει να πραγματοποιήσει μερικά πειράματα, να μετρήσει την απόδοση του συστήματος και να καθιερώσει μερικά ασφαλή (ή σχεδόν ασφαλή) συμπεράσματα. Οι τρεις ποσότητες που έχουν επιλεχτεί για να μετρήσουν την καταλληλότητα των σχεδίων δρομολόγησης είναι:

- αναμενόμενη μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής
- αναμενόμενος μέσος αριθμός πελατών στη σειρά αναμονής
- χρήσεις κεντρικού υπολογιστή

Η αναμενόμενη μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής εκτιμάτε από τις καθυστερήσεις που υφίστανται από τους n πελάτες που έχουν ενωθεί τον ειδικό σταθμό κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης (10000 τικς ρολογιών προσομοίωσης). Η λέξη *αναμενόμενη* σημαίνει ότι για μια δεδομένη πορεία της προσομοίωσης, η πραγματική μέση καθυστέρηση που παρατηρείται για τους πελάτες n εξαρτάται από το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών αφίξεων και τις τυχαίες χρονικές μεταβλητές υπηρεσιών που συμβαίνουν για να ληφθούν. Σε ένα άλλο μια άλλη πορεία της προσομοίωσης, αυτές οι τιμές μπορούν να είναι διαφορετικές, και έτσι μια διαφορετική τιμή θα έχει ληφθεί για το μέσο όρο των καθυστερήσεων. Η μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής μετριέται ως αναλογία του συνολικού αριθμού καθυστερήσεων που υφίστανται από τους πελάτες που έχουν ενωθεί στη σειρά αναμονής του σταθμού προς το συνολικό αριθμό πελατών που έχουν περάσει μέσω εκείνου του σταθμού. Αυτό συμβαίνει δεδομένου ότι μπορούν να υπάρξουν διάφοροι πελάτες που εισέρχονται

Ο αναμενόμενος αριθμός πελατών στη σειρά αναμονής μετριέται ως αναλογία του χρόνου που ένας πελάτης ξοδεύει μεταξύ της αναμονής και της εισόδου του στην υπηρεσία προς το συνολικό χρονικό διάστημα παρατήρησης.

Τέλος, η χρήση του κεντρικού υπολογιστή δίνεται από την αναλογία του χρόνου που ξοδεύουν οι πελάτες στον κεντρικό υπολογιστή προς το συνολικό ποσό της παρατηρητικής περιόδου.

3.3.5. Μίμηση μιας αναμονής πολλαπλών-κεντρικών υπολογιστών. Σύστημα: Δοκιμή του προσομοιωτή.

Για να εξετάσει τον προσομοιωτή, μια λίστα της πορείας των προσομοιωτών θα παρουσιαστεί η οποία θα απεικονίσει ένα σύστημα. Κατόπιν, οι μαθηματικές εξισώσεις θα λυθούν και τα αποτελέσματα θα εξεταστούν ενάντια στα αποτελέσματα του προσομοιωτή. Η μετάβαση σε πολλή λεπτομέρεια για την παραγωγή των εξισώσεων $M/M/1$ είναι πέρα από το στόχο αυτού του προγράμματος.

Η λίστα προσομοιωτών που θα παρουσιαστεί σε αυτό το τμήμα εφαρμόζει τον (Queue Delay Adaptive Routing Algorithm) αλγόριθμο προσαρμοστικής δρομολόγησης καθυστέρησης στη σειρά αναμονής. Και οι τρεις αλγόριθμοι και τα αντίστοιχα αποτελέσματά τους θα συζητηθούν λεπτομερώς στα υπόλοιπα τμήματα αυτού του κεφαλαίου - τα αποτελέσματα που επιτυγχάνονται από ένα τρέξιμο του αλγορίθμου παρουσιάζονται στον πίνακα 3.3. Μόνο τα αποτελέσματα του πρώτου σταθμού θα αντιστοιχηθούν απέναντι στις $M/M/1$ αναλυτικές εξισώσεις. Αφήνετε ως περαιτέρω εργασία για να εξετάσει και τους έξι σταθμούς. Τα περαιτέρω ζητήματα εργασίας συζητούνται σε βάθος στο κεφάλαιο 6.

Αλγόριθμος δρομολόγησης καθυστέρησης σειρών αναμονής

| | Μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής | Μέσος αριθμός στη σειρά αναμονής | Χρήση κεντρικού υπολογιστή |
|-----------|--|-------------------------------------|-------------------------------|
| Σταθμός 1 | 0.375 | 0.266 | 0.098 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2

Έχοντας ως χρήστη που έχει εισαγάγει έναν χρόνο αλληλοάφιξης 4 λεπτών και ένα χρόνο υπηρεσιών 1 λεπτού, κάποιος μπορεί να υπολογίσει τις τιμές που παράγονται από τις αναλυτικές M/M/1 εξισώσεις. Δεδομένου ότι ο χρόνος αλληλοάφιξης είναι ίσος με 4 λεπτά, αυτό σημαίνει ότι το $\lambda = 0,25$. Το ποσοστό υπηρεσιών είναι $m = 1$ έτσι η χρησιμοποίηση $\rho = 0,25$ δεδομένου ότι είναι η αναλογία του λ . Το αποτέλεσμα του προσομοιωτή για τον πρώτο σταθμό (για τον οποίο η συγκριτική μελέτη πραγματοποιείται) είναι 0,266.

Όσον αφορά τον αναμενόμενο μέσο αριθμό πελατών στη σειρά αναμονής, δίνεται από:

$$E[Nq] = (\rho * \rho) / (1 - \rho) = (0.25 * 0.25) / (1 - 0.25) = 0.083$$

Η τιμή που λαμβάνεται από τον προσομοιωτή είναι 0,098.

Τέλος, η αναμενόμενη μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής δίνεται από:

$$W[q] = \rho / m(1 - \rho) = 0,25 / 1(1 - 0,25) = 0,25 / 0,75 = 0.333$$

Η τιμή που λαμβάνεται από τον προσομοιωτή είναι 0,375.

Πρέπει να είναι σημειωμένο αυτό το σημείο ότι ο προσομοιωτής παράγει τα καλύτερα αποτελέσματα για τις μεγαλύτερες παρατηρητικές περιόδους. Σε 1.000.000 τικς ρολογιού προσομοίωσης, οι τιμές των αναλυτικών εξισώσεων και οι τιμές προσομοίωσης συμπίπτουν σχεδόν στο τρίτο δεκαδικό ψηφίο.

Για να συνοψίσουμε, τα αποτελέσματα συγκριτικής μελέτης παρουσιάζονται στον πίνακα 3.3 κατωτέρω:

| Συγκριτική μελέτη για το σταθμό 1 | Τιμή αναλυτικών Εξιιώσεων | Τιμή Προσομοιωτή |
|--|---------------------------|------------------|
| Μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής | 0.333 | 0.375 |
| Μέσος αριθμός πελατών στη σειρά αναμονής | 0.083 | 0.098 |
| Χρήση κεντρικού υπολογιστή | 0.250 | 0.266 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3

3.4 Περίληψη και συμπεράσματα.

Σε αυτό το κεφάλαιο διοργανώθηκε μια γενική συζήτηση για τους προσομοιωτές ώστε να παρέχει στο χρήστη κάποιες βασικές πληροφορίες (για τους προσομοιωτές) και πώς σχεδιάζονται και εφαρμόζονται. Στο σχήμα 3.1 το σύστημα που έχει κατασκευαστεί και στο οποίο οι μετρήσεις θα πραγματοποιηθούν είναι διευκρινισμένο.

Επιπλέον, όλα τα ιδρυτικά μέρη του προσομοιωτή (αφίξεις, αναχωρήσεις, χρονόμετρο, ποσότητες απόδοσης) έχουν συζητηθεί λεπτομερώς.

Στο κεφάλαιο 4 τα ζητήματα απόδοσης σχετικά με τους αλγόριθμους δρομολόγησης θα συζητηθούν. Οι αλγόριθμοι θα συγκριθούν ο ένας ενάντια στον άλλο και τα συμπεράσματα για την καταλληλότητα του καθενός θα συναχθούν. Τρία κριτήρια απόδοσης θα χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στο στόχο της αξιολόγησης της απόδοσης του αλγορίθμου1.

Κεφάλαιο 4-Αξιολόγηση απόδοσης των αλγορίθμων δρομολόγησης

4.1 Εισαγωγή

Στο προηγούμενο κεφάλαιο, η βασική πλατφόρμα που χτίστηκε για να βοηθήσει στην αξιολόγηση των αλγορίθμων δρομολόγησης συζητήθηκε σε βάθος. Σε αυτό το κεφάλαιο, οι αλγόριθμοι δρομολόγησης πρόκειται να αναλυθούν και να συγκριθούν ο ένας με τον άλλον.

Τρία κριτήρια απόδοσης πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για να ταξινομήσουν τους αλγόριθμους όσον αφορά την καταλληλότητά τους. Αυτά τα κριτήρια θα συζητηθούν σε βάθος στο επόμενο τμήμα.

4.2 Κριτήρια απόδοσης.

Τρία κριτήρια απόδοσης έχουν επιλεγεί για να βοηθήσουν στο στόχο της κατάταξης των σχεδίων δρομολόγησης που εφαρμόζονται σε αυτό το πρόγραμμα. Τα κριτήρια απόδοσης είναι:

- δικαιοσύνη
- ευρωστία
- απλότητα

Η δικαιοσύνη συνδέεται με την έννοια της συμφόρησης δικτύων. Όταν πάρα πολλές εργασίες είναι παρούσες σε ένα μέρος του υποδικτύου, η απόδοση υποβιβάζεται. Αυτή η κατάσταση αναφέρεται ως **συμφόρηση**. Όταν ο αριθμός εργασιών που απελευθερώνονται στο υποδίκτυο από τους hosts είναι μέσα στην ικανότητα μεταφοράς του, όλες παραδίδονται, και ο αριθμός παράδοσης είναι ανάλογος προς τον αριθμό που στέλνεται. Εάν, απ' ετέρου, οι hosts διαβιβάζουν τα μηνύματα κατά τρόπο δυσανάλογο, το υποδίκτυο (ή ένα μέρος από αυτό) γίνεται κορεσμένο. Συνεπώς, ένα δίκαιο σχέδιο δρομολόγησης που εφαρμόζεται στο στρώμα δικτύων των hosts απαιτείται εάν η συμφόρηση πρόκειται να αποφευχθεί.

Ένα άλλο κριτήριο απόδοσης είναι η ευρωστία που συνδέεται με την ιδέα των **αδιέξοδων**. Πολλοί συντάκτες θεωρούν τα αδιέξοδα την τελευταία συμφόρηση. Ένα αδιέξοδο είναι μια κατάσταση όπου μια ομάδα διαδικασιών εμποδίζεται μόνιμα ως αποτέλεσμα κάθε διαδικασία που έχει αποκτήσει ένα υποσύνολο πόρων να απαιτείται για κάποιο άλλο (Milenkovic, 1992).

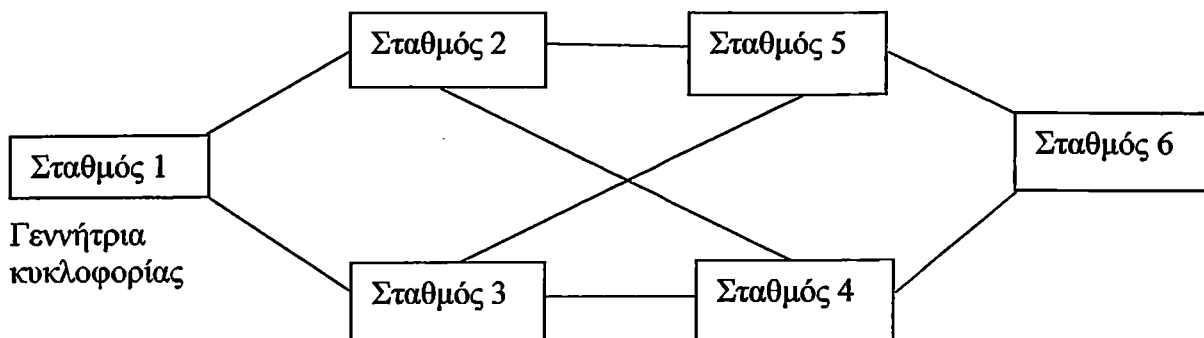
Το πρόβλημα προκύπτει όταν αυτοί οι πόροι δεν επιστρέφονται ποτέ στην κοινή λίμνη από τους κατόχους τους έτσι οι διαδικασίες δεν μπορούν να τελειώσουν την εκτέλεση και το σύστημα κρεμά.

Στο πρόγραμμα προσομοίωσης, αυτή η ιδέα αντιπροσωπεύεται από τη σειρά αναμονής που υπερφορτώνεται, μια κατάσταση όπου ο προσομοιωτής ματαιώνει με ένα κατάλληλο μήνυμα λάθους. Το σχέδιο δρομολόγησης πρέπει έτσι, να συμβάλει στην ευρωστία του συστήματος.

Ένα άλλο σημαντικό κριτήριο, που συνδέεται όχι τόσο πολύ με την απόδοση είναι η απλότητα του σχεδίου δρομολόγησης. Όποτε μια τροποποίηση είναι απαραίτητη, ο αναλυτής συστημάτων πρέπει να είναι σε θέση να την εκτελέσει αποτελεσματικά και γρήγορα, έτσι ένας αλγόριθμος δρομολόγησης πρέπει να είναι όσο το δυνατόν απλούστερος. Στο επόμενο τμήμα το σχεδιάγραμμα συστημάτων πρόκειται να συζητηθεί μαζί με τους στόχους του και τα πειράματα στο προσομοιωτή. Στις παραγράφους 4.4.1, 4.4.2 και 4.4.3, οι αλγόριθμοι δρομολόγησης αναπτύσσονται και αναλύονται σε βάθος.

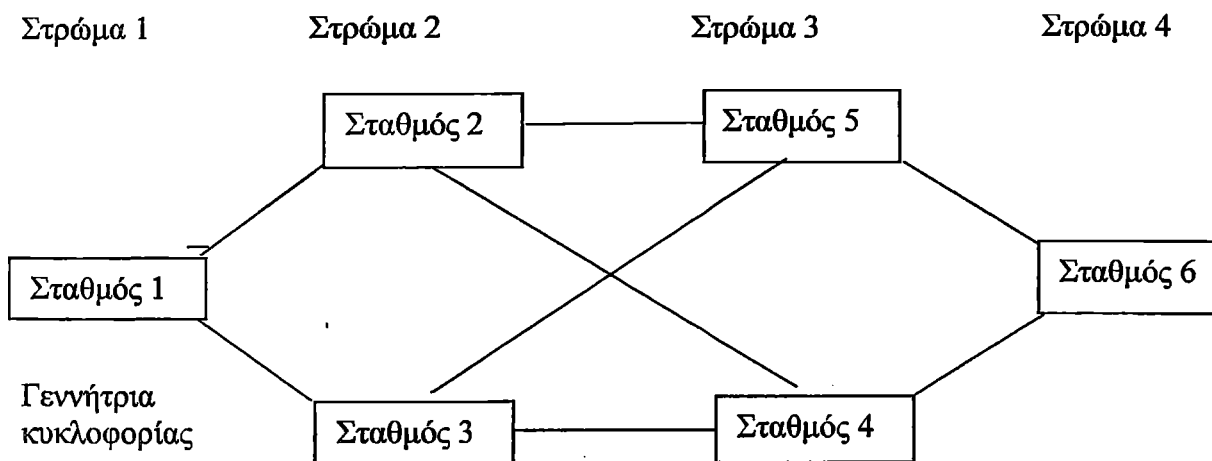
4.3 Στόχοι σχεδιαγράμματος και αξιολόγησης συστημάτων.

Το σχεδιάγραμμα συστημάτων έχει διευκρινιστεί ήδη στο σχήμα 3.1. Για καλύτερη συνάφεια είναι επίσης διευκρινισμένο στο σχήμα 4.1 παρακάτω:



ΣΧΗΜΑ 4.1

Το πρόγραμμα προσομοίωσης έχει εκτελεστεί με έναν τρόπο διαδοχικών επιπέδων. Ο σταθμός 1 ανήκει στο πρώτο στρώμα, οι σταθμοί 2 και 3 στο δεύτερο, οι σταθμοί 4 και 5 στον τρίτο και τέλος ο σταθμός 6 (το σημείο που βγαίνουμε από το σύστημα) στο τέταρτο. Το σχήμα 4.2 επεξηγεί αυτό το σημείο:



ΣΧΗΜΑ 4.2

4.4 Σχέδια δρομολόγησης.

Τρία σχέδια δρομολόγησης έχουν εφαρμοστεί κατά τη διάρκεια της σύνταξης αυτής της έκθεσης. Ένας πρώτα στατικός αλγόριθμος δρομολόγησης που εφαρμόζει την τυχαία ή πιθανολογική δρομολόγηση. Ο αλγόριθμος λαμβάνει τις αποφάσεις του ανάλογα με τα αποτελέσματα που παράγονται από μια τυχαία γεννήτρια αριθμού. Κάθε ένας από τους σταθμούς έχει δύο εξερχόμενες συνδέσεις, έχουν έναν ενσωματωμένο δρομολογητή στις διαδικασίες αναχώρησής τους που θα αποφασίσει για όπου ο εξερχόμενος πελάτης πρόκειται να πάει. Παραδείγματος χάριν, στο σχήμα 4.1, ο σταθμός 1 πρέπει να επιλέξει μεταξύ των σταθμών 2 και 3, ο σταθμός 2 πρέπει να επιλέξει μεταξύ των σταθμών 4 και 5 και ο σταθμός 3 παρομοίως. Τα σχέδια δρομολόγησης εφαρμόζονται μόνο σε αυτούς τους σταθμούς που παρουσιάζονται με μια επιλογή διαδρομής. Αυτό σημαίνει ότι οι σταθμοί 4 και 5 απλά επικαλούνται το

γεγονός άφιξης του σταθμού 6 αφότου έχουν επικαλεσθεί το γεγονός αναχώρησής τους σιγουρεύοντας ότι ο σταθμός 6 θα φιλοξενήσει τους εξερχόμενους πελάτες τους.

Το δεύτερο σχέδιο δρομολόγησης είναι ένας δυναμικός ή προσαρμοστικός απομονωμένος αλγόριθμος (παράγραφος 2.6.1) που παίρνει αποφάσεις δρομολόγησης ανάλογα με τον αριθμό καθυστερήσεων που υφίστανται από τους παρόντες πελάτες στα εξερχόμενα κανάλια των σταθμών. Η συζήτηση για το πώς οι καθυστερήσεις υπολογίζονται έχει διοργανωθεί ήδη στις παραγράφους 3.3.3 και 3.3.4. Κάθε ένας από τους πρώτους 3 σταθμούς είναι εξοπλισμένος με έναν αλγόριθμο που επιλέγει το εξερχόμενο κανάλι και έτσι το σταθμό που θα φιλοξενήσουν τους πελάτες που έχουν ολοκληρώσει την υπηρεσία σε αυτό, βασισμένο στις καθυστερήσεις που παρατηρούνται στις σειρές αναμονής των στόχων σταθμών .

Ο τρίτος αλγόριθμος δρομολόγησης είναι ένας άλλος προσαρμοστικός διανεμημένος αλγόριθμος (παράγραφος της 2.6.1) του οποίου κοιτάζοντας τη λειτουργία του μοιάζει με το δεύτερο αλγόριθμο δρομολόγησης που συζητείται ανωτέρω. Η κύρια διαφορά είναι ότι ο αλγόριθμος ενσωματώνει και τις γενικές και τοπικές πληροφορίες πριν αποφασίσει σύμφωνα με αυτά που ένας εξερχόμενος πρέπει να πάει. Παραδείγματος χάριν, ο σταθμός 1 πρέπει να επιλέξει μεταξύ τεσσάρων, ενδεχομένως διαθέσιμων, διαδρομών με σκοπό ένα πακέτο να φθάσει στο σταθμό 6. Ο αλγόριθμος ελέγχει και υπολογίζει τη φόρτωση της ιδιαίτερης διαδρομής και λαμβάνει τις αποφάσεις δρομολόγησης αναλόγως.

Στα επόμενα τρία τμήματα, και οι τρεις αλγόριθμοι θα συζητηθούν σε βάθος. Τα διαγράμματα θα παρουσιαστούν και θα επεξηγήσουν τις διαφορές και ενδεχομένως τις ανεπάρκειες μεταξύ των αλγορίθμων, βασισμένων στα στατιστικά συλλεχθέντα αποτελέσματα .

4.4.1. Τυχαίος αλγόριθμος δρομολόγησης

Ο ψευδοκώδικας για το στατικό τυχαίο αλγόριθμο δρομολόγησης παρουσιάζεται στο σχήμα 4.3 κατωτέρω:

```
{ Invoke the next event. };  
IF (Random (1) < 0.5) THEN  
    Next Event[3] := Time + Poisson Exponential (Mean Service)  
ELSE IF (Random(1) > 0.5) THEN  
    Next Event[5] := Time + Poisson Exponential (Mean Service)  
ELSE IF (Random(1) = 0) THEN  
    print('Program aborted...!!!');  
    Halt  
END;
```

ΣΧΗΜΑ 4.3

Το τι κάνει ο αλγόριθμος είναι ότι συνδέει τις πιθανότητες μετάβασης σε κάθε ένα από τα εξερχόμενα κανάλια. Το παράδειγμα στο σχήμα 4.3 απεικονίζει το δρομολογητή του σταθμού 1. Κάθε εξερχόμενο κανάλι έχει μια πιθανότητα μετάβασης 0.5. Αυτό αποτελεσματικά σημαίνει ότι εάν η τυχαία αξία γεννητριών είναι μικρότερη από το 0.5 έπειτα το επόμενο γεγονός που επικαλείται θα είναι το γεγονός 3 που είναι το γεγονός διαδικασίας άφιξης του σταθμού 2. Εναλλακτικά, το επόμενο γεγονός που επικαλείται θα είναι το γεγονός άφιξης του σταθμού 3. Τα γεγονότα σταθμών απεικονίζονται στον πίνακα 3.1. Έτσι τα πράγματα διευθύνονται σε όλους τους σταθμούς που πρέπει να κάνουν μια επιλογή της διαδρομής. Αλλάζοντας τις πιθανότητες μετάβασης μεταβάλλονται τα επιτευχθέντα αποτελέσματα σε μεγάλο βαθμό όπως θα περίμενε ο καθένας. Όλες οι πιθανότητες μετάβασης των εξερχόμενων καναλιών είναι ίσες με 0,5. Μεταβάλλοντας τις πιθανότητες μετάβασης αλλάζουν τα επιτευχθέντα αποτελέσματα σε μεγάλο βαθμό όπως κάποιος θα ανέμενε. Εντούτοις, ένα δίκαιο σχέδιο δρομολόγησης επιδιώχτηκε.

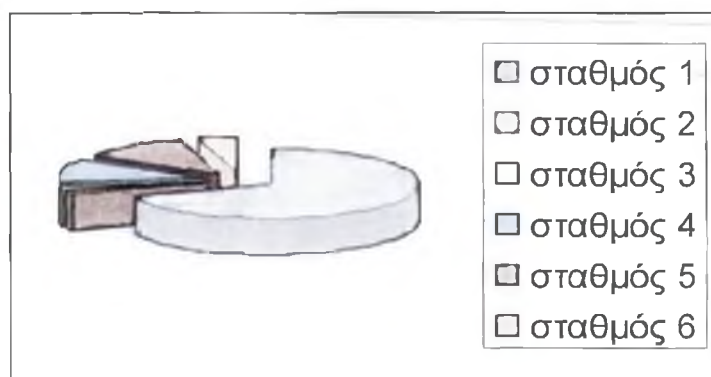
Παρακάτω, τρία διαγράμματα για τον τυχαίο αλγόριθμο δρομολόγησης θα παρουσιαστούν περιέχοντας τις πληροφορίες για κάθε μια από τις τρεις διαφορετικές στατιστικές εκτιμήσεις που εξάγονται και μετρούνται κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Έπειτα θα χρησιμοποιηθούν για να εξαγάγουν τα χρήσιμα συμπεράσματα για την καταλληλότητα ή ειδάλλως ένα σχέδιο δρομολόγησης. Όλοι οι αλγόριθμοι έχουν εξεταστεί με τις ίδιες εισαγωγές χρηστών και την ίδια παρατηρητική περίοδο προσομοίωσης 10000 τικς ρολογιού.

Στον πίνακα 4.1 οι τιμές που χρησιμοποιούνται για να σύρουν τη γραφική παράσταση του σχήματος 4.4 παρουσιάζονται.

| Σταθμοί | Μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής |
|-----------|-------------------------------------|
| Σταθμός 1 | 0.281 |
| Σταθμός 2 | 0.010 |
| Σταθμός 3 | 0.010 |
| Σταθμός 4 | 0.047 |
| Σταθμός 5 | 0.048 |
| Σταθμός 6 | 0.020 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1

Η αντίστοιχη γραφική παράσταση παρουσιάζεται στο σχήμα 4.4 :



ΣΧΗΜΑ 4.4

Δεδομένου ότι κάποιος μπορεί να δει από το σχήμα 4.4 το σταθμό 1 ο οποίος είναι η γεννήτρια κυκλοφορίας που παράγει την υψηλότερη μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής. Αυτό έχει νόημα δεδομένου ότι οι πελάτες δεν θα σταματήσουν τις αφίξεις στο σταθμό 1 για την περίοδο παρατήρησης της προσομοίωσης που έχει επιπτώσεις, επομένως, στις στατιστικές καθυστέρησης του σταθμού. Εντούτοις, αυτό δεν είναι ψευδή περίπτωση για τους άλλους σταθμούς - μπορούν να υπάρξουν μεγάλα μη απασχόλησης διαστήματα μεταξύ των αφίξεων στους άλλους σταθμούς ανάλογα με την εισερχόμενη κυκλοφορία - η εισερχόμενη κυκλοφορία για τον πρώτο διαμορφώνεται από το τυχαίο σχέδιο δρομολόγησης, έτσι αυτό πρέπει να εξηγήσει το μεγάλο ποσοστό της καθυστέρησης στο σταθμό 1.

Επιπλέον, οι σταθμοί 2 και 3 έχουν τα ίδια ποσοστά. Αυτό απεικονίζει ότι οι δύο σταθμοί έχουν τους ίδιους χρόνους υπηρεσιών και επίσης, τα εισερχόμενα κανάλια τους έχουν τις ίδιες πιθανότητες μετάβασης. Εάν κάποιος προσπαθήσει να αλλάξει τις πιθανότητες μετάβασης οι αλλαγές θα είναι θεαματικές.

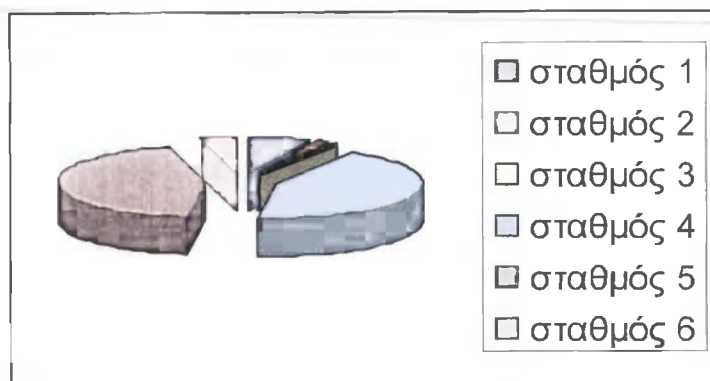
Εντούτοις, οι σταθμοί 4 και 5 εκθέτουν μεγαλύτερα ποσοστά από τους σταθμούς 1 και 2. Αυτό συμβαίνει επειδή μόνο με το σταθμό 6 αυτοί οι δύο σταθμοί είναι οι μοναδικοί που έχουν δύο εισερχόμενα κανάλια. Πάλι, τα ποσοστά τους είναι σχεδόν ίδια. Κατά συνέπεια, ο δρομολογητής αποδεικνύει ότι διανέμει τις εργασίες κατά τρόπο δίκαιο. Ο σταθμός 6 έχει το γρηγορότερο χρόνο υπηρεσιών. Έτσι, το μικρό ποσοστό του δεν αποτελεί καμία έκπληξη που συνδυάζεται με το γεγονός ότι οι πελάτες ξόδεψαν ένα μη αμελητέο ποσό στους σταθμούς 4 και 5 που δίνουν στο σταθμό 6 το χρόνο να αντιμετωπίσουν την κυκλοφορία.

Για το μέσο αριθμό πελατών στη σειρά αναμονής οι τιμές που εξάγονται από τον προσομοιωτή παρουσιάζονται στον πίνακα 4.2 κατωτέρω:

| Σταθμοί | Μέσος αριθμός πελατών στη σειρά αναμονής |
|-----------|--|
| Σταθμός 1 | 0.073 |
| Σταθμός 2 | 0.010 |
| Σταθμός 3 | 0.010 |
| Σταθμός 4 | 0.478 |
| Σταθμός 5 | 0.484 |
| Σταθμός 6 | 0.044 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2

Η αντίστοιχη γραφική παράσταση είναι διευκρινισμένη στο σχήμα 4.5 κατωτέρω:



ΣΧΗΜΑ 4.5

Ο μέσος αριθμός πελατών στη σειρά αναμονής ακολουθεί σαφώς το σχέδιο που διαμορφώθηκε πριν για τη μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής. Εντούτοις, αυτή τη φορά, δεδομένου ότι ο χρόνος μεταξύ των αφίξεων είναι 4 και ο χρόνος υπηρεσιών είναι 1 στο σταθμό 1. Οι πελάτες δεν συσσωρεύονται στη σειρά αναμονής του πρώτου σταθμού, έτσι το ποσοστό των πελατών του σταθμού 1 στη σειρά αναμονής είναι σχετικά μικρό. Αυτό έχει μια άμεση επίδραση στους σταθμούς 2 και 3.

Οι πελάτες φθάνουν σχετικά διεσπαρμένοι από το σταθμό 1, κατά συνέπεια τα μικρά ποσοστά 1%. Αφ' ετέρου, οι σταθμοί 4 και 5 που έχουν δύο εισερχόμενα κανάλια έχουν αρκετά μεγαλύτερα ποσοστά (43% και 44% αντίστοιχα). Εντούτοις, ο δρομολογητής φαίνεται να λειτουργεί " δεδομένου ότι η κυκλοφορία δικτύων διανέμεται εξίσου μεταξύ των λαμβανόντων σταθμών". Πάλι, η τυχαία δρομολόγηση πετυχαίνει στη δικαιοσύνη, την ευρωστία και την απλότητα. Το μικρό ποσοστό του σταθμού 6 (4%) οφείλεται σε δύο λόγους:

1) Στο γρήγορο χρόνο υπηρεσιών του

2) Στην καθυστέρηση που παρατηρείται στους σταθμούς 4 και 5, δίνοντας στο σταθμό 6 το χρόνο να αντιμετωπίσει την εισερχόμενη κυκλοφορία.

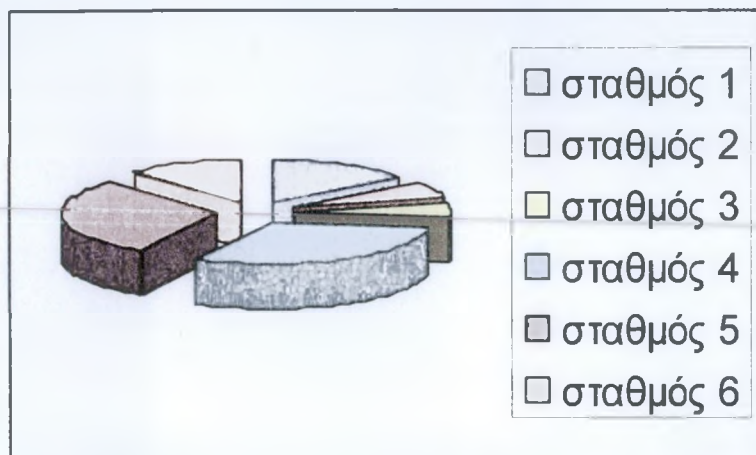
Τέλος, οι τιμές που χρησιμοποιούνται για να σύρουν το διάγραμμα χρήσεις κεντρικού υπολογιστή παρουσιάζονται στον πίνακα 4.3 κατωτέρω:

| Σταθμοί | Χρήσεις κεντρικού υπολογιστή |
|-----------|------------------------------|
| Σταθμός 1 | 0.253 |
| Σταθμός 2 | 0.098 |
| Σταθμός 3 | 0.097 |
| Σταθμός 4 | 0.499 |

| | |
|-----------|-------|
| Σταθμός 5 | 0.501 |
| Σταθμός 6 | 0.197 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3

Το αντίστοιχο διάγραμμα είναι διευκρινισμένο στο σχήμα 4.6 :



ΣΧΗΜΑ 4.6

Όπως μπορεί να φανεί από το σχήμα 4.6, ο τυχαίος αλγόριθμος δρομολόγησης είναι ένας δίκαιος αλγόριθμος τόσο που οι πιθανότητες μεταβάσεων κρατούνται ίσες και η τυχαία γεννήτρια αριθμού παράγει ομοίως διανεμημένες τιμές. Σαν συμπέρασμα, κάποιος θα έλεγε ότι ο τυχαίος αλγόριθμος δρομολόγησης είναι ένας αποδοτικός και ισχυρός αλγόριθμος εάν η τυχαία γεννήτρια αριθμού σχεδιάζεται καλά και δίκαια. Ο αλγόριθμος πετυχαίνει στη δικαιοσύνη και στην απλότητα. Εντούτοις, θα μπορούσαν να υπάρξουν προβλήματα εάν οι πιθανότητες μετάβασης άλλαζαν ή εάν δεν προγραμματιζόνταν ή δεν καθορίζονταν από το χρήστη. Αυτό θα ανάγκαζε τα κανάλια να υπερφορτωθούν, (να περιμένουν στη σειρά τα μεγέθη που αυξάνονται γεωμετρικά) και οι κεντρικοί υπολογιστές να εργαστούν στα όριά τους έχοντας επιπτώσεις στο κριτήριο ευρωστίας.

4.4.2. Αλγόριθμος δρομολόγησης καθυστέρησης σειρών αναμονής.

Το δεύτερο σχέδιο δρομολόγησης που εφαρμόζεται σε αυτό το πρόγραμμα είναι ένας αλγόριθμος προσαρμοστικής δρομολόγησης αυτός παίρνει τις αποφάσεις που είναι βασισμένες στο συνολικό αριθμό καθυστερήσεων που υφίστανται από τους πελάτες όταν περιμένουν στη σειρά στους σταθμούς. Το Zach των τριών δρομολογητών ελέγχει τις καθυστερήσεις που συνδέονται με τα εξερχόμενα κανάλια του σταθμού. Για παράδειγμα εάν ο σταθμός 1 ανιχνεύσει ότι η καθυστέρηση στο σταθμό 2 είναι μικρότερη από την καθυστέρηση στο σταθμό 3, θα κατευθύνει την εξερχόμενη εργασία, για να ενώσει το σταθμό 2. Οι καθυστερήσεις είναι ένα δυναμικό χαρακτηριστικό γνώρισμα του συστήματος. Για τις διαφορετικές εισαγωγές χρηστών, οι κεντρομόλες καθυστερήσεις θα παρατηρηθούν από μια προσομοίωση που αναπτύσσεται σε κάποια άλλη.

Οι δρομολογητές πρέπει να παρακολουθήσουν τις καθυστερήσεις στα εξερχόμενα κανάλια και να λάβουν τις αποφάσεις δρομολόγησης αναλόγως. Ο ψευδοκώδικας για τον αλγόριθμο καθυστέρησης σειρών αναμονής παρουσιάζεται στο σχήμα 4.7 :

Queue Delay Routing algorithm

```
IF (Total Of Delays In Two < Total Of Delays In Three) THEN
    Next Event[3] := Time + Poisson Exponential (Mean Service)
ELSE IF (Total Of Delays In Two > Total Of Delays In Three) THEN Next Event[5] := Time + Poisson
Exponential (Mean Service)
ELSE IF (Total Of Delays In Two = Total Of Delays In Three) THEN Next Event[3] := Time + Poisson
Exponential (Mean Service)
```

ΣΧΗΜΑ 4.7

Όπως πριν, ο δρομολογητής του σταθμού 1 είναι διευκρινισμένος στο σχήμα 4.7. Ο αλγόριθμος ελέγχει τις καθυστερήσεις από τους πελάτες στις σειρές αναμονής των σταθμών στόχων και επικαλείται το κατάλληλο γεγονός για να επιλέξει μεταξύ των δύο σταθμών (2 ή 3).

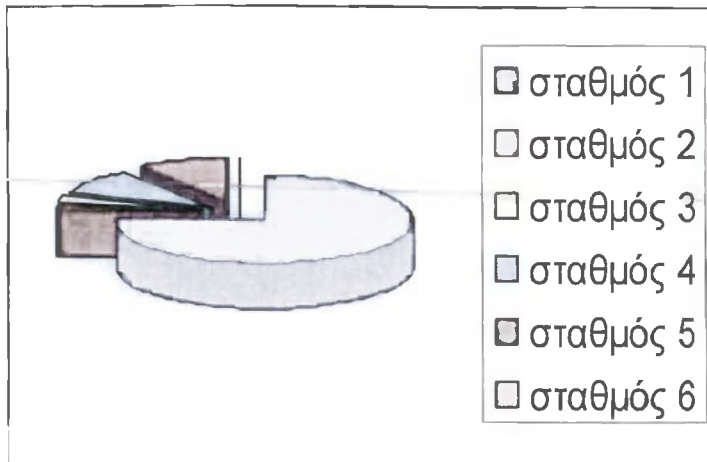
Παρακάτω, τα διαγράμματα για τις στατιστικές εκτιμήσεις του αλγορίθμου δρομολόγησης καθυστέρησης σειρών αναμονής δυσανασχετούν. Ο πίνακας 4.4 κρατά τα αποτελέσματα για τη μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής που παρατηρείται σε κάθε σταθμό:

| Σταθμοί | Μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής |
|-----------|-------------------------------------|
| Σταθμός 1 | 0.375 |
| Σταθμός 2 | 0.011 |
| Σταθμός 3 | 0.010 |

| | |
|-----------|-------|
| Σταθμός 4 | 0.050 |
| Σταθμός 5 | 0.049 |
| Σταθμός 6 | 0.002 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4

Το αντίστοιχο διάγραμμα είναι διευκρινισμένο στο σχήμα 4.8 :



ΣΧΗΜΑ 4.8

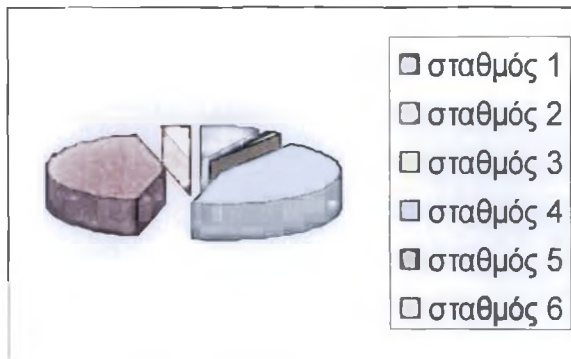
Στο σχήμα 4.8 ο σταθμός 1 έχει το μεγαλύτερο ποσοστό φόρτου εργασίας. Ο λόγος για αυτό είναι ότι ο σταθμός 1 δεν επηρεάζεται από οποιοδήποτε σχέδιο δρομολόγησης στο πρότυπο. Η κυκλοφορία συνεχίζει να περνάει μέσω αυτού συνεχώς, εκτιμώντας ότι αυτό δεν είναι ισχύει για τους άλλους σταθμούς. Οι δρομολογητές φαίνονται να αποδίδουν καλά, διανέμοντας τους πελάτες εξίσου στο σύστημα. Παρατηρήστε ότι όλοι οι σταθμοί που έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά υπηρεσιών έχουν τα ίδια ποσοστά φόρτου εργασίας. Η ιδιαίτερη βελτίωση πέρα από τον τυχαίο αλγόριθμο δρομολόγησης αποκαλύπτεται κατά την εξέταση του σταθμού 6. Το ποσοστό φόρτου εργασίας του είναι σχεδόν μηδέν. Δεδομένου ότι ο σταθμός 6 είναι ο σταθμός προορισμού όλων των παρόντων πελατών στο σύστημα, κάποιος θα έλεγε ότι ο αλγόριθμος καθυστέρησης σειρών αναμονής ξεπερνά τον τυχαίο αλγόριθμο δρομολόγησης σε αυτό το πλαίσιο, διανέμοντας την κυκλοφορία χωρίς μεγάλες καθυστερήσεις (σειρών) αναμονής.

Ο πίνακας 4.5 παρακάτω επεξηγεί τις στατιστικές που μαζεύονται για το μέσο αριθμό πελατών στη σειρά αναμονής:

| Σταθμοί | Μέσος αριθμός πελατών στη σειρά αναμονής |
|-----------|--|
| Σταθμός 1 | 0.098 |
| Σταθμός 2 | 0.011 |
| Σταθμός 3 | 0.010 |
| Σταθμός 4 | 0.509 |
| Σταθμός 5 | 0.492 |
| Σταθμός 6 | 0.043 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5

Το αντίστοιχο διάγραμμα είναι διευκρινισμένο στο σχήμα 4.9 :



ΣΧΗΜΑ 4.9

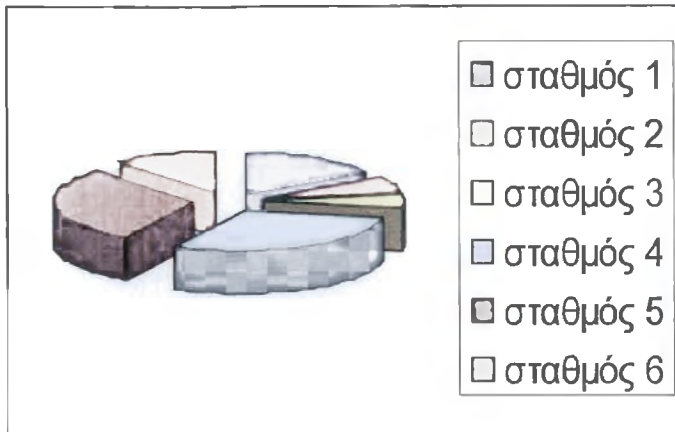
Ο μέσος αριθμός πελατών στη σειρά αναμονής του σταθμού 1 είναι μόνο 8%. Πάλι, αυτό είναι εκείνο που κάποιος θα ανέμενε με έναν χρόνο άφιξης 4 και έναν χρόνο υπηρεσιών 1. Η σειρά αναμονής δεν γίνεται μεγάλη δεδομένου ότι ο κεντρικός υπολογιστής του σταθμού 1 μπορεί να αντιμετωπίσει την κυκλοφορία κατά τρόπο αποδεκτό. Επιπλέον, οι σταθμοί 2 και 3 εξετάζουν την εισερχόμενη κυκλοφορία καλά, ένα γεγονός που υπογραμμίζεται από τα πολύ χαμηλά ποσοστά φόρτου εργασίας τους. Εντούτοις, οι σταθμοί 4 και 5 έχουν τα μεγαλύτερα ποσοστά (44 και 42 τοις εκατό αντίστοιχα). Κάποιος θα το περίμενε αφού η αναμονή των πελατών στους σταθμούς 2 και 3 παίρνει πολύ λίγο χρόνο. Κατά συνέπεια, η κυκλοφορία φθάνει στους σταθμούς 4 και 5 πολύ γρήγορα, εμποδίζοντας τους δύο σταθμούς να αποδώσουν κατά αποδεκτό τρόπο. Παρατηρήστε πώς ο γρήγορος χρόνος υπηρεσιών του σταθμού 6 συν το μεγάλο ποσοστό φόρτου εργασίας των σταθμών 4 και 5 επιτρέπει στο σταθμό 6 να αποδώσει καλά. Τα σχήματα 4.5 και 4.9 είναι παρόμοια το ένα με το άλλο, που δείχνει ότι κανένας από τους δύο αλγορίθμους δρομολόγησης δεν ξεπερνά τον άλλο όσον αφορά το μέσο αριθμό πελατών στις σειρές αναμονής.

Ο πίνακας 4.6 επεξηγεί τις στατιστικές που μαζεύονται για τις χρησιμοποιήσεις κεντρικού υπολογιστή.

| Σταθμοί | Χρήσεις κεντρικού υπολογιστή |
|-----------|------------------------------|
| Σταθμός 1 | 0.266 |
| Σταθμός 2 | 0.098 |
| Σταθμός 3 | 0.100 |
| Σταθμός 4 | 0.503 |
| Σταθμός 5 | 0.505 |
| Σταθμός 6 | 0.197 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6

Το αντίστοιχο διάγραμμα απεικονίζεται στο σχήμα 4.10:



ΣΧΗΜΑ 4.10

Το σχήμα 4.10 ελέγχει τι έχει συζητηθεί προηγουμένως. Παρατηρήστε πόσο εξίσου ο φόρτος εργασίας κατανέμεται τους κεντρικούς υπολογιστές των σταθμών. Κάθε ζευγάρι κεντρικών υπολογιστών που έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά και είναι τοποθετημένα στο ίδιο στρώμα συστημάτων (το σχήμα 4.2), μοιράζεται τον ίδιο αριθμό φόρτου εργασίας. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του σχήματος 4.10 με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του σχήματος 4.6. κάποιος θα συνήγαγε ότι οι δύο αλγόριθμοι αποδίδουν κατά τρόπο σχεδόν ίδιο.

Ο αλγόριθμος καθυστέρησης σειρών αναμονής είναι ένας προσαρμοστικός αλγόριθμος που λειτουργεί καλά για το μιμούμενο σύστημα. Αυτό αποδίδει καλά από την άποψη όλων των κριτηρίων απόδοσης. Η κύρια διαφορά του από τον τυχαίο αλγόριθμο δρομολόγησης είναι ότι ο αλγόριθμος καθυστέρησης σειρών αναμονής συγκεντρώνει τις πληροφορίες στο χρόνο διαδρομής, και είναι ανεξάρτητο από τις πιθανότητες μετάβασης καναλιών. Έτσι είναι εύκολα μεταβιβάσιμο από το ένα σύστημα στο άλλο, χωρίς τις εκτενείς τροποποιήσεις που απαιτούνται.

4.4.3. Καλύτερος αλγόριθμος δρομολόγησης πορειών

Αυτός ο αλγόριθμος είναι ένας άλλος προσαρμοστικός διανεμημένος αλγόριθμος δρομολόγησης που διαμορφώνει μια φυσική επέκταση του αλγορίθμου καθυστέρησης σειρών αναμονής. Ο αλγόριθμος εφαρμόζεται αποτελεσματικά στο σταθμό 1, ο οποίος είναι ο μόνος σταθμός που παρουσιάζεται με μια επιλογή τεσσάρων πιθανών πορειών. Κάθε πορεία είναι επιβαρυνμένη με καθυστερήσεις που προκαλούνται από τους πελάτες που έχουν ενώσει ήδη τους υπόλοιπους σταθμούς στην πορεία. Κατά συνέπεια, ο αλγόριθμος υπολογίζει δυναμικά τις καθυστερήσεις των εξερχόμενων διαδρομών έτσι ο πελάτη που είναι ικανός να φτάσει το σταθμό 6 υπολογίζει τη λιγότερο υπερπλήρη διαδρομή. Οι σταθμοί 3 και 4 συντάσσουν τις αποφάσεις δρομολόγησης βασισμένες στις καθυστερήσεις που παρατηρούνται στους σταθμούς 4 και 5 έτσι δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά στον αλγόριθμο καθυστέρησης σειρών αναμονής εκεί.

Ο ψευδοκώδικας για τον καλύτερο αλγόριθμο δρομολόγησης διαδρομών απεικονίζεται στο σχήμα 4.11:

Best Path Routing algorithm

{Invoke the next event}

IF ((Total of Delays in Two + Total of Delays in Five) < (Total of Delays in Three + Total of Delays in Four)) THEN

Next Event [3] := Time + Poisson Exponential (Mean Service)

ELSE IF ((Total of Delays In Two + Total Of Delays In Five) < (Total of Delays In Three + Total Of Delays In Five)) THEN

```

Next Event[3] := Time + Poisson Exponential (Mean Service)
ELSE IF ((Total Of Delays In Two + Total Of Delays In Five) <
(Total Of Delays In Two + Total Of Delays In Four)) THEN Next Event[3] :=      Time +
Poisson Exponential (Mean Service)
ELSE
Next Event [5] := Time + Poisson Exponential (Mean Service)

```

ΣΧΗΜΑ 4.11

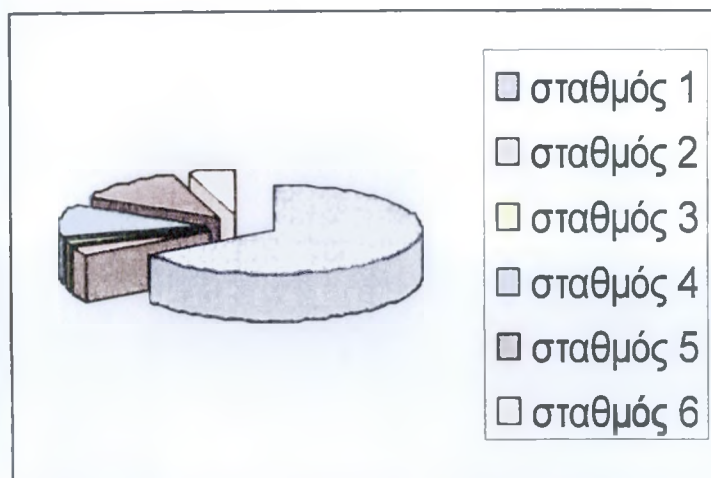
Ο αλγόριθμος λειτουργεί ως εξής: Οι στατιστικές για τις καθυστερήσεις που παρατηρούνται στις εξερχόμενες διαδρομές συλλέγονται. Κατόπιν, ο δρομολογητής του σταθμού 1 συγκρίνει αυτές τις στατιστικές και αποφασίζει ποια διαδρομή να επιλέξει. Παραδείγματος χάριν στην πρώτη σύγκριση, η πορεία που διαμορφώνεται μεταξύ των σταθμών 1, 2 και 5 συγκρίνεται ενάντια στην πορεία που διαμορφώνεται από τους σταθμούς 1, 3 και 4. Στη δεύτερη σύγκριση η διαδρομή 1, 2 και 5 ενάντια στην 1, 3 και τα λοιπά. Ο αλγόριθμος εκτελεί αυτήν την λειτουργία για να αποφασίσει πού να σταλεί ένας εξερχόμενος πελάτης. Μόλις ολοκληρωθεί αυτό το βήμα, οι δρομολογητές στους σταθμούς 2 και 3 θα κάνουν το υπόλοιπο.

Ο πίνακας 4.7 επεξηγεί τις στατιστικές που μαζεύονται για τη μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής για την καλύτερη διαδρομή:

| Σταθμοί | Μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής |
|-----------|-------------------------------------|
| Σταθμός 1 | 0.286 |
| Σταθμός 2 | 0.012 |
| Σταθμός 3 | 0.010 |
| Σταθμός 4 | 0.050 |
| Σταθμός 5 | 0.051 |
| Σταθμός 6 | 0.020 |

Πίνακας 4.7

Η αντίστοιχη γραφική παράσταση είναι διευκρινισμένη στο σχήμα 4.12 :



ΣΧΗΜΑ 4.12

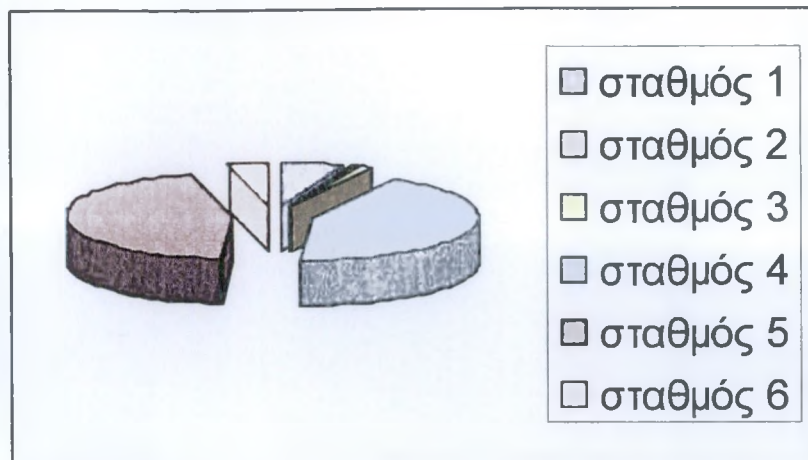
Από την άποψη των μέσων καθυστερήσεων στη σειρά αναμονής, ο αλγόριθμος δεν εκτελεί καλύτερα από τους προηγούμενους δύο αλγορίθμους. Πάλι, ο σταθμός 1 έχει το μεγαλύτερο ποσοστό φόρτου εργασίας. Όλοι οι άλλοι σταθμοί έχουν μια ίση αναλογία φόρτου εργασίας. Η εξήγηση για αυτό δεν διαφέρει από αυτήν που δίνεται για τις μέσες καθυστερήσεις των δύο αλγορίθμων που συζητήθηκαν πριν.

Στον πίνακα 4.8 οι στατιστικές που μαζεύονται για το μέσο αριθμό πελατών στη σειρά αναμονής για αυτόν τον αλγόριθμο θα παρουσιαστούν:

| Σταθμοί | Μέσος αριθμός πελατών στη σειρά αναμονής |
|-----------|--|
| Σταθμός 1 | 0.072 |
| Σταθμός 2 | 0.012 |
| Σταθμός 3 | 0.010 |
| Σταθμός 4 | 0.505 |
| Σταθμός 5 | 0.521 |
| Σταθμός 6 | 0.044 |

Πίνακας 4.8

Το αντίστοιχο διάγραμμα απεικονίζεται στο σχήμα 4.13 παρακάτω:



ΣΧΗΜΑ 4.13

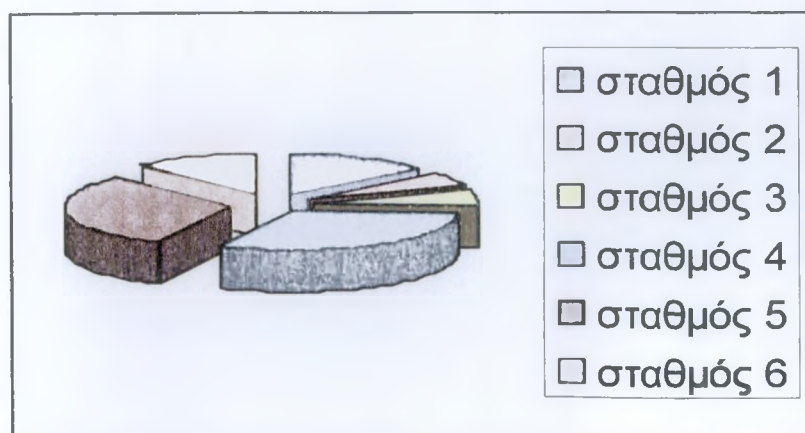
Πάλι, ο αλγόριθμος φαίνεται να διανέμει το φόρτο εργασίας εξίσου. Παρατηρήστε πώς οι σταθμοί 2 και 3 (οι μόνοι σταθμοί με το σταθμό 6 που έχουν δύο εισερχόμενες συνδέσεις) έχουν έναν αρκετά μεγαλύτερο φόρτο εργασίας από αυτό των υπόλοιπων σταθμών. Ο καλύτερος αλγόριθμος πορειών δεν εκτοπίζει τους δυο προηγούμενους αλγόριθμους σε εκείνο το πλαίσιο.

Οι στατιστικές χρήσης κεντρικού υπολογιστή είναι διευκρινισμένες στον πίνακα 4.9 κατωτέρω:

| Σταθμοί | Χρήσεις κεντρικού υπολογιστή |
|-----------|------------------------------|
| Σταθμός 1 | 0.263 |
| Σταθμός 2 | 0.100 |
| Σταθμός 3 | 0.090 |
| Σταθμός 4 | 0.504 |
| Σταθμός 5 | 0.508 |
| Σταθμός 6 | 0.198 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.9

Το προκύπτον διάγραμμα απεικονίζεται στο σχήμα 4.14 :



ΣΧΗΜΑ 4.14

Όπως στην περίπτωση των προηγούμενων δυο αλγορίθμων , ο καλύτερος αλγόριθμος δρομολόγησης πορειών αποδίδει καλά όσον αφορά τη χρήση κεντρικών υπολογιστών. Οι πελάτες καθοδηγούνται κατά τρόπο δίκαιο, και οι κεντρικοί υπολογιστές δεν χρειάζονται το επίπεδο εργασίας για να αντιμετωπίσουν την κυκλοφορία.

Κατά συνέπεια, ο καλύτερος αλγόριθμος πορειών είναι ένας άλλος δίκαιος αλγόριθμος που διανέμει τη δικαιοσύνη, την ευρωστία και την απλότητα.

Ο πίνακας 4.10 παρακάτω συνοψίζει τις μετρήσεις που μαζεύονται από τη σειρά πειραμάτων που πραγματοποιούνται στο πρόγραμμα προσομοίωσης και για τα τρία σχέδια δρομολόγησης:

| | Σταθμός1 | Σταθμός2 | Σταθμός3 | Σταθμός4 | Σταθμός5 | Σταθμός6 |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| RRA(Μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής) | 0.281 | 0.010 | 0.010 | 0.047 | 0.048 | 0.020 |
| RRA(Μέσος αριθμός πελατών στη σειρά αναμονής) | 0.073 | 0.010 | 0.010 | 0.478 | 0.484 | 0.044 |
| RRA(Χρήσεις κεντρικού υπολογιστή) | 0.253 | 0.098 | 0.097 | 0.499 | 0.501 | 0.197 |
| QDA(Μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής) | 0.375 | 0.011 | 0.010 | 0.050 | 0.049 | 0.002 |
| QDA(Μέσος αριθμός πελατών στη σειρά αναμονής) | 0.098 | 0.011 | 0.010 | 0.509 | 0.492 | 0.043 |
| QDA(Χρήσεις κεντρικού υπολογιστή) | 0.266 | 0.098 | 0.100 | 0.503 | 0.505 | 0.197 |
| BPA(Μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής) | 0.286 | 0.012 | 0.010 | 0.050 | 0.501 | 0.020 |
| BPA(Μέσος αριθμός πελατών στη σειρά αναμονής) | 0.072 | 0.012 | 0.010 | 0.505 | 0.521 | 0.044 |
| BPA(χρήσεις κεντρικού υπολογιστή) | 0.236 | 0.100 | 0.090 | 0.504 | 0.508 | 0.198 |

RRA: Random Routing Algorithm

QDA: Queue Delay Algorithm

BPA : Best Path Algorithm

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.10

4.5 Περίληψη και συμπεράσματα.

Είναι προφανές από τη συζήτηση που έγινε στα προηγούμενα τμήματα ότι όλοι οι αλγόριθμοι παράγουν περισσότερα ή λιγότερο ίδια αποτελέσματα. Αυτό οφείλεται σε διάφορους λόγους: Κατ' αρχάς, και οι έξι σταθμοί είναι M/M/1 σταθμοί με διαδικασίες άφιξης και εκθετικούς χρόνους υπηρεσιών. Αφετέρου,

το σύστημα εφαρμόστηκε με τρόπο διαδοχικών επιπέδων όπως συζητήθηκε στην παράγραφο 4.3. Ο στόχος ήταν να παρουσιαστούν όχι μόνο οι στατιστικές αποκλίσεις που προέρχονται από τα αποτελέσματα που παράγουν οι αλγόριθμοι αλλά και η συμπεριφορά των μεμονωμένων στρωμάτων. Σε αυτό το πλαίσιο, το στρώμα 3 πρέπει να βελτιωθεί από έναν σημαντικό παράγοντα. Ένας τρόπος θα ήταν να επαναπροσανατολιστεί η κυκλοφορία. Ένας δεύτερος τρόπος θα ήταν να βελτιωθούν οι χρόνοι υπηρεσιών. Άλλος θα ήταν να τροποποιηθεί η τοπολογία του συστήματος. Όσον αφορά τα κριτήρια αποδοτικότητας που ενσωματώνονται σε αυτήν την συγκριτική μελέτη, και οι δύο αλγόριθμοι QDR, BPR πήγαν καλά και στα τρία από αυτά. Αφ' ετέρου, η τυχαία (ή πιθανολογική) δρομολόγηση δεν αποδίδει καλά από την άποψη της ευρωστίας.

Κεφάλαιο 5

5.1 Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τον Tanenbaum (Tanenbaum, 1989), τρία κριτήρια απαιτούνται για να αξιολογήσουν περιληπτικά ένα σχέδιο δρομολόγησης. Αυτά είναι κατά σειρά σπουδαιότητας: - δικαιοσύνη - ευρωστία - απλότητα όταν αποτυγχάνει ως προς την απόδοση ένας αλγόριθμος δρομολόγησης ώστε να αποδώσει σύμφωνα με έναν προκαθορισμένο τρόπο, που καθιερώνεται κατά τη διάρκεια της κατασκευής του συστήματος (ή, σε ένα πραγματικό σύστημα, που συζητιέται κατά τη διάρκεια της φάσης σύνδεσης), το δίκτυο θα φθάσει τελικά σε μια κατάσταση όπου η εισερχόμενη κυκλοφορία συσσωρεύει εξαιτίας του γεγονότος. Οι σειρές αναμονής θα ξεχειλίσουν και το δίκτυο θα γίνει ασταθές ή, ακόμα χειρότερα, κορεσμένο φθάνοντας σε μια κατάσταση αδιεξόδου. Υπεράνω αμφιβολίας, η αποδοτικότητα ενός σχεδίου δρομολόγησης εξετάζει και ελέγχει πότε η κυκλοφορία δικτύων συμπεριφέρεται απρόβλεπτα. Αυτό, φυσικά, δεν θα μπορούσε να συμβεί σε ένα πρόγραμμα προσομοίωσης, όπου τα σχέδια είναι προγραμματισμένα. Ως εκ τούτου, για να αξιολογηθούν οι δρομολογήσεις που χτίζονται σε αυτό το πρόγραμμα, κάποιος πρέπει να επικεντρωθεί στα τρία κριτήρια απόδοσης που προαναφέρθηκαν. Σε αυτό το πρόγραμμα, τρεις αλγόριθμοι δρομολόγησης έχουν χτιστεί από την αρχή. Η ελλοχεύον πλατφόρμα ή το σύστημα αποτελείται από έξι σταθμούς που τοποθετούνται με τον τρόπο που διευκρινίζεται στο κεφάλαιο 3. Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης εφαρμόζονται σε κάθε σταθμό που παρουσιάζεται με μια επιλογή της πορείας. Ο πρώτος αλγόριθμος δρομολόγησης είναι ένας στατικός πιθανολογικός αλγόριθμος. Ενσωματώνει μια τυχαία γεννήτρια αριθμού και συνδέει τις πιθανότητες μετάβασης στα εξερχόμενα κανάλια. Όπως παρουσιάστηκε στην παράγραφο 4.4.1, ο τυχαίος αλγόριθμος δρομολόγησης εάν η τυχαία γεννήτρια αριθμού λειτουργεί κατάλληλα είναι ένας αποδοτικός αλγόριθμος. Εξετάζοντας το πρόγραμμα προσομοίωσης λεπτομερώς, κάποιος θα μπορούσε να υποστηρίξει ότι η τυχαία δρομολόγηση σημειώνει καλά στη δικαιοσύνη και την απλότητα. Ο δεύτερος αλγόριθμος δρομολόγησης που εξετάστηκε σε αυτό το πρόγραμμα είναι ένας προσαρμοστικός αλγόριθμος. Οι αποφάσεις δρομολόγησής είναι βασισμένες στις καθυστερήσεις που παρατηρούνται στις σειρές αναμονής των προοριζόμενων παραληπτών. Αυτό το σχέδιο δρομολόγησης ελαχιστοποιεί αποτελεσματικά τις καθυστερήσεις στις σειρές αναμονής με την εξασφάλιση ότι ο παραλήπτης ενός ιδιαίτερου πελάτη που έχει ολοκληρώσει την υπηρεσία σε έναν σταθμό, θα είναι ο σταθμός με την ελάχιστη καθυστέρηση στη σειρά αναμονής που παρατηρείται μέχρι εκείνο το χρονικό σημείο προσομοίωσης. Κατά συνέπεια, σε οποιοδήποτε έγκαιρο σημείο, ο παραλήπτης ενός πελάτη θα είναι η καλύτερη επιλογή από την άποψη ενός φόρτου εργασίας.

Ο τρίτος αλγόριθμος δρομολόγησης που αναπτύχθηκε σε αυτήν την εργασία είναι ένας άλλος προσαρμοστικός αλγόριθμος. Ο αλγόριθμος καλύτερης διαδρομής κάνει ότι λέει και το όνομά του. Βρίσκει το καλύτερο δυνατό μονοπάτι από επιλογή 4 μονοπατιών όπως έχει εκτελεστεί στο εικονικό πρόγραμμα. Αυτό το σχέδιο λειτουργεί καλά όταν όλοι οι στατιστικοί μετρητές λαμβάνονται υπόψη.

Διαμοιράζει τη κίνηση με ένα δίκαιο τρόπο και μεταφέρει τα αγαθά με απλό τρόπο. Όσο αφορά τη δύναμη του αλγόριθμου καλύτερης διαδρομής (Best Path) είναι ένας αποδεκτός μηχανισμός.

Στο πίνακα 5.1 οι 3 αλγόριθμοι δρομολόγησης έχουν βαθμολογηθεί με κλίμακα 1 έως 5 (1=πολύ φτωχό) (5=τέλεια) σύμφωνα με την επίδοσή τους.

| | | | |
|--------------------------------------|---|---|---|
| <i>Random Routing</i> | 4 | 2 | 4 |
| <i>Queue Delay Routing Algorithm</i> | 2 | 4 | 5 |
| <i>Best Path Algorithm</i> | 4 | 4 | 2 |

Πίνακας 5.1

Στο επόμενο κεφάλαιο τα μελλοντικά θέματα εργασίας θα συζητηθούν. Οι αδυναμίες της εικονικότητας θα αναδειχτούν και οι βελτιώσεις που χρειάζονται θα αναλυθούν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΕΡΓΑΣΙΑΚΑ(ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ) ΘΕΜΑΤΑ

1. ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ/ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΕΣ
2. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

6.1 Αδυναμίες/Ανεπάρκειες.

Σε αυτή την ενότητα, οι αδυναμίες του εικονικού προγράμματος θα περιγραφθούν και θα δοθεί η απόδειξη της ύπαρξής τους. Επιπλέον ο χειριστής πρέπει να λύσει τα προβλήματα που επιφέρονται από αυτές της αδυναμίες και να κάνει το πρόγραμμα να δουλέψει στην εντέλεια.

Στην εικόνα 6.1 μια πορεία του εικονικού προγράμματος φαίνεται με τον αριθμό των πελατών που περνάνε τους πρώτους 3 σταθμούς .

Mean Interarrival Time **4.000 minutes**

Mean Service Time **1.000 minutes**

Length of the simulation in minutes **1.00e+04**

Εδώ τελειώνει η εικονικότητα.

Server 1

Μέση καθυστέρηση στην ουρά 0.281 minutes

Μέσος αριθμός στην ουρά 0.073

Λειτουργία του server 0.253

Αριθμός πελατών που έχουν συμμετάσχει στο σύστημα 2592

Server 2

Μέση καθυστέρηση στην ουρά 0.010 λεπτά

Μέσος αριθμός στην ουρά 0.010

Χρησιμοποίηση του server 0.098

Αριθμός των πελατών που έχουν συνδεθεί με τον δεύτερο σταθμό 1270

Server 3

Μέση καθυστέρηση στην ουρά 0.010 λεπτά

Μέσος αριθμός στην ουρά 0.010

Χρησιμοποίηση του server 0.098

Αριθμός των πελατών που έχουν συνδεθεί με τον δεύτερο σταθμό 1190

Σχήμα 6.1

Κάποιος μπορεί να δει ότι για ένα ολικό ποσό των 2592 πελατών που μπαίνουν στο σύστημα και περνούν το πρώτο σταθμό, μόνο $(1270 + 1190 =) 2460$ από αυτούς μεταβιβάζονται μέσω του συστήματος και συνδέονται με τους υπόλοιπους σταθμούς. Αυτό σημαίνει ότι $(2592 - 2460 =) 132$ πελάτες δεν έχουν συνδεθεί με τους σταθμούς 2 ή 3. Μετά από προσεχτική εξέταση των αριθμητικών μετρητών του συστήματος, ήταν φανερό ότι αυτοί οι χειριστές επηρεάζουν τα αριθμητικά στατιστικά του σταθμού 1 αλλά δεν επηρεάζουν τους άλλους σταθμούς. Έγινε μια προσπάθεια για να δοθεί λύση σ' αυτό το πρόγραμμα αλλάζοντας λίγο το σημείο τερματισμού του προγράμματος. Το πρόγραμμα δεν θα τελείωνε πλέον στην προγραμματισμένη χρονική περίοδο αλλά όταν όλοι οι πελάτες έχουν μπει στο σύστημα (και έχουν φτάσει το σταθμό 6). Αλλά αυτή η ιδέα δεν έφερε τα επιθυμητά αποτελέσματα. Έχει απομείνει σαν εργασία να λυθεί αυτό το πρόβλημα και να τελειοποιηθεί το σύστημα. Σημειωτέων ο αριθμός των πελατών που δεν έφυγαν από το σταθμό 1 ποικίλει από το μια εικονική πορεία σε ένα άλλο αν οι εισαγωγές των χρηστών διαφέρουν.

Παράρτημα Ι - Προσομοίωση που οργανώνεται για τον Τυχαίο Αλγόριθμο Δρομολόγησης (Simulation Run for the Random Routing Algorithm)

| | |
|-------------------------------------|---------------|
| Mean Interarrival Time | 4.000 minutes |
| Mean Service Time | 1.000 minutes |
| Length of the simulation in minutes | 1.00e+04 |

Αυτό είναι όπου η προσομοίωση τελειώνει.

Average delay in queue (Μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής) 0.281 minutes

Average number in queue (Μέσος αριθμός στη σειρά αναμονής) 0.073

Server Utilisation (Χρησιμοποίηση κεντρικών υπολογιστών) 0.253

Number of customers that have join the system (Αριθμός πελατών που πρέπει να ενώσουν το σύστημα)

2592

Server 2

Average delay in queue (Μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής) 0.010 minutes

Average number in queue (Μέσος αριθμός στη σειρά αναμονής) 0.010

Server Utilisation (Χρησιμοποίηση κεντρικών υπολογιστών) 0.098

Server

| | |
|--|---------------|
| Average delay in queue (Μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής) | 0.010 minutes |
| Average number in queue (Μέσος αριθμός στην ουρά) | 0.010 |
| Server Utilisation (Χρησιμοποίηση κεντρικών υπολογιστών) | 0.097 |

Server 4

| | |
|--|---------------|
| Average delay in queue (Μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής) | 0.047 minutes |
| Average number in queue (Μέσος αριθμός στην ουρά) | 0.478 |
| Server Utilisation (Χρησιμοποίηση κεντρικών υπολογιστών) | 0.499 |

Server 5

| | |
|--|---------------|
| Average delay in queue (Μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής) | 0.048 minutes |
| Average number in queue (Μέσος αριθμός στην ουρά) | 0.484 |
| Server Utilisation (Χρησιμοποίηση κεντρικών υπολογιστών) | 0.501 |

Server 6

| | |
|--|---------------|
| Average delay in queue (Μέση καθυστέρηση στη σειρά αναμονής) | 0.002 minutes |
| Average number in queue (Μέσος αριθμός στην ουρά) | 0.044 |
| Server Utilisation (Χρησιμοποίηση κεντρικών υπολογιστών) | 0.197 |

Η προσομοίωση που ολοκληρώνεται σε $1.00000000e+04$

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II – Εικονική διαδρομή για τον αλγόριθμο Δρομολόγησης στην Ουρά Καθυστέρησης (Queue Delay Routing Algorithm)

Νοητός χρόνος άφιξης 4.000 λεπτά

Νοητός χρόνος λειτουργίας 1.000 λεπτά

Μήκος της εικονικότητας σε λεπτά $1.00e+04$

Server 1

Μέση καθυστέρηση στην ουρά 0.375 λεπτά

Μέσος αριθμός στη σειρά 0.098

Λειτουργία Server 0.266

Αριθμός πελατών που έχουν συνδεθεί στο σύστημα 2600

Server 2

Λειτουργία Server 0.011 λεπτά

Μέσος αριθμός στη σειρά 0.011

Μέση καθυστέρηση στην ουρά 0.098

Server 3

Μέση καθυστέρηση στην ουρά 0.010 minutes

Μέσος αριθμός στην ουρά 0.010 Server

Λειτουργία 0.100

Μέση καθυστέρηση στην ουρά 0.050 minutes

Μέσος αριθμός στην ουρά 0,509 Server

Λειτουργία 0.503

| | |
|----------------------------|---------------|
| Μέση καθυστέρηση στην ουρά | 0.049 minutes |
| Μέσος αριθμός στην ουρά | 0.492 |
| Λειτουργία | 0.505 |

Server 6

| | |
|----------------------------|---------------|
| Μέση καθυστέρηση στην ουρά | 0.002 minutes |
| Μέσος αριθμός στην ουρά | 0.043 |
| Λειτουργία | 0.197 |

Η προσομοίωση που ολοκληρώνεται σε 1.00000000e+04

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III – Εικονική διαδρομή για τον Αλγόριθμο Δρομολόγησης Καλύτερης πορείας (Best Path Routing Algorithm)

| | |
|----------------------------------|-------------|
| Νοητός χρόνος άφιξης | 4.000 λεπτά |
| Μήκος της εικονικότητας σε λεπτά | 1.000 λεπτά |
| Νοητός χρόνος λειτουργίας | 1.00e+04 |

Εδώ τελειώνει η εικονικότητα (simulation)

Server 1

| | |
|--|-------------|
| Λειτουργία Server | 0,286 λεπτά |
| Μέσος αριθμός στην ουρά | 0.072 λεπτά |
| Λειτουργία server | 0.236 |
| Αριθμός πελατών που συνδέθηκαν στο σύστημα | 2507 |

Server 2

| | |
|----------------------------|--------------|
| Μέση καθυστέρηση στην ουρά | 0.012 λεπτά |
| Μέσος αριθμός στην ουρά | 0.012 server |
| Χρησιμότητα (utilization) | 0.100 |

Server 3

| | |
|----------------------------|---------------|
| Μέσος αριθμός στην ουρά | 0.010 minutes |
| Λειτουργία | 0.010 Server |
| Μέση καθυστέρηση στην ουρά | 0.090 |

Server 4

| | |
|----------------------------|---------------|
| Μέσος αριθμός στην ουρά | 0.050 minutes |
| Λειτουργία | 0.505 Server |
| Μέση καθυστέρηση στην ουρά | 0.504 |

Server 5

| | |
|----------------------------|---------------|
| Μέσος αριθμός στην ουρά | 0.051 minutes |
| Λειτουργία | 0.521 Server |
| Μέση καθυστέρηση στην ουρά | 0.505 |

Server 6

| | |
|----------------------------|---------------|
| Μέσος αριθμός στην ουρά | 0.002 minutes |
| Λειτουργία | 0.044 Server |
| Μέση καθυστέρηση στην ουρά | 0.198 |

Η προσομοίωση έχει ολοκληρωθεί σε 1.00000000e+04