

Συμπληρωματική Βιβλιογραφική

Εργασία για επιπρόσθετη βαθμολογία

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΤΣΑΚΙΡΙΔΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΑΕΜ 470

Επιβλέπων καθηγητής

Δρ. Δασυγένης Μηνάς



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Σεπτέμβριος 2012

Συμπληρωματική Βιβλιογραφική

° Εργασία για επιπρόσθετη βαθμολογία

ΘΕΜΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Παρουσίαση στα ελληνικά 100 σελίδων PowerPoint - PDF

Λειτουργικά συστήματα σε πολύ-πύρηνους επεξεργαστές ή πολύ-επεξεργαστές. Λειτουργικά Συστήματα για κατανεμημένα συστήματα.

Εισαγωγή με ποιοι ήταν οι κλασσικοί αλγόριθμοι χρονοδρομολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν στα Linux/Windows/Bsd και πως τροποποιήθηκαν για να υποστηρίζουν πολύ-επεξεργαστές. Ανάλυση των λειτουργικών συστημάτων των TOP500 υπολογιστών, τι λειτουργικά συστήματα εκτελούνται και γιατί. Πως φαίνονται όλοι οι υπολογιστές σας ένας υπολογιστής με ενιαίο σύστημα αρχείων (επίσης mosix, beowulf)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- **1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΕ ΠΟΛΥΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ**
 - **1.1 Ορισμοί**
 - 1.1.1 Επεξεργαστής
 - 1.1.2 Πολυεπεξεργαστής
 - 1.1.3 Λειτουργικό σύστημα
 - 1.1.4 Σκοποί λειτουργικού συστήματος
 - **1.2 Σύγχρονα λειτουργικά συστήματα**
 - 1.2.1 Αρχιτεκτονική μικροπυρήνα
 - 1.2.2 Πολυνημάτωση
 - 1.2.3 Συμμετρικός πολυπρογραμματισμός

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 1.2.4 Κατανεμημένα συστήματα
- **2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ**
 - **2.1 Ορισμοί**
 - 2.1.1 Αλγόριθμος
 - 2.1.2 Χρονοδρομολόγηση
 - 2.1.3 Τύποι χρονοδρομολόγησης
 - 2.1.4 Κατανεμημένος αλγόριθμος
 - 2.1.5 Αλγόριθμος χρονοδρομολόγησης
 - 2.1.6 Χρόνος άφιξης
 - 2.1.7 Χρόνος εξυπηρέτησης (T_s)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 2.1.8 Χρόνος έναρξης
- 2.1.9 Χρόνος λήξης
- 2.1.10 Χρόνος περιστροφής (T_r)
- 2.1.11 Κανονικοποιημένος χρόνος περιστροφής (T_r / T_s)
- **2.2 Κλασσικοί αλγόριθμοι χρονοδρομολόγησης επεξεργαστή**
 - 2.2.1 Πρώτη-μέσα-πρώτη-έξω / First-in-first-out (FIFO)
 - 2.2.2 Εξυπηρέτηση εκ περιτροπής / Round robin
 - 2.2.3 Η συντομότερη διεργασία μετά / Shortest process next
 - 2.2.4 Συντομότερος εναπομείναντας χρόνος / Shortest remaining time
 - 2.2.5 Υψηλότερος λόγος απόκρισης μετά / Highest response ratio next

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- **2.3 Χρονοδρομολόγηση σε πολυεπεξεργαστές**
 - 2.3.1 Διαμοίραση φόρτου / Load sharing
 - 2.3.2 Δρομολόγηση ομάδας / Gang Scheduling
 - 2.3.3 Αφιερωμένη ανάθεση επεξεργαστή / Dedicated processor assignment
 - 2.3.4 Δυναμική δρομολόγηση / Dynamic Scheduling
- **3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**
 - **3.1 Παρουσίαση TOP500 υπολογιστών**
 - **3.2 Λειτουργικά συστήματα των TOP500 υπολογιστών**
 - 3.2.1 BSD Based

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 3.2.2 Linux
- 3.2.3 Unix
- 3.2.4 Windows
- 3.2.5 Mixed
- **3.3 Τα Linux «κυριαρχούν» στη λίστα με τους TOP500 υπολογιστές**
- **3.4 Οι λόγοι που τα Linux «κυριαρχούν» στη λίστα με τους TOP500 υπολογιστές**
 - 3.4.1 Δυνατότητα εξέλιξης χάρη στη λογική του open source
 - 3.4.2 Ασφάλεια
 - 3.4.3 Ποιότητα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 3.4.4 Ταχύτητα
- 3.4.5 Αποτελεσματική αξιοποίηση των πόρων του υπολογιστικού συστήματος
- **4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**
 - **4.1 Ορισμοί**
 - 4.1.1 Κατανεμημένο λειτουργικό σύστημα
 - 4.1.2 Υπολογιστικό σύστημα Πελάτη / Εξυπηρέτη
 - 4.1.3 Ενδοεπεξεργασία - Μεταβίβαση μηνυμάτων
 - 4.1.4 Ομαδοποιημένα σύνολα
 - **4.2 Πλεονεκτήματα ομαδοποιημένων συνόλων (clusters)**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- **5. ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΧΕΙΩΝ**
 - **5.1 Κατανεμημένο σύστημα αρχείων (Distributed file system – DFS)**
 - **5.2 «Διαφανές» σύστημα αρχείων (Transparent file system – TFS)**
 - **5.3 Εικονικό σύστημα αρχείων (Virtual file System – VFS)**
 - **5.4 Mosix**
 - **5.5 Beowulf**

1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΕ ΠΟΛΥΠΥΡΗΝΟΥΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ

1.1 Ορισμοί

1.1.1 Επεξεργαστής

Επεξεργαστής ορίζεται το λογικό κύκλωμα, το οποίο ελέγχει την λειτουργία του υπολογιστή και εκτελεί τις λειτουργίες επεξεργασίας των δεδομένων. ^[1]



1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΕ ΠΟΛΥΠΥΡΗΝΟΥΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ

1.1.2 Πολυεπεξεργαστής

Πολυεπεξεργαστής ορίζεται το ολοκληρωμένο κύκλωμα στο οποίο έχουν ενσωματωθεί δύο ή περισσότεροι επεξεργαστές με στόχο την βελτίωση της απόδοσης, την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και την πιο αποτελεσματική και ταυτόχρονη επεξεργασία.^[2]



1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΕ ΠΟΛΥΠΥΡΗΝΟΥΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ

1.1.3 Λειτουργικό σύστημα

Λειτουργικό σύστημα ορίζεται το πρόγραμμα το οποίο ελέγχει την εκτέλεση των εφαρμογών και ενεργεί ως ενδιάμεσο μεταξύ των εφαρμογών και του hardware.^[3]

1.1.4 Σκοποί λειτουργικού συστήματος

Το λειτουργικό σύστημα έχει τους παρακάτω **σκοπούς**^[3]:

- **Ευκολία στη χρήση** του υπολογιστή
- **Αποτελεσματική αξιοποίηση των πόρων** του υπολογιστή
- **Δυνατότητα εξέλιξης** μέσα από την αποτελεσματική ανάπτυξη, τον αποτελεσματικό έλεγχο και την αποτελεσματική εισαγωγή νέων λειτουργιών

1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΕ ΠΟΛΥΠΥΡΗΝΟΥΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ

1.2 Σύγχρονα λειτουργικά συστήματα

Η σχεδίαση των **σύγχρονων λειτουργικών συστημάτων** επηρεάζεται καθοριστικά από τις απαιτήσεις των χρηστών για ταχύτητα στην χρήση πολυμεσικών εφαρμογών, στην πρόσβαση και περιήγηση στον Διαδίκτυο.

Οι σύγχρονες τεχνικές οργάνωσης και σχεδίασης των λειτουργικών συστημάτων που αναπτύχθηκαν είναι^[3]:

- **Αρχιτεκτονική μικροπυρήνα**
- **Πολυνημάτωση**
- **Συμμετρικός πολυπρογραμματισμός**
- **Κατανεμημένα λειτουργικά συστήματα**

1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΕ ΠΟΛΥΠΥΡΗΝΟΥΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ

1.2.1 Αρχιτεκτονική μικροπυρήνα

Η αρχιτεκτονική μικροπυρήνα αναθέτει περιορισμένες λειτουργίες στον πυρήνα, όπως τη διαδικεργασιακή επικοινωνία και τη βασική δρομολόγηση.

1.2.2 Πολυνημάτωση

Η πολυνημάτωση είναι μία τεχνική στην οποία μία διεργασία, κατά την εκτέλεση μίας εφαρμογής, υποδιαιρείται σε νήματα τα οποία μπορούν να εκτελεστούν ταυτόχρονα.

Νήμα είναι μία μονάδα διεργασίας που υπόκειται σε διεκπεραίωση.

Διεργασία είναι μία συλλογή από ένα ή περισσότερα νήματα και από συσχετιζόμενους πόρους του συστήματος.

1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΕ ΠΟΛΥΠΥΡΗΝΟΥΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ

1.2.3 Συμμετρικός πολυπρογραμματισμός

Η συμμετρική πολυεπεξεργασία (**symmetric multiprocessing, SMP**) εξασφαλίζει μεγαλύτερη απόδοση και αξιοπιστία από τις τεχνικές που προαναφέρθηκαν. Η **SMP** αναπτύχθηκε για υπολογιστικά συστήματα της εξής αρχιτεκτονικής:

- υπάρχουν πολλαπλοί επεξεργαστές
- οι επεξεργαστές διαμοιράζονται την ίδια κύρια μνήμη και τις υπηρεσίες εισόδου/εξόδου (E/E)
- όλοι οι επεξεργαστές μπορούν να εκτελούν τις ίδιες λειτουργίες. Άλλωστε, για το λόγο αυτό η πολυεπεξεργασία είναι συμμετρική.

1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΕ ΠΟΛΥΠΥΡΗΝΟΥΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ

1.2.4 Κατανεμημένα συστήματα

Ένα κατανεμημένο λειτουργικό σύστημα (**distributed operating system**) εμφανίζει στους χρήστες ένα σύνολο από ανεξάρτητους υπολογιστές ως ένα μοναδικό συνεκτικό σύστημα. Η αρχιτεκτονική του, με άλλα λόγια, αποτελείται από ένα πολύ-υπολογιστικό σύστημα, μία ομάδα διαφορετικών υπολογιστών, που ο καθένας έχει τη δική του κύρια και δευτερεύουσα μνήμη και τις δικές του υπηρεσίες Ε/Ε.

Ένα ευρέως γνωστό παράδειγμα **κατανεμημένου συστήματος** είναι ο Παγκόσμιος ιστός (world wide web), όπου τα πάντα εμφανίζονται ως έγγραφα (ιστοσελίδες).^[4]

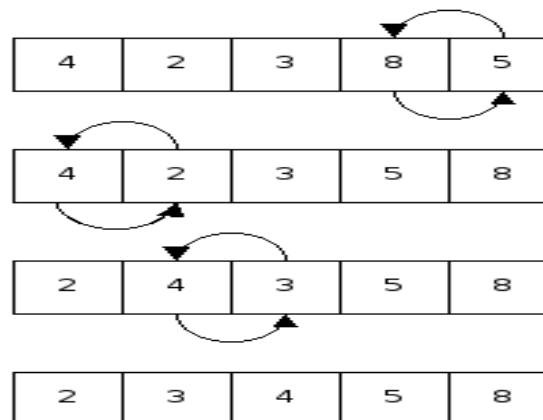
2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

2.1 Ορισμοί

2.1.1 Αλγόριθμος

Αλγόριθμος είναι μία ακολουθία πεπερασμένων υπολογιστικών βημάτων, που μετατρέπει τα δεδομένα του προβλήματος (είσοδο - input) στην λύση του προβλήματος (έξοδο - output).^[5]

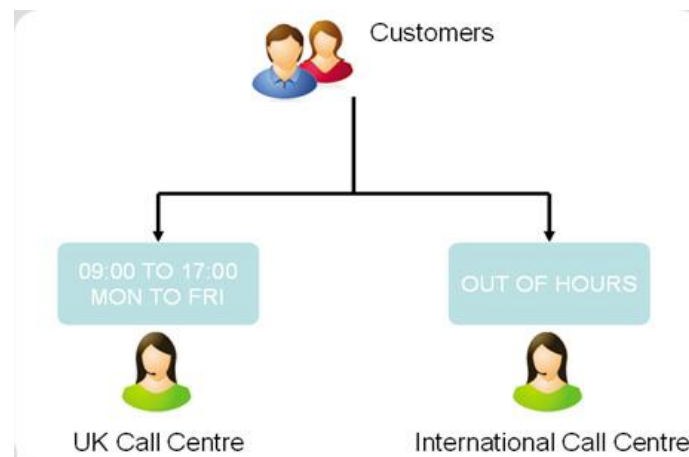


2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

2.1.2 Χρονοδρομολόγηση

Χρονοδρομολόγηση είναι η ανάθεση των διεργασιών, έτσι ώστε να εκτελούνται από τον επεξεργαστή ή τους επεξεργαστές και να επιτυγχάνονται οι αντικειμενικοί στόχοι του συστήματος (μικρός χρόνος απόκρισης και υψηλή ρυθμαπόδοση και αποδοτικότητα επεξεργασίας).^[3]



2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

2.1.3 Τύποι χρονοδρομολόγησης

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι χρονοδρομολόγησης είναι οι παρακάτω^[3]:

- **μακροπρόθεσμη δρομολόγηση:** προσθήκη διεργασίας στη λίστα διεργασιών που είναι έτοιμες για εκτέλεση
- **μεσοπρόθεσμη δρομολόγηση:** προσθήκη διεργασίας στη λίστα διεργασιών που είναι στην κύρια μνήμη
- **βραχυπρόθεσμη δρομολόγηση:** εκτέλεση διεργασίας από τον επεξεργαστή ή τους επεξεργαστές
- **E/E δρομολόγηση:** εκτέλεση διεργασίας από διαθέσιμη συσκευή E/E

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

2.1.4 Κατανεμημένος αλγόριθμος

Κατανεμημένος αλγόριθμος ορίζεται ο αλγόριθμος που αφορά κατανεμημένα συστήματα, δηλαδή συστήματα όπου το hardware και το software, επικοινωνώντας πάνω από κανάλια, συνεργάζονται για την διεκπεραίωση μίας διεργασίας.^[5]

2.1.5 Αλγόριθμος χρονοδρομολόγησης

Αλγόριθμος χρονοδρομολόγησης είναι ο κατανεμημένος αλγόριθμος που καθορίζει πως γίνεται η εκτέλεση των διεργασιών από τον επεξεργαστή ή τους επεξεργαστές ή το δίκτυο υπολογιστών.^[5]

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

2.1.6 Χρόνος άφιξης

Χρόνος άφιξης μίας διεργασίας είναι ο χρόνος προσθήκης της διεργασίας στην ουρά.

2.1.7 Χρόνος εξυπηρέτησης (T_s)

Χρόνος εξυπηρέτησης (T_s) μίας διεργασίας είναι ο χρόνος που απαιτείται ώστε να διεκπεραιωθεί.

2.1.8 Χρόνος έναρξης

Χρόνος έναρξης μίας διεργασίας είναι ο χρόνος έναρξης της διεκπεραίωσης της.

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

2.1.9 Χρόνος λήξης

Χρόνος λήξης μίας διεργασίας είναι ο χρόνος λήξης της διεκπεραίωσης της.

2.1.10 Χρόνος περιστροφής (T_r)

Χρόνος περιστροφής (T_r) μίας διεργασίας είναι το άθροισμα του χρόνου αναμονής με το χρόνο εξυπηρέτησης της διεργασίας. ($T_w + T_s$)

2.1.11 Κανονικοποιημένος χρόνος περιστροφής (T_r / T_s)

Κανονικοποιημένος χρόνος περιστροφής (T_r / T_s) ορίζεται ο λόγος του χρόνου περιστροφής (T_r) και του χρόνου εξυπηρέτησης (T_s). Το μέγεθος αυτό εκφράζει τη σχετική καθυστέρηση διεκπεραίωσης μίας διεργασίας.

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

2.2 Κλασσικοί αλγόριθμοι χρονοδρομολόγησης επεξεργαστή

Οι πιο ευρέως εφαρμόσιμοι αλγόριθμοι χρονοδρομολόγησης είναι οι παρακάτω^[3]:

- Πρώτη-μέσα-πρώτη-έξω / First-in-first-out (FIFO)
- Εξυπηρέτηση εκ περιτροπής / Round robin
- Η συντομότερη διεργασία μετά / Shortest process next
- Συντομότερος εναπομείναντας χρόνος / Shortest remaining time
- Υψηλότερος λόγος απόκρισης μετά / Highest response ratio next

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

2.2.1 Πρώτη-μέσα-πρώτη-έξω / *First-in-first-out (FIFO)*

Ο αλγόριθμος χρονοδρομολόγησης **Πρώτη-μέσα-πρώτη-έξω / First-in-first-out (FIFO)** ή **Πρώτη-ήρθε-πρώτη-εξυπηρετήθηκε / First-come-first-served (FCFS)** ορίζει μία απλή στρατηγική δρομολόγησης, στην οποία επιλέγεται για εκτέλεση η διεργασία η οποία έχει παραμείνει στην ουρά για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.



2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

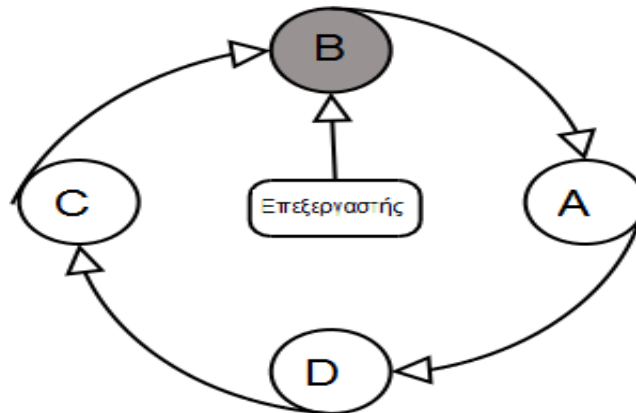
Ο αλγόριθμος χρονοδρομολόγησης **Πρώτη-μέσα-πρώτη-έξω / First-in-first-out (FIFO)** ή **Πρώτη-ήρθε-πρώτη-εξυπηρετήθηκε / First-come-first-served (FCFS)** είναι αποδοτικότερος για τις μεγάλες διεργασίες, παρά για τις μικρές. Αυτό φαίνεται και στο παρακάτω παράδειγμα:

| ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ | ΧΡΟΝΟΣ ΑΦΙΞΗΣ | ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΥΠ/ΣΗΣ (T_s) | ΧΡΟΝΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ | ΧΡΟΝΟΣ ΛΗΞΗΣ | ΧΡΟΝΟΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ (T_r) | T_r / T_s |
|------------|---------------|---------------------------|----------------|--------------|------------------------------|-------------|
| A | 0 | 10 | 0 | 10 | 10 | 1,00 |
| B | 1 | 5 | 10 | 15 | 14 | 2,80 |
| C | 2 | 3 | 15 | 18 | 16 | 5,33 |
| D | 3 | 10 | 18 | 28 | 25 | 2,50 |
| E | 4 | 2 | 28 | 30 | 26 | 6,50 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ | | | | | 18,20 | 3,63 |

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

2.2.2 Εξυπηρέτηση εκ περιτροπής / Round robin

Ο αλγόριθμος χρονοδρομολόγησης **Εξυπηρέτηση εκ περιτροπής / Round robin** ορίζει μία απλή στρατηγική δρομολόγησης, στην οποία συνδυάζει τη στρατηγική δρομολόγησης του αλγόριθμου χρονοδρομολόγησης **Πρώτη-μέσα-πρώτη-έξω / First-in-first-out (FIFO)** και την εξυπηρέτηση εκ περιτροπής.



2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Ο αλγόριθμος χρονοδρομολόγησης **Εξυπηρέτηση εκ περιτροπής / Round robin (RR)** είναι αποδοτικότερος για τις μικρές διεργασίες σε σχέση με τον αλγόριθμο χρονοδρομολόγησης **Πρώτη-μέσα-πρώτη-έξω / First-in-first-out (FIFO)**. Αυτό επιτυγχάνεται με τον καθορισμό του μεγέθους του χρονικού κβάντου (quantum), στο πέρας του οποίου θα προκύπτει διακοπή διεκπεραίωσης της τρέχουσας εκτελούμενης διεργασίας και εκτέλεση της επόμενης διεργασίας σύμφωνα με τη στρατηγική δρομολόγησης του αλγόριθμου χρονοδρομολόγησης **Πρώτη-μέσα-πρώτη-έξω / First-in-first-out (FIFO)**.

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Ο αλγόριθμος χρονοδρομολόγησης **Εξυπηρέτηση εκ περιτροπής / Round robin (RR)** είναι αποδοτικότερος για τις μικρές διεργασίες. Αυτό φαίνεται και στο αρχικό παράδειγμα και για χρονικό κβάντο ίσο με 3:

| ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ | ΧΡΟΝΟΣ ΑΦΙΞΗΣ | ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΥΠ/ΣΗΣ (T_s) | ΧΡΟΝΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ | ΧΡΟΝΟΣ ΛΗΞΗΣ | ΧΡΟΝΟΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ (T_r) | T_r / T_s |
|------------|---------------|---------------------------|----------------|--------------|------------------------------|-------------|
| A | 0 | 10 | 0 | 29 | 29 | 2,90 |
| B | 1 | 5 | 3 | 19 | 18 | 3,60 |
| C | 2 | 3 | 6 | 9 | 7 | 2,33 |
| D | 3 | 10 | 9 | 30 | 27 | 2,70 |
| E | 4 | 2 | 12 | 14 | 10 | 5,00 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ | | | | | 18,20 | 3,31 |

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

2.2.3 Η συντομότερη διεργασία μετά / *Shortest process next*

Ο αλγόριθμος χρονοδρομολόγησης η **Συντομότερη διεργασία μετά / Shortest process next (SPN)** ορίζει μία απλή στρατηγική δρομολόγησης, στην οποία επιλέγεται για εκτέλεση η διεργασία η οποία απαιτεί το μικρότερο χρόνο εξυπηρέτησης (T_s).

Ο αλγόριθμος χρονοδρομολόγησης η **Συντομότερη διεργασία μετά / Shortest process next (SPN)** αποτελεί μία επιτυχή πολιτική μείωσης του χρόνου παραμονής των μικρών διεργασιών στο σύστημα. Εξάλλου, μία μικρή διεργασία μπορεί να μεταπηδήσει στην κεφαλή της ουράς και να προσπεράσει διεργασίες με μακρότερο χρόνο άφιξης.

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Ο αλγόριθμος χρονοδρομολόγησης η **συντομότερη διεργασία μετά / Shortest process next (SPN)** είναι αποδοτικότερος για τις μικρές διεργασίες. Αυτό φαίνεται και στο παρακάτω παράδειγμα:

| ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ | ΧΡΟΝΟΣ ΑΦΙΞΗΣ | ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΥΠ/ΣΗΣ (T_s) | ΧΡΟΝΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ | ΧΡΟΝΟΣ ΛΗΞΗΣ | ΧΡΟΝΟΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ (T_r) | T_r / T_s |
|------------|---------------|---------------------------|----------------|--------------|------------------------------|-------------|
| A | 0 | 10 | 0 | 10 | 10 | 1,00 |
| B | 1 | 5 | 15 | 20 | 19 | 3,80 |
| C | 2 | 3 | 12 | 15 | 13 | 4,33 |
| D | 3 | 10 | 20 | 30 | 27 | 2,70 |
| E | 4 | 2 | 10 | 12 | 8 | 4,00 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ | | | | | 17,40 | 3,17 |

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

2.2.4 Συντομότερος εναπομείναντας χρόνος / *Shortest remaining time*

Ο αλγόριθμος χρονοδρομολόγησης **Συντομότερος εναπομείναντας χρόνος / Shortest remaining time (SRT)** ορίζει μία απλή στρατηγική δρομολόγησης, στην οποία επιλέγεται για εκτέλεση η διεργασία η οποία έχει το μικρότερο υπολειπόμενο χρόνο επεξεργασίας.

Ο αλγόριθμος χρονοδρομολόγησης **Συντομότερος εναπομείναντας χρόνος / Shortest remaining time (SRT)** αποτελεί μία επιτυχή πολιτική μείωσης του χρόνου παραμονής των μικρών διεργασιών στο σύστημα. Ωστόσο, υπάρχει κίνδυνος για τις μεγαλύτερες διεργασίες να παραμείνουν στην ουρά για μεγάλο χρονικό διάστημα.

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Ο αλγόριθμος χρονοδρομολόγησης **Συντομότερος εναπομείναντας χρόνος / Shortest remaining time (SRT)** είναι αποδοτικότερος για τις μικρές διεργασίες, παρά για τις μεγάλες. Αυτό φαίνεται και στο παρακάτω παράδειγμα:

| ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ | ΧΡΟΝΟΣ ΑΦΙΞΗΣ | ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΥΠ/ΣΗΣ (T_s) | ΧΡΟΝΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ | ΧΡΟΝΟΣ ΛΗΞΗΣ | ΧΡΟΝΟΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ (T_r) | T_r / T_s |
|------------|---------------|---------------------------|----------------|--------------|------------------------------|-------------|
| A | 0 | 10 | 0 | 20 | 20 | 2,00 |
| B | 1 | 5 | 1 | 11 | 10 | 2,00 |
| C | 2 | 3 | 2 | 5 | 3 | 1,00 |
| D | 3 | 10 | 20 | 30 | 27 | 2,70 |
| E | 4 | 2 | 5 | 7 | 3 | 1,50 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ | | | | | 12,60 | 1,84 |

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

2.2.5 Υψηλότερος λόγος απόκρισης μετά / Highest response ratio next

Ο αλγόριθμος χρονοδρομολόγησης **Υψηλότερος λόγος απόκρισης μετά / Highest response ratio next (HRRN)** ορίζει μία στρατηγική δρομολόγησης, στην οποία επιλέγεται για εκτέλεση η διεργασία η οποία έχει τον υψηλότερο λόγο απόκρισης R.

$$R = (T_w + T_s) / T_s$$

Με T_w συμβολίζεται ο χρόνος αναμονής της διεργασίας στην ουρά του συστήματος.

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Ο αλγόριθμος χρονοδρομολόγησης **Υψηλότερος λόγος απόκρισης μετά / Highest response ratio next (HRRN)** είναι αποδοτικότερος τόσο για τις μικρές διεργασίες, όσο και για τις διεργασίες με μεγάλο χρόνο αναμονής T_w . Αυτό φαίνεται και στο παρακάτω παράδειγμα:

| ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ | ΧΡΟΝΟΣ ΑΦΙΞΗΣ | ΧΡΟΝΟΣ ΕΞΥΠ/ΣΗΣ (T_s) | ΧΡΟΝΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ | ΧΡΟΝΟΣ ΛΗΞΗΣ | ΧΡΟΝΟΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ (T_r) | T_r / T_s |
|------------|---------------|---------------------------|----------------|--------------|------------------------------|-------------|
| A | 0 | 10 | 0 | 10 | 10 | 1,00 |
| B | 1 | 5 | 15 | 20 | 19 | 3,80 |
| C | 2 | 3 | 12 | 15 | 13 | 4,33 |
| D | 3 | 10 | 20 | 30 | 27 | 2,70 |
| E | 4 | 2 | 10 | 12 | 8 | 4,00 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ | | | | | 17,40 | 3,17 |

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

2.3 Χρονοδρομολόγηση σε πολυεπεξεργαστές

Η χρονοδρομολόγηση σε πολυεπεξεργαστές υποδιαιρείται στα ακόλουθα βήματα ^[3]:

- **ανάθεση των διεργασιών στους επεξεργαστές**
- **εφαρμογή πολυπρογραμματισμού σε ανεξάρτητους επεξεργαστές**
- **διεκπεραίωση διεργασιών**

Καθοριστικό ρόλο στην χρονοδρομολόγηση σε πολυεπεξεργαστές διαδραματίζουν τόσο η διασπορά των εφαρμογών, όσο και το πλήθος των διαθέσιμων επεξεργαστών.

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Ανάθεση των διεργασιών

Οι δύο «ακραίες» προσεγγίσεις που έχουν εφαρμοσθεί είναι η **κυρίαρχου/εξυπηρετούμενου (master/slave)** και η **ισότιμη (peer)**.

Στην προσέγγιση **master/slave** ένα συγκεκριμένος επεξεργαστής (**master**) είναι υπεύθυνος για την εκτέλεση των βασικών λειτουργιών του λειτουργικού συστήματος και την δρομολόγηση των διεργασιών στους υπόλοιπους επεξεργαστές (**slaves**).

Στην προσέγγιση **peer** το λειτουργικό σύστημα μπορεί να εκτελεστεί σε κάθε επεξεργαστή. Κάθε επεξεργαστής είναι αυτοδρομολογούμενος και διεκπεραιώνει διεργασίες από την δεξαμενή διαθέσιμων διεργασιών.

Ασφαλώς και υπάρχουν ενδιάμεσες προσεγγίσεις.

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Εφαρμογή πολυπρογραμματισμού σε ανεξάρτητους επεξεργαστές

Όσο μεγαλύτερη είναι η διασπορά των εφαρμογών, τόσο πιο απαραίτητη κρίνεται η χρήση **πολυπρογραμματισμού**, καθώς κάθε ανεξάρτητος επεξεργαστής επιτυγχάνει υψηλή χρησιμοποίηση και άρα μεγαλύτερη απόδοση.

Διεκπεραίωση διεργασιών

Η διεκπεραίωση των διεργασιών με τη χρήση των κλασσικών αλγορίθμων δρομολόγησης (όπως σχεδιάστηκαν για έναν επεξεργαστή) έχει μικρότερη απόδοση σε συστήματα πολυεπεξεργαστών. Επιπλέον, τα συστήματα πολυεπεξεργαστών επιτυγχάνουν μεγαλύτερη απόδοση με την εφαρμογή της δρομολόγησης νήματος.

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Η εφαρμογή δρομολόγησης νήματος στα συστήματα πολυεπεξεργαστών είναι αποδοτικότερη, διότι τα νήματα μπορούν να εκτελούνται παράλληλα σε ανεξάρτητους επεξεργαστές.

Οι βασικές προσεγγίσεις στην χρονοδρομολόγηση νήματος σε συστήματα πολυεπεξεργαστών είναι ^[3]:

- **Διαμοίραση φόρτου / Load sharing**
- **Ομαδική δρομολόγηση / Gang Scheduling**
- **Αφιερωμένη ανάθεση επεξεργαστή / Dedicated processor assignment**
- **Δυναμική δρομολόγηση / Dynamic Scheduling**

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

2.3.1 Διαμοίραση φόρτου / *Load sharing*

Στη **Διαμοίραση φόρτου / Load sharing** ο κάθε επεξεργαστής που είναι ανενεργός αναλαμβάνει να διεκπεραιώσει ένα από τα διαθέσιμα νήματα.

Πρώτη-μέσα-πρώτη-έξω / First-in-first-out (FIFO): τα νήματα κάθε νέας διεργασίας τοποθετούνται στο τέλος της ουράς. Μόλις κάποιος επεξεργαστής μείνει ανενεργός επιλέγει το επόμενο προς διεκπεραίωση.

Ο μικρότερος αριθμός από τα νήματα πρώτα / Smaller number of threads first (SNTF): η ουρά διαμορφώνεται έτσι ώστε στην κεφαλή της να τοποθετηθούν τα νήματα των διεργασιών με τον μικρότερο αριθμό μη διεκπεραιωμένων νημάτων. Στις περιπτώσεις που παρουσιάζεται «ισοβαθμία» μεταξύ των διεργασιών γίνεται επιλογή κατά **FIFO**.

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Προεκχωρήσιμος ο μικρότερος αριθμός από τα νήματα πρώτα / **Preemptive smaller number of threads first (PSNTF)**: Ισχύει ακριβώς η ίδια στρατηγική με τον **(SNTF)**, μόνο που στην περίπτωση του **(PSNTF)**, δίνεται προτεραιότητα στα νήματα της διεργασίας με των μικρότερο αριθμό μη διεκπεραιωμένων νημάτων, ακόμη και έναντι αυτών που εκτελούνται τη στιγμή εκείνη. Ο αλγόριθμος χρονοδρομολόγησης **Προεκχωρήσιμος ο μικρότερος αριθμός από τα νήματα πρώτα / Preemptive smaller number of threads first (PSNTF)** είναι μια βελτιωμένη εκδοχή του **Shortest remaining time (SRT)** για πολυεπεξεργαστές όμως.

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

2.3.2 Δρομολόγηση ομάδας / Gang Scheduling

Η **Δρομολόγηση ομάδας / Gang Scheduling** είναι η ταυτόχρονη δρομολόγηση των νημάτων μίας διεργασίας. Η **Δρομολόγηση ομάδας / Gang Scheduling** κρίνεται ιδιαίτερα αποδοτική για εφαρμογές χαμηλής και μεσαίας διασποράς, στις οποίες απαιτείται συγχρονισμός και παράλληλη επεξεργασία των νημάτων μίας ή παραπάνω διεργασιών. Εξάλλου, όπως είναι φανερό η **Δρομολόγηση ομάδας / Gang Scheduling** «ευνοεί» την μη διακοπτόμενη εκτέλεση των διεργασιών, βελτιώνοντας κατά αυτόν τον τρόπο την επίδοση της εφαρμογής και πετυχαίνοντας υψηλή απόδοση του συστήματος.

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

2.3.3 Αφιερωμένη ανάθεση επεξεργαστή / *Dedicated processor assignment*

Η **Αφιερωμένη ανάθεση επεξεργαστή / *Dedicated processor assignment*** είναι μία ειδική περίπτωση της **Δρομολόγησης ομάδας / *Gang Scheduling***. Στην **Αφιερωμένη ανάθεση επεξεργαστή / *Dedicated processor assignment*** γίνεται ταυτόχρονη δρομολόγηση των νημάτων μίας διεργασίας σε μία συγκεκριμένη ομάδα επεξεργαστών. Με άλλα λόγια, μία συγκεκριμένη ομάδα επεξεργαστών αναλαμβάνει την διεκπεραίωση μίας συγκεκριμένης εφαρμογής. Καθοριστική παράμετρος είναι το πλήθος των επεξεργαστών που είναι «αφιερωμένοι» στην διεκπεραίωση κάθε διεργασίας.

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

2.3.4 Δυναμική δρομολόγηση / *Dynamic Scheduling*

Η Δυναμική δρομολόγηση / *Dynamic Scheduling* ακολουθεί την εξής στρατηγική για την διεκπεραίωση μίας διεργασίας που απαιτεί την εξυπηρέτηση ορισμένων επεξεργαστών του συστήματος:

1. Αν υπάρχουν διαθέσιμοι επεξεργαστές, αναλαμβάνουν την εκτέλεσή της.
2. Αν δεν υπάρχουν διαθέσιμοι επεξεργαστές, ανατίθεται σε έναν ανεξάρτητο επεξεργαστή ο οποίος εκτελεί διεργασία την οποία ανέλαβε ταυτόχρονα με άλλους επεξεργαστές.

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

3. Αν δεν υπάρχει καμία δυνατότητα εκτέλεσης της, τότε μένει στην ουρά έως ότου υπάρξει διαθέσιμος επεξεργαστής.
4. Όταν ένας ή περισσότεροι επεξεργαστές γίνουν και πάλι διαθέσιμοι, τότε γίνεται επανέλεγχος της δεξαμενής με τις διεργασίες που η διεκπεραίωσή τους εκκρεμεί. Στη συνέχεια, ανατίθεται ένας ανεξάρτητος επεξεργαστής σε κάθε μία από τις διεργασίες της λίστας αυτής. Η κατανομή των εναπομεινάντων διαθέσιμων επεξεργαστών στις διεργασίες γίνεται βάση του αλγόριθμου χρονοδρομολόγησης **First-in-first-out (FIFO)**.

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

3.1 Παρουσίαση TOP500 υπολογιστών

Η αξιολόγηση των υπολογιστικών συστημάτων και η κατάρτιση της λίστας των **TOP500 υπολογιστών** γίνεται βάσει των επιδόσεων τους στο τεστ αξιολόγησης LINPACK. Η κατάρτιση της λίστας των **TOP500 υπολογιστών** και η δημοσίευση της δύο φορές ετησίως, αποσκοπεί στην αντικειμενική ενημέρωση του ενδιαφερόμενου κοινού αναφορικά με τις δυνατότητες των πρωτοπόρων συστημάτων, καθώς και των λειτουργικών συστημάτων που τα υποστηρίζουν.^[6] Να σημειωθεί ότι η πιο πρόσφατη λίστα (Ιούνιος 2012) των **TOP500 υπολογιστών** είναι διαθέσιμη στη διεύθυνση <http://www.top500.org/lists/2012/06>.

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Ενδεικτικά, ακολουθεί αναλυτική παρουσίαση των 50 πρώτων υπολογιστικών συστημάτων της λίστας των **TOP500 υπολογιστών**.^[7] Επεξηγηματικά των πινάκων που ακολουθούν και των χαρακτηριστικών του κάθε υπολογιστικού συστήματος:

- **Rank:** η θέση που έλαβε το υπολογιστικό σύστημα στην λίστα των **TOP500 υπολογιστών**
- **Name:** το όνομα του υπολογιστικού συστήματος
- **Total cores:** το πλήθος των πυρήνων που διαθέτει το υπολογιστικό σύστημα

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

- **Rmax:** το μέγεθος αυτός εκφράζει την μέγιστη εφικτή απόδοση του υπολογιστικού συστήματος. Η μονάδα μέτρησης είναι το Gflop/s. Το **Rmax** αποτελεί βασικό κριτήριο κατάταξης των υπολογιστικών συστημάτων στην λίστας των **TOP500 υπολογιστών**.
- **Operating system:** το λειτουργικό σύστημα που υποστηρίζει
- **OS Family:** η «οικογένεια» λειτουργικών συστημάτων που ανήκει το λειτουργικό σύστημα που υποστηρίζει (π.χ. Linux, Windows, BSD, κ.τ.λ.)

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

| Rank | Name | Total Cores | Rmax | Operating System | OS Family |
|------|------------------|-------------|----------|--------------------------------------|-----------|
| 1 | Sequoia | 1572864 | 16324751 | Linux | Linux |
| 2 | | 705024 | 10510000 | Linux | Linux |
| 3 | Mira | 786432 | 8162376 | Linux | Linux |
| 4 | SuperMUC | 147456 | 2897000 | Linux | Linux |
| 5 | Tianhe-1A | 186368 | 2566000 | Linux | Linux |
| 6 | Jaguar | 298592 | 1941000 | Cray Linux Environment | Linux |
| 7 | Fermi | 163840 | 1725492 | Linux | Linux |
| 8 | JuQUEEN | 131072 | 1380393 | Linux | Linux |
| 9 | Curie thin nodes | 77184 | 1359000 | bullx SUpErCOmputer Suite A.E.2.1 | Linux |
| 10 | Nebulae | 120640 | 1271000 | Linux | Linux |

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

| Rank | Name | Total Cores | Rmax | Operating System | OS Family |
|------|-------------|-------------|---------|--------------------------------------|-----------|
| 11 | Pleiades | 125980 | 1243000 | Linux | Linux |
| 12 | Helios | 70560 | 1237000 | bullx SUpErCOmputer Suite A.E.2.1 | Linux |
| 13 | Blue Joule | 114688 | 1207844 | Linux | Linux |
| 14 | TSUBAME 2.0 | 73278 | 1192000 | Linux | Linux |
| 15 | Cielo | 142272 | 1110000 | Linux | Linux |
| 16 | Hopper | 153408 | 1054000 | Linux | Linux |
| 17 | Tera-100 | 138368 | 1050000 | Linux | Linux |
| 18 | Oakleaf-FX | 76800 | 1043000 | Linux | Linux |
| 19 | Roadrunner | 122400 | 1042000 | Linux | Linux |
| 20 | DiRAC | 98304 | 1035295 | Linux | Linux |

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

| Rank | Name | Total Cores | Rmax | Operating System | OS Family |
|------|--------------------------|-------------|--------|------------------------|-----------|
| 21 | Kraken XT5 | 112800 | 919100 | Linux | Linux |
| 22 | Lomonosov | 78660 | 901900 | Linux | Linux |
| 23 | DARPA Trial Subset | 39680 | 886400 | Linux | Linux |
| 24 | HERMIT | 113472 | 831400 | Cray Linux Environment | Linux |
| 25 | JUGENE | 294912 | 825500 | CNK/SLES 9 | Mixed |
| 26 | Sunway Blue Light | 137200 | 795900 | Linux | Linux |
| 27 | Zin | 46208 | 773700 | RHEL 6.2 | Linux |
| 28 | Tianhe-1A Hunan Solution | 53248 | 771700 | Linux | Linux |
| 29 | Zumbrota | 65536 | 690197 | Linux | Linux |
| 30 | | 65536 | 690197 | Linux | Linux |

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

| Rank | Name | Total Cores | Rmax | Operating System | OS Family |
|------|----------|-------------|--------|------------------------|-----------|
| 31 | Avoca | 65536 | 690197 | Linux | Linux |
| 32 | HECToR | 90112 | 660243 | Cray Linux Environment | Linux |
| 33 | Gaea C2 | 77824 | 565700 | Cray Linux Environment | Linux |
| 34 | | 24576 | 548996 | AIX | Unix |
| 35 | | 24576 | 548996 | AIX | Unix |
| 36 | | 49152 | 517648 | Linux | Linux |
| 37 | Mole-8.5 | 29440 | 496500 | Linux | Linux |
| 38 | Intrepid | 163840 | 458611 | CNK/SLES 9 | Mixed |
| 39 | Red Sky | 42440 | 433500 | CentOS | Linux |
| 40 | Ranger | 62976 | 433200 | Linux | Linux |

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

| Rank | Name | Total Cores | Rmax | Operating System | OS Family |
|------|----------------------------------|-------------|--------|-----------------------------------|-----------|
| 41 | HA-PACS | 20800 | 421600 | Linux | Linux |
| 42 | Dawn | 147456 | 415700 | CNK/SLES 9 | Mixed |
| 43 | | 18432 | 411747 | AIX | Unix |
| 44 | | 22048 | 396700 | SUSE Linux Enterprise Server 11 | Linux |
| 45 | Bull Benchmarks SuperComputer II | 20480 | 360868 | bullx SUpErCOmputer Suite A.E.2.1 | Linux |
| 46 | Cab | 20480 | 347400 | Linux | Linux |
| 47 | Luna | 20480 | 347400 | RHEL 6.2 | Linux |
| 48 | Vulcan | 32768 | 345098 | Linux | Linux |
| 49 | | 32768 | 345098 | Linux | Linux |
| 50 | | 32768 | 345098 | Linux | Linux |

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

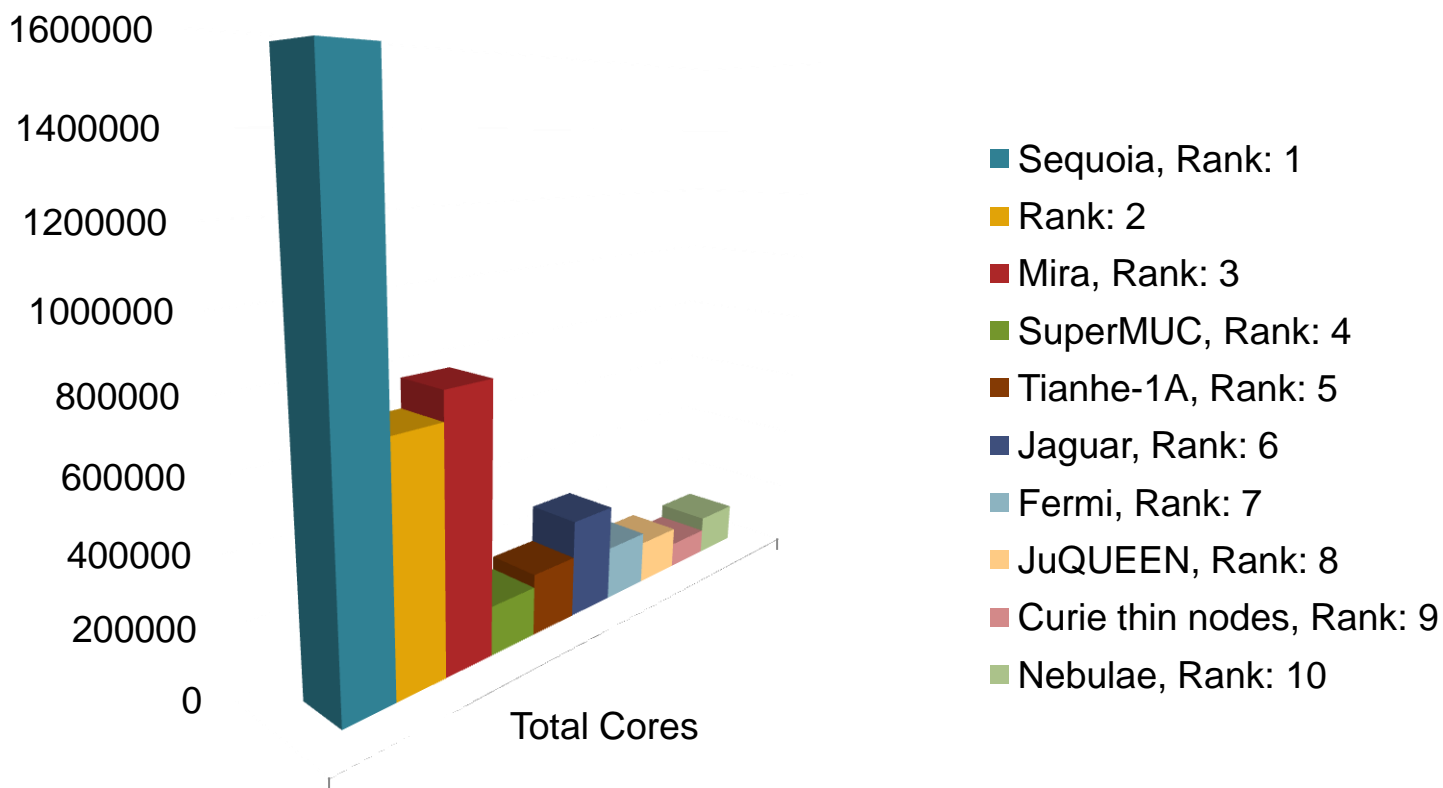
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Ορισμένα ενδιαφέροντα προϊόντα της μελέτης της λίστας των **TOP500 υπολογιστών**, αναφορικά με τα επιμέρους χαρακτηριστικά των υπολογιστικών συστημάτων είναι^[7] :

- **Total cores: 1572864 πυρήνες** είναι ο μέγιστος αριθμός πυρήνων που διαθέτει υπολογιστικό σύστημα της λίστας των **TOP500 υπολογιστών (Sequoia, Rank: 1)**. **1280 πυρήνες** είναι ο ελάχιστος αριθμός πυρήνων που διαθέτει υπολογιστικό σύστημα της λίστας των **TOP500 υπολογιστών (Earth Simulator, Rank: 145)**. Επιπλέον, κατά μέσο όρο, τα υπολογιστικά συστήματα της λίστας των **TOP500 υπολογιστών**, διαθέτουν περίπου **26856 πυρήνες**.

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



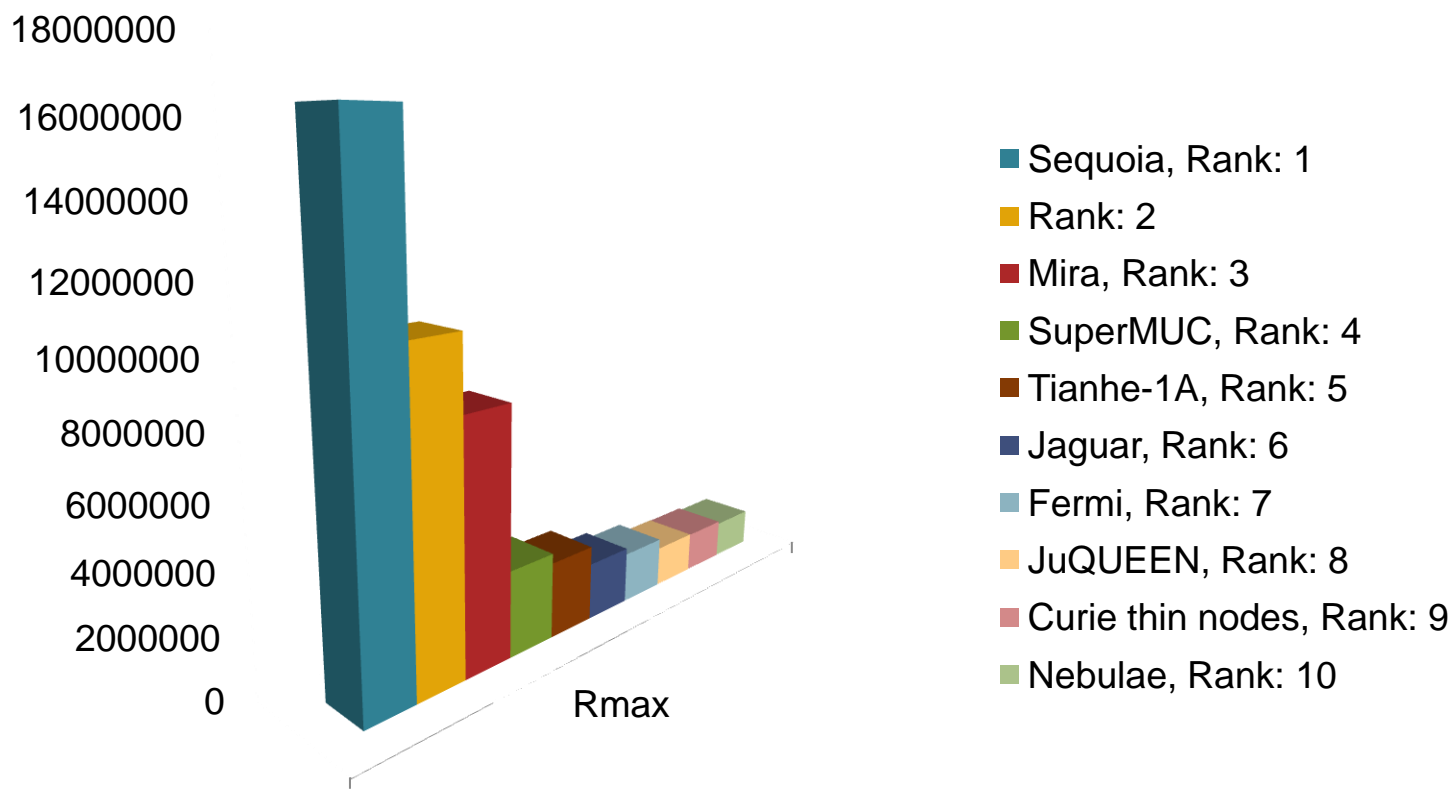
3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

- **Rmax: 16324751 Gflop/s** είναι η μέγιστη τιμή του **Rmax** που αφορά την μέγιστη εφικτή απόδοση υπολογιστικού συστήματος της λίστας των **TOP500 υπολογιστών (Sequoia, Rank: 1)**. **60824,4 Gflop/s** είναι η ελάχιστη τιμή του **Rmax** που αφορά την μέγιστη εφικτή απόδοση υπολογιστικού συστήματος της λίστας των **TOP500 υπολογιστών (Rank: 500)**. Επιπλέον, κατά μέσο όρο, τα υπολογιστικά συστήματα της λίστας των **TOP500 υπολογιστών**, επιτυγχάνουν **Rmax** περίπου **246835,573 Gflop/s**.

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

3.2 Λειτουργικά συστήματα των TOP500 υπολογιστών

Τα λειτουργικά συστήματα που εκτελούνται στους **TOP500 υπολογιστές** ανήκουν στις παρακάτω οικογένειες λειτουργικών συστημάτων^[7] :

- **BSD Based**
- **Linux**
- **Unix**
- **Windows**
- **Mixed**

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

3.2.1 BSD Based

Τα λειτουργικά συστήματα που ανήκουν στην οικογένεια λειτουργικών συστημάτων **BSD Based (Berkeley Software Distribution)** αναπτύσσονται στο University of California, Berkeley και στο τμήμα EECS (Electrical Engineering & Computer Science).^[8] Στην λίστα των **TOP500 υπολογιστών** το λειτουργικό σύστημα **Super-UX** της οικογένειας λειτουργικών συστημάτων **BSD Based** εκτελείται στον **Earth Simulator**, **Rank: 145.**^[7]

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

3.2.2 Linux

Τα λειτουργικά συστήματα που ανήκουν στην οικογένεια λειτουργικών συστημάτων **Linux** και εκτελούνται στα υπολογιστικά συστήματα της λίστας των **TOP500 υπολογιστών** είναι^[7] :

- **Bullx SuperCOmputer Suite A.E.2.1**
- **CentOS**
- **CNL**
- **Cray Linux Environment**
- **Linux**
- **RHEL 6.1**
- **RHEL 6.2**

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

- RedHat Enterprise 5
- Redhat Linux
- SUSE Linux
- SUSE Linux Enterprise Server 11
- SLES10 + SGI ProPack 5

Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί πως το κορυφαίο υπολογιστικό σύστημα σε απόδοση και πρώτο στην λίστα των **TOP500 υπολογιστών** αξιοποιεί την τεχνολογία των **Linux (Sequoia, Rank: 1)**.

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

3.2.3 Unix

Τα λειτουργικά συστήματα που ανήκουν στην οικογένεια λειτουργικών συστημάτων **Unix** και εκτελούνται στα υπολογιστικά συστήματα της λίστας των **TOP500 υπολογιστών** είναι^[7] :

- **AIX**
- **Cell OS**
- **Open Solaris**

Μάλιστα, το λειτουργικό σύστημα **AIX** της οικογένειας λειτουργικών συστημάτων **Unix** εκτελείται στο υπολογιστικό σύστημα **Rank: 34.**^[7]

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

3.2.4 Windows

Τα λειτουργικά συστήματα που ανήκουν στην οικογένεια λειτουργικών συστημάτων **Windows** αναπτύσσονται από την εταιρεία **Microsoft**.^[9] Στην λίστα των **TOP500 υπολογιστών** το λειτουργικό σύστημα **Windows HPC 2008** της οικογένειας λειτουργικών συστημάτων **Windows** εκτελείται στον **Magic Cube, Rank: 94** και στον **CSIRO GPU Cluster, Rank: 156**.^[7]



3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

3.2.5 Mixed

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως έχουν αναπτυχθεί λειτουργικά συστήματα που συνδυάζουν τις δυνατότητες δύο διαφορετικών οικογενειών λειτουργικών συστημάτων. Το λειτουργικό σύστημα **CNK/SLES 9** ανήκει στην κατηγορία αυτή. Το **CNK/SLES 9** αποτελεί προϊόν της συνεργασίας της **IBM (CNK, Compute Node Kernel)** και της **Linux (SLES 9, SUSE Linux Enterprise Server 9)**. Μάλιστα, στην λίστα των **TOP500 υπολογιστών** το λειτουργικό σύστημα **CNK/SLES 9** εκτελείται στον **JUGENE, Rank: 25.** [7]

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

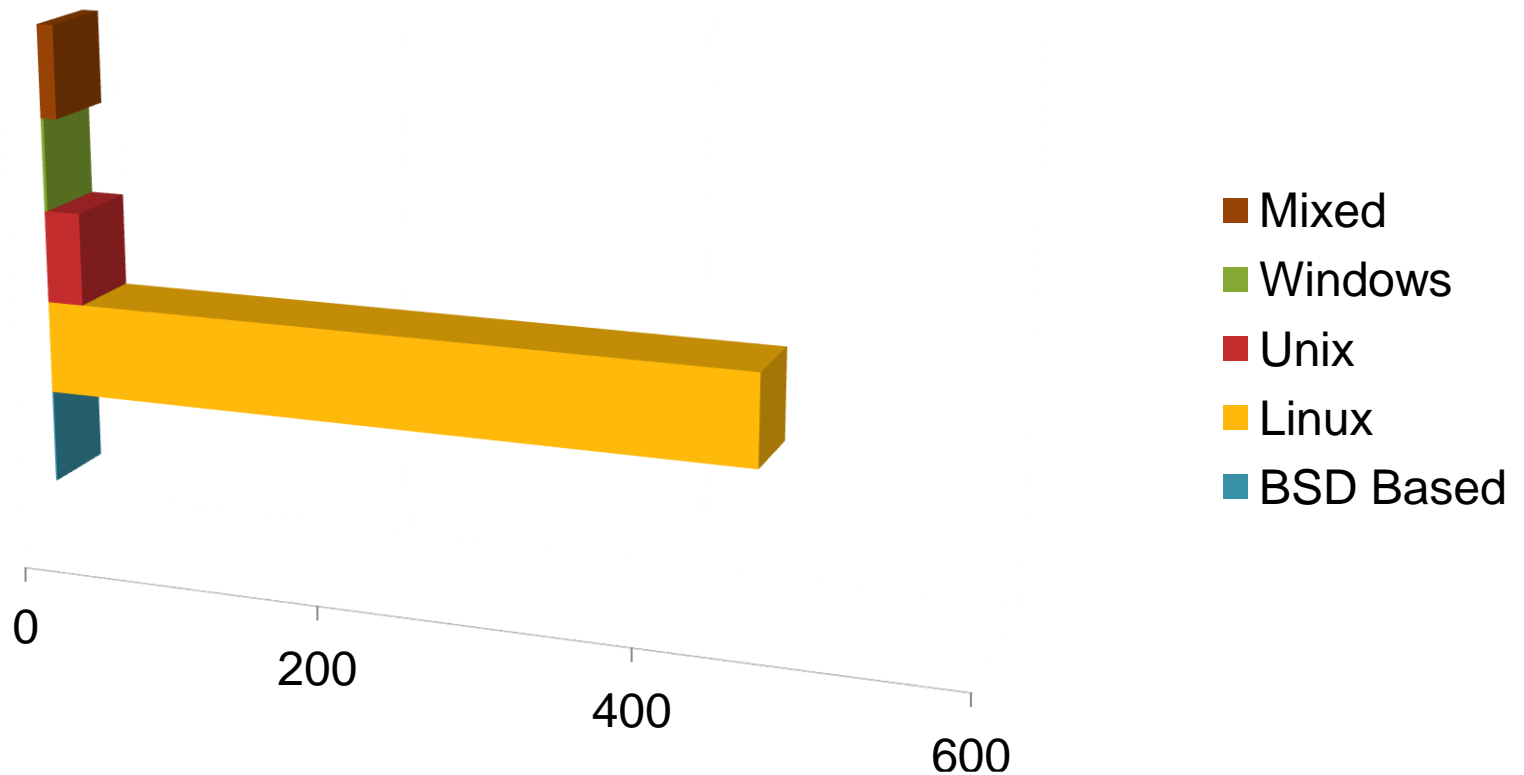
3.3 Τα Linux «κυριαρχούν» στη λίστα με τους TOP500

υπολογιστές

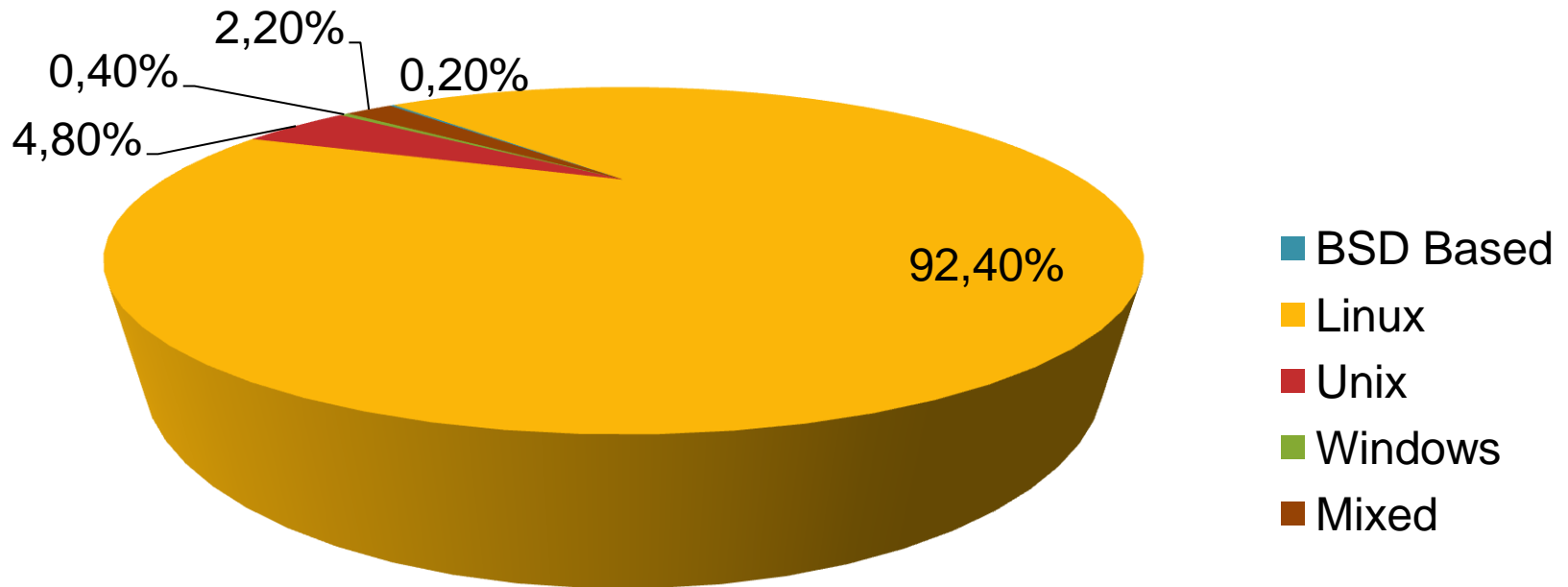
Όπως φαίνεται και στα διαγράμματα που ακολουθούν τα **Linux** «κυριαρχούν» στη λίστα με τους TOP500 υπολογιστές. Ειδικότερα:

- **BSD Based:** (1 υπολογιστικό σύστημα, 0,2%)
- **Linux:** (462 υπολογιστικά συστήματα, 92,4%)
- **Unix:** (24 υπολογιστικά συστήματα, 4,8%)
- **Windows:** (2 υπολογιστικά συστήματα, 0,4%)
- **Mixed:** (11 υπολογιστικά συστήματα, 2,2%)

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΟΡ500 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΟΡ500 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Αξίζει ακόμη να σημειωθεί πως οι πρώτοι 24 κατά σειρά υπολογιστές της λίστας **με τους TOP500 υπολογιστές** εκτελούν λειτουργικό σύστημα της οικογένειας λειτουργικών συστημάτων **Linux**. Επιπλέον, οι 44 εκ των 50 πρώτων κατά σειρά υπολογιστές εκτελούν λειτουργικό σύστημα της οικογένειας λειτουργικών συστημάτων **Linux**.

Στη συνέχεια έπονται τα λειτουργικά συστήματα της οικογένειας λειτουργικών συστημάτων **Unix** με 3 «εκπροσώπους» στην πρώτη 50άδα και 24 συνολικά στην λίστα **με τους TOP500 υπολογιστές**.

Τρίτη κατά σειρά επιλογή είναι τα **Mixed** λειτουργικά συστήματα με 3 «εκπροσώπους» στην πρώτη 50άδα και 11 συνολικά στην λίστα **με τους TOP500 υπολογιστές**.

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Η οικογένειας λειτουργικών συστημάτων **Windows** και το λειτουργικό σύστημα **Windows HPC 2008** εκτελείται από δύο μόνο υπολογιστικά συστήματα της λίστας.

Τέλος, η οικογένειας λειτουργικών συστημάτων **BSD Based** και το λειτουργικό σύστημα **Super-UX** εκτελείται από ένα μόνο υπολογιστικό σύστημα της λίστας.

Στον πίνακα που ακολουθεί, φαίνονται αναλυτικά τα λειτουργικά συστήματα που εκτελούνται από τους υπολογιστές τη λίστας, καθώς και το πλήθος των υπολογιστικών συστημάτων που υποστηρίζουν.

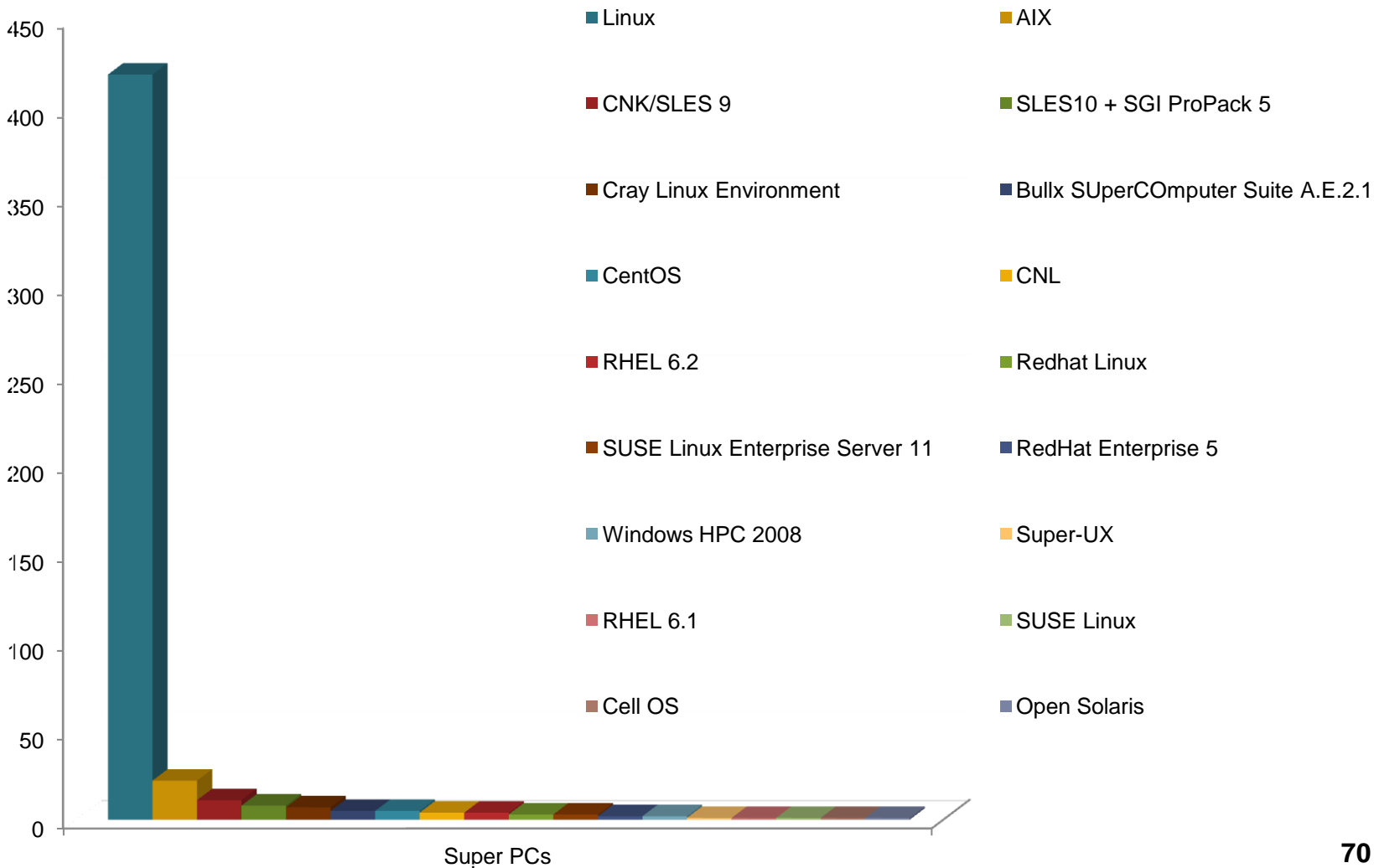
3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

| Operating System | OS Family | Super PCs |
|-----------------------------------|-----------|-----------|
| Linux | Linux | 419 |
| AIX | Unix | 22 |
| CNK/SLES 9 | Mixed | 11 |
| SLES10 + SGI ProPack 5 | Linux | 8 |
| Cray Linux Environment | Linux | 7 |
| Bullx SUpErCOmputer Suite A.E.2.1 | Linux | 5 |
| CentOS | Linux | 5 |
| CNL | Linux | 4 |
| RHEL 6.2 | Linux | 4 |
| Redhat Linux | Linux | 3 |
| SUSE Linux Enterprise Server 11 | Linux | 3 |
| RedHat Enterprise 5 | Linux | 2 |
| Windows HPC 2008 | Windows | 2 |
| Super-UX | BSD Based | 1 |
| RHEL 6.1 | Linux | 1 |
| SUSE Linux | Linux | 1 |
| Cell OS | Unix | 1 |
| Open Solaris | Unix | 1 |

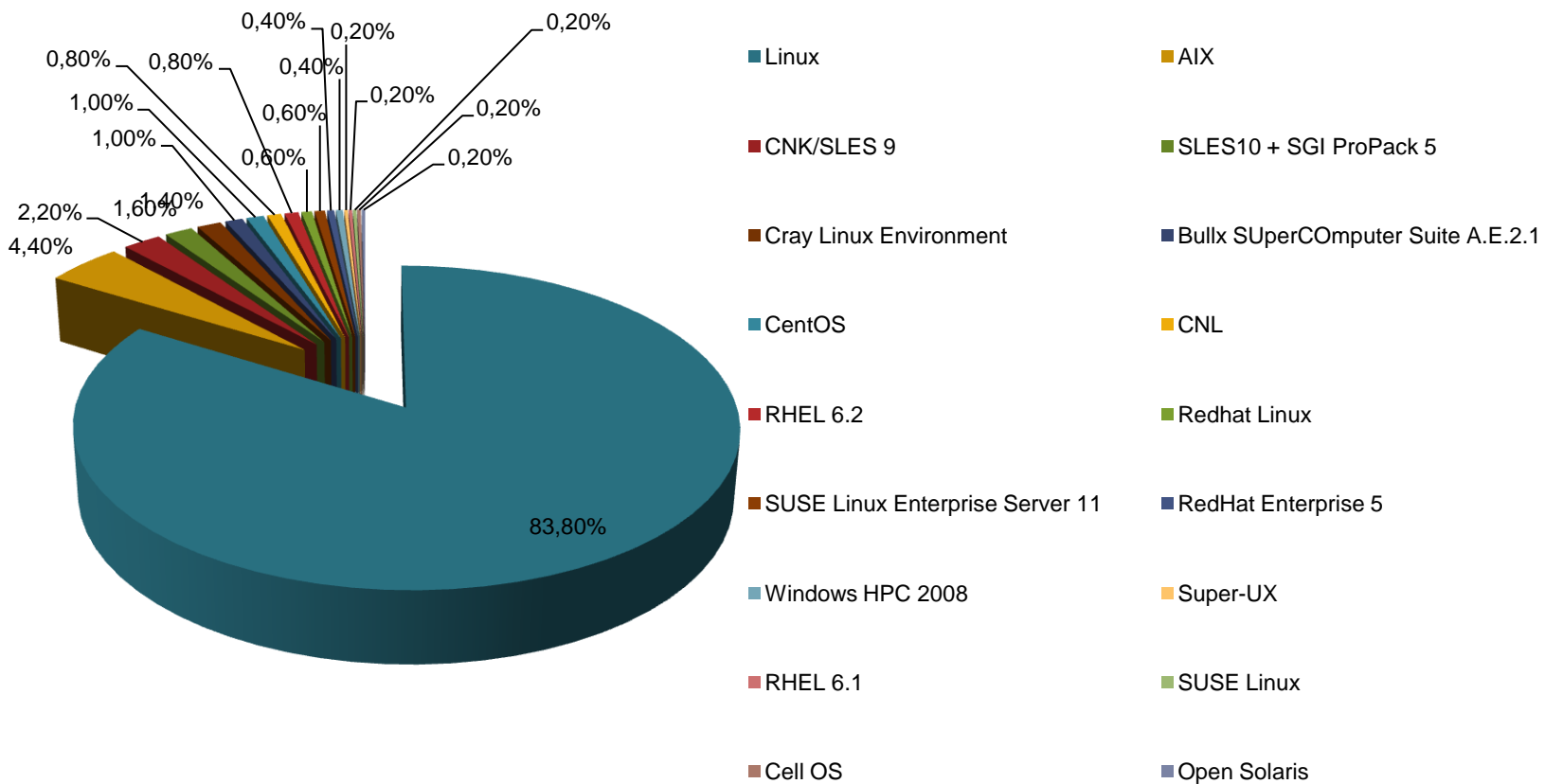
3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΟΡ500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΟΡ500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

3.4 Οι λόγοι που τα Linux «κυριαρχούν» στη λίστα με τους TOP500 υπολογιστές

Οι λόγοι που τα Linux «κυριαρχούν» στη λίστα με τους TOP500 υπολογιστές είναι^{[10][11][12][13][14][15]} :

- **Δυνατότητα εξέλιξης** χάρη στη λογική του open source
- **Ασφάλεια**
- **Ποιότητα**
- **Ταχύτητα**
- **Αποτελεσματική αξιοποίηση των πόρων του υπολογιστικού συστήματος**

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

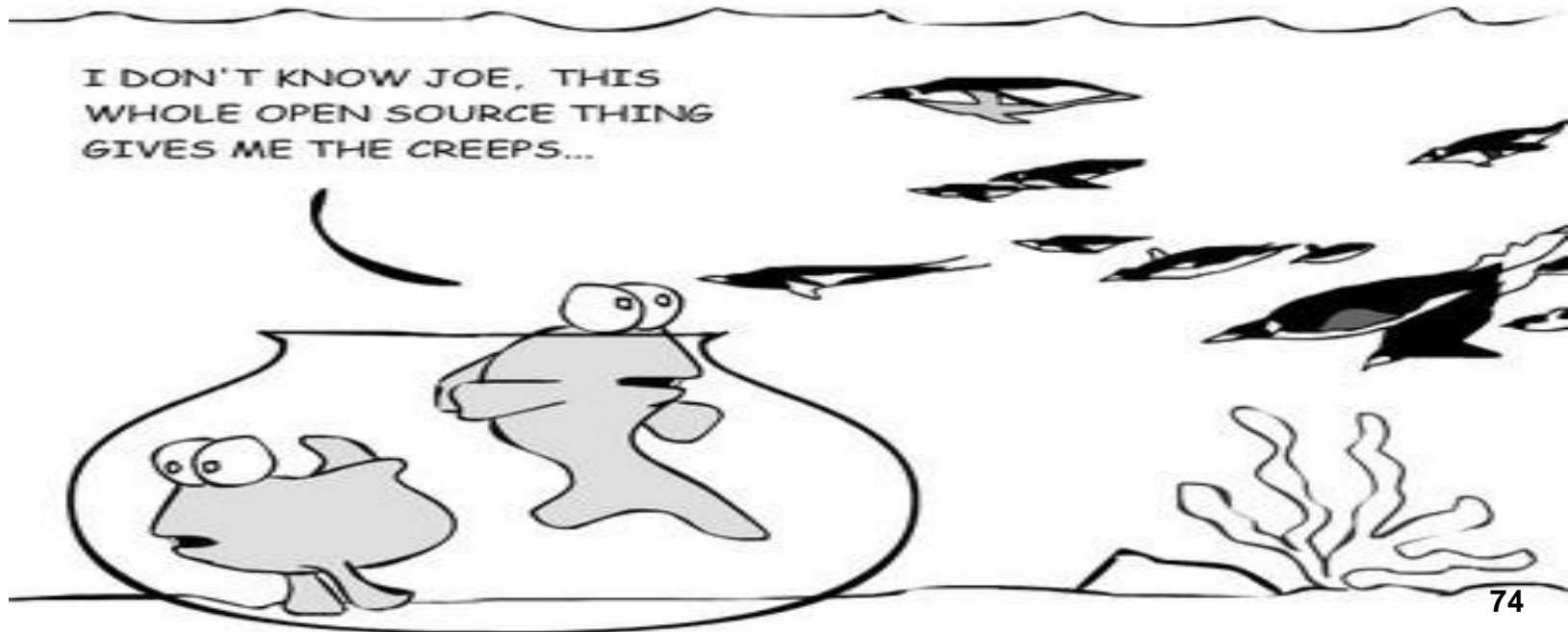
3.4.1 Δυνατότητα εξέλιξης χάρη στη λογική του open source

Η διαρκώς ανοδική πορεία και καθιέρωση των λειτουργικών συστημάτων Linux οφείλεται σε σημαντικό βαθμό στην στρατηγική επιλογή της λογικής του open source (ανοιχτού κώδικα). Ειδικότερα, το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα των λειτουργικών συστημάτων Linux εντοπίζεται στη **δυνατότητα εξέλιξης** που εξασφαλίζεται χάρη στη λογική του open source. Τα τελευταία χρόνια, η δυνατότητα γρήγορης εξέλιξης και προσαρμογής σύμφωνα με τα πιο σύγχρονα και απαιτητικά πρότυπα αρχιτεκτονικής υπολογιστικών συστημάτων έχει συμβάλλει καθοριστικά στην κυριαρχία των λειτουργικών συστημάτων Linux **στη λίστα με τους TOP500 υπολογιστές.**

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί, ότι αφού δεν υπάρχουν περιορισμοί στην δημοσίευση του κώδικα αποκτά εξαιρετική σημασία η εργασία στο ίδιο περιβάλλον τόσο των σχεδιαστών του υπολογιστικού συστήματος, όσο και των ερευνητών ανάπτυξης του λειτουργικού συστήματος Linux.^[10]



3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

3.4.2 Ασφάλεια

Η σαφής υπεροχή στον τομέα της **Ασφάλειας** των λειτουργικών συστημάτων **Linux** έναντι των ανταγωνιστών «πηγάζει» από τους παρακάτω παράγοντες^{[11][12]}:

- Πολιτική διαχείρισης δικαιωμάτων
- Υψηλή προστασία στο διαδίκτυο
- Ασφάλεια λειτουργικού συστήματος
- Ταχύτητα στην αντιμετώπιση «επιθέσεων» στο λειτουργικό σύστημα
- Λογική του open source

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Η Πολιτική διαχείρισης δικαιωμάτων στηρίζεται στην προστασία των δομικών στοιχείων του συστήματος, καθώς οι χρήστες δεν έχουν «απεριόριστα» δικαιώματα διαχείρισης στο σύστημα. Κατά αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται υψηλό επίπεδο ασφάλειας του συστήματος και τίθενται σε κίνδυνο από ενδεχόμενες «επιθέσεις» μόνο τα τοπικά αρχεία και οι εφαρμογές των χρηστών του συστήματος.

Η Υψηλή προστασία στο διαδίκτυο «πηγάζει» κατά κύριο λόγο από την Πολιτική διαχείρισης δικαιωμάτων και επιτυγχάνει την ασφάλεια του συστήματος έναντι των «επιθέσεων» προερχομένων του διαδικτύου (π.χ. ηλεκτρονική αλληλογραφία, κ.α.).

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Η **Ασφάλεια λειτουργικού συστήματος** βασίζεται στο γεγονός ότι κύριος στόχος των «επιθέσεων» είναι τα δημοφιλή και πιο τρωτά λειτουργικά συστήματα, όπως τα Windows. Η πλειοψηφία των χρηστών χρησιμοποιεί λειτουργικό σύστημα Windows και το γεγονός αυτό αποτελεί κίνητρο για τους δημιουργούς των «κακόβουλων» εφαρμογών.

Επιπλέον, η **Ταχύτητα στην αντιμετώπιση «επιθέσεων» στο λειτουργικό σύστημα** είναι απόρροια της ομαδικής ανάπτυξης του λειτουργικού συστήματος που το διέπει η λογική του open source. Οι πολυάριθμοι χρήστες που συμβάλλουν στην ανάπτυξη και εξέλιξη του συστήματος, αναλαμβάνουν και αντιμετωπίζουν τάχιστα τις «επιθέσεις» των «κακόβουλων» εφαρμογών.

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Τέλος, χάρη στη **λογική του open source** επιτυγχάνεται τόσο η τελειοποίηση του λειτουργικού συστήματος από στον τομέα της ασφάλειας, όσο και η **ταχύτητα στην αντιμετώπιση «επιθέσεων» στο λειτουργικό σύστημα**. Εξάλλου, τα λειτουργικά συστήματα των ανταγωνιστικών μαζί με την «απόκρυψη» του κώδικα «αποκρύπτουν» και το πλήθος και τη σημασία των τρωτών σημείων του λειτουργικού συστήματος.



3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

3.4.3 Ποιότητα

Τα λειτουργικά συστήματα Linux υπερτερούν έναντι των ανταγωνιστικών τους και στον τομέα της **Ποιότητας**. Άλλωστε, αυτό είναι αναμενόμενο για ένα προϊόν ομαδικής δημιουργίας και βελτιστοποίησης, όπως το λειτουργικό σύστημα Linux, το διέπει η λογική του open source. Επιπλέον, η προφανής ανωτερότητα στον τομέα της **Ποιότητας** των λειτουργικών συστημάτων **Linux** έναντι των ανταγωνιστών περικλείεται στα παρακάτω πλεονεκτήματα^[12]:

- **Προσαρμοστικά στις ανάγκες των χρηστών**
- **Ελευθερία πρόσβασης σε όλες τις λειτουργίες**
- **Διαρκή υποστήριξη**

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Η Προσαρμοστικά στις ανάγκες των χρηστών στηρίζεται σε σημαντικό βαθμό στην λογική του **open source**, καθώς ο χρήστης μπορεί να προσαρμόσει το λειτουργικό σύστημα «στα μέτρα του». Τα λειτουργικά συστήματα Linux δεν προσφέρουν μία «ανελαστική» και τυποποιημένη λύση στους χρήστες υπολογιστικών συστημάτων, αλλά μία ευέλικτη επιλογή προσαρμοζόμενη στις ανάγκες και τους απαιτήσεις του κάθε χρήστη.



3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Η **Ελευθερία πρόσβασης σε όλες τις λειτουργίες** είναι ένα εξαιρετικής σημασίας πλεονέκτημα της ποιότητας των λειτουργικών συστημάτων **Linux**. Τη στιγμή που τα περισσότερα ανταγωνιστικά λειτουργικά συστήματα παρέχονται σε πακέτα με «λειτουργικούς περιορισμούς» και αναλογικά προσαρμοσμένους με το κόστος τους, τα λειτουργικά συστήματα **Linux** παρέχουν πλήρη **Ελευθερία πρόσβασης σε όλες τις λειτουργίες**.

Επιπλέον, η **Διαρκή υποστήριξη** είναι απόρροια της ομαδικής ανάπτυξης και βελτιστοποίησης του λειτουργικού συστήματος που το διέπει η λογική του open source και το σημαντικότερο είναι ότι παρέχεται κατά κύριο λόγο δωρεάν.

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

3.4.4 Ταχύτητα

Τα λειτουργικά συστήματα Linux υπερτερούν έναντι των ανταγωνιστικών τους και στον τομέα της **Ταχύτητας**. Άλλωστε, αυτό είναι φανερό και από «μία πρώτη ματιά» **στη λίστα με τους TOP500 υπολογιστές**. Στην λίστα μπορεί κάποιος να δει την υπεροχή σε απόδοση **Rmax** των υπολογιστικών συστημάτων που εκτελούν λειτουργικό σύστημα **Linux**. Έτσι, το υπολογιστικό σύστημα (**Sequoia, Rank: 1**) με **16324751 Gflop/s** επιτυγχάνει τη μέγιστη δυνατή τιμή απόδοση **Rmax**. Ο σχεδιασμός και η διαρκής ανάπτυξη των λειτουργικών συστημάτων **Linux** προσδίδουν τη δυνατότητα αποτελεσματικής και ταχύτατης πολυεπεξεργασίας στο υπολογιστικό σύστημα.^{[13][14]}

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Άλλωστε, το πρώτο υπολογιστικό σύστημα που έσπασε το όριο του 1 petaflop/s ήταν το προϊόν της συνεργασίας της IBM και της Los Alamos (Ιούνιος 2008). Το υπολογιστικό σύστημα αυτό εκμεταλλεύτηκε τις δυνατότητες που προσφέρει το λειτουργικό σύστημα Linux και κυρίως στον τομέα της ταχύτητας.^[15]



3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ TOP500

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

3.4.5 Αποτελεσματική αξιοποίηση των πόρων του υπολογιστικού συστήματος

Η Αποτελεσματική αξιοποίηση των πόρων του υπολογιστικού συστήματος είναι απόρροια των ελάχιστων απαιτήσεων σε Hardware των λειτουργικών συστημάτων **Linux** σε σύγκριση με τους ανταγωνιστές της, όπως για παράδειγμα, τα «απαιτητικά» για αναβαθμίσεις Hardware, **Microsoft Windows**. Για το λόγο αυτό, τα λειτουργικά συστήματα Linux αξιοποιούν κάθε αναβάθμιση Hardware προς επίτευξη μεγαλύτερης ταχύτητας επεξεργασίας, επιτυγχάνοντας δηλαδή την μέγιστη **αξιοποίηση των πόρων** του υπολογιστικού συστήματος^[12].

4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

4.1 Ορισμοί

4.1.1 Κατανεμημένο λειτουργικό σύστημα

Ένα **κατανεμημένο λειτουργικό σύστημα (distributed operating system)** ορίζεται το κοινό λειτουργικό σύστημα το οποίο είναι διαμοιραζόμενο σε ένα δίκτυο υπολογιστών. Ένα **κατανεμημένο λειτουργικό σύστημα** εμφανίζει στους χρήστες ένα σύνολο από ανεξάρτητους υπολογιστές ως ένα μοναδικό συνεκτικό σύστημα. Η αρχιτεκτονική του, με άλλα λόγια, αποτελείται από ένα πολύ-υπολογιστικό σύστημα, μία ομάδα διαφορετικών υπολογιστών, που ο καθένας έχει τη δική του κύρια και δευτερεύουσα μνήμη και τις δικές του υπηρεσίες E/E.^[3]

4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

4.1.2 Υπολογιστικό σύστημα Πελάτη / Εξυπηρέτη

Ένα Υπολογιστικό σύστημα Πελάτη / Εξυπηρέτη (**Client / Server**) είναι μία συστοιχία υπολογιστών που αποτελείται από **υπολογιστές - πελάτες** και **υπολογιστές - εξυπηρέτες**. Οι **πελάτες (clients)** είναι συνήθως προσωπικοί υπολογιστές ή σταθμοί εργασίας, στους οποίους εκτελούνται λειτουργικά συστήματα με φιλικό interface για τους χρήστες τους. Οι **εξυπηρέτες (servers)** παρέχουν ένα σύνολο κοινών υπηρεσιών, όπως πρόσβαση σε κοινές βάσεις δεδομένων, στους χρήστες του συστήματος. Η διασύνδεση των οντοτήτων του **Υπολογιστικού συστήματος Πελάτη / Εξυπηρέτη (Client / Server)** γίνεται είτε μέσω τοπικού δικτύου ή μέσω ενός διαδικτύου από δίκτυα.

4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ένα Υπολογιστικό σύστημα Πελάτη / Εξυπηρέτη (Client / Server) διαθέτει, επιπλέον, τα παρακάτω δομικά στοιχεία^[3]:

- **Διασύνδεση των προγραμμάτων εφαρμογών (Applications programming interface, API):** σύνολο συναρτήσεων και κλήσεων προγραμμάτων που «γεφυρώνουν» την επικοινωνία των **Πελατών (Clients)** και των **Εξυπηρετών (Servers)**.
- **Ενδιάμεσο λογισμικό (Middleware):** σύνολο οδηγών, APIs, ή άλλο λογισμικό που βελτιώνει την διασύνδεση ανάμεσα στους **Πελάτες (Clients)** και στους **Εξυπηρέτες (Servers)**.

4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

4.1.3 Ενδοεπεξεργασία - Μεταβίβαση μηνυμάτων

Η ενδοεπεξεργασία σε ένα κατανεμημένο λειτουργικό σύστημα (**distributed operating system**) γίνεται με την εφαρμογή τεχνικών **Μεταβίβασης μηνυμάτων (Message passing)**. Η **Μεταβίβαση μηνυμάτων (Message passing)** εφαρμόζεται κατά κύριο λόγο μέσω των παρακάτω προσεγγίσεων^[3]:

- **Κατανεμημένη μεταβίβαση μηνυμάτων (Distributed message passing)**
- **Κλήση απομακρυσμένων διαδικασιών (Remote procedure call)**

4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στην **Κατανεμημένη μεταβίβαση μηνυμάτων (Distributed message passing)** και προκειμένου να διεκπεραιωθεί μία διεργασία ενός **Πελάτη (Client)** ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

- Ο **Πελάτης (Client)** πραγματοποιεί **αποστολή μηνύματος (send)** που περιέχει το αίτημα επεξεργασίας προς τον **Εξυπηρέτη (Server)**.
- Στη συνέχεια, ο **Εξυπηρέτης (Server)** πραγματοποιεί **παραλαβή μηνύματος (receive)**, κατά την οποία παραλαμβάνει το αίτημα επεξεργασίας και ορίζει τον ενδιάμεσο αποθηκευτικό χώρο, στον οποίο αποθηκεύεται το μήνυμα έως την διεκπεραίωση του αιτήματος.

4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στην **Κλήση απομακρυσμένων διαδικασιών (Remote procedure call)** και προκειμένου να διεκπεραιωθεί μία διεργασία ενός **Πελάτη (Client)** ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

- Ο **Πελάτης (Client)** πραγματοποιεί **απομακρυσμένη κλήση (call)** που περιέχει το όνομα της διεργασίας προς διεκπεραίωση από τον **Εξυπηρέτη (Server)**. Επιπλέον, στο μήνυμα που παράγεται από την **απομακρυσμένη κλήση (call)** και αποστέλλεται προς το απομακρυσμένο σύστημα, εμπεριέχονται και οι παράμετροι της διεργασίας. Η **απομακρυσμένη κλήση (call)** μπορεί να είναι της μορφής:

Call P (X, Y)

4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

όπου P το όνομα της διεργασίας,

X οι παράμετροι και

Y οι επιστρεφόμενες τιμές

- Όταν παραληφθεί το μήνυμα από το απομακρυσμένο σύστημα, ελέγχεται και εκτελείται μία τοπική **Call $P(X, Y)$** στον **Εξυπηρέτη (Server)**.
- Στη συνέχεια και με την ολοκλήρωση της διαδικασίας, αποστέλλεται απάντηση στον **Πελάτη (Client)**, η οποία περιέχει τις επιστρεφόμενες τιμές.

4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

4.1.4 Ομαδοποιημένα σύνολα

Η αρχιτεκτονική ενός ομαδοποιημένου συνόλου (**Cluster**) περιλαμβάνει ένα σύνολο από διασυνδεδεμένους **ολοκληρωμένους υπολογιστές – κόμβους (nodes)** που λειτουργούν και επεξεργάζονται μαζί ως ένα ενιαίο υπολογιστικό σύστημα, το οποίο δίνει και την αίσθηση ενός μοναδικού υπολογιστή.

Ένας ολοκληρωμένος υπολογιστής – κόμβος (**node**) ενός ομαδοποιημένου συνόλου (**Cluster**) είναι ένα υπολογιστικό σύστημα που μπορεί να λειτουργήσει και ανεξάρτητα από το **ομαδοποιημένο σύνολο (Cluster)**.^[3]

4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

4.2 Πλεονεκτήματα ομαδοποιημένων συνόλων (clusters)

Η σχεδίαση και η αρχιτεκτονική ενός ομαδοποιημένου συνόλου (cluster) εμφανίζει αρκετά λειτουργικά πλεονεκτήματα έναντι των ανεξάρτητων υπολογιστικών συστημάτων, τα σημαντικότερα εκ των οποίων είναι^[3]:

- Απόλυτη κλιμάκωση
- Σταδιακή κλιμάκωση
- Υψηλή διαθεσιμότητα
- Υψηλός δείκτης τιμής/απόδοσης

4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ειδικότερα, η **απόλυτη κλιμάκωση (absolute scalability)** είναι αποτέλεσμα της δυνατότητας δημιουργίας και σύνθεσης **ομαδοποιημένων συνόλων (clusters)**, ισχυρότερων ακόμα και από τα ισχυρότερα ανεξάρτητα υπολογιστικά συστήματα. Αυτό οφείλεται στην δυνατότητα δημιουργίας **ομαδοποιημένων συνόλων (clusters)** που αποτελούνται από δεκάδες ή εκατοντάδες πολυεπεξεργαστικά υπολογιστικά συστήματα.



4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα των **ομαδοποιημένων συνόλων (clusters)** είναι η **σταδιακή κλιμάκωση (incremental scalability)**, η οποία προκύπτει από τη δυνατότητα επέκτασης των **ομαδοποιημένων συνόλων (clusters)**. Πιο συγκεκριμένα, η σχεδίαση και η αρχιτεκτονική των **ομαδοποιημένων συνόλων (clusters)** παρέχει την δυνατότητα αναβάθμισης - προσθήκης νέων υπολογιστικών συστημάτων, επιπλέον δηλαδή των **υπαρχόντων ολοκληρωμένων υπολογιστών – κόμβων (nodes)**.

Η **υψηλή διαθεσιμότητα (high availability)** είναι απόρροια της δυνατότητας δημιουργίας **ομαδοποιημένων συνόλων (clusters)** που αποτελούνται από δεκάδες ή εκατοντάδες υπολογιστικά συστήματα.

4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η υψηλή διαθεσιμότητα είναι σημαντική καθώς η ύπαρξη πολλών ολοκληρωμένων υπολογιστών – κόμβων (**nodes**), εξασφαλίζει την αντοχή ενός ομαδοποιημένου συνόλου (**cluster**) και την ασφαλή και απρόσκοπτη λειτουργία του. Άλλωστε, η βλάβη ενός κόμβου δεν είναι ικανή για να προκαλέσει την αποτυχία λειτουργίας του ομαδοποιημένου συνόλου (**cluster**) που ανήκει ο κόμβος αυτός.

Ο υψηλός δείκτης τιμής/απόδοσης (**superior price/ performance**) προκύπτει από την δυνατότητα δημιουργίας και σύνθεσης ομαδοποιημένων συνόλων (**clusters**), το οποίο θα έχει τόσο μεγαλύτερη απόδοση από ένα ανεξάρτητο υπολογιστικό σύστημα, όσο και χαμηλότερο κόστος.

5. ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΧΕΙΩΝ

5.1 Κατανεμημένο σύστημα αρχείων (Distributed file system – DFS)

Ένα **κατανεμημένο σύστημα αρχείων (distributed file system – DFS)** είναι μία εφαρμογή ενός κατανεμημένου συστήματος, που επιτρέπει στους χρήστες κάθε **ολοκληρωμένου υπολογιστή – κόμβου (nodes)** του συστήματος την πρόσβαση και την επεξεργασία των αρχείων και των δεδομένων που αποθηκεύονται στους **εξυπηρέτες (servers)** του συστήματος.^[16]

Το **κατανεμημένο σύστημα αρχείων (distributed file system – DFS)** πρόκειται για μία καινοτομία την οποία εισήγαγε η Microsoft στο λειτουργικό σύστημα Windows 2000.^[17]

5. ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΧΕΙΩΝ

Επιπλέον αξίζει να σημειωθεί πως η Τεχνολογία του **κατανεμημένου συστήματος αρχείων (distributed file system – DFS)** επιτρέπει σε πολλαπλούς **εξυπηρέτες (servers)** του συστήματος να αποθηκεύουν διαμοιραζόμενους καταλόγους αρχείων και ο χρήστης να έχει την εντύπωση πως διαχειρίζεται ένα ανεξάρτητο υπολογιστικό σύστημα με ένα ενιαίο και μοναδικό κατάλογο αρχείων.



5. ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΧΕΙΩΝ

5.2 «Διαφανές» σύστημα αρχείων (Transparent file system – TFS)

Μια εφαρμογή συνεισφοράς (**Contributory application**) επιτρέπει στους χρήστες ενός κατανεμημένου συστήματος να «δωρίσουν» τον διαθέσιμο αποθηκευτικό χώρο του **ολοκληρωμένου υπολογιστή – κόμβο (node)** τους σε ένα **κατανεμημένο σύστημα αρχείων (Distributed file system – DFS)**. Η εφαρμογή όμως της παραπάνω πρότασης είναι περιορισμένης έκτασης γιατί αντιμετωπίζει ορισμένα προβλήματα, το σημαντικότερο εκ των οποίων είναι διάθεση μεγάλου ποσοστού του συνολικού αποθηκευτικού χώρου **ενός ολοκληρωμένου υπολογιστή – κόμβο (node)**. Έτσι οι χρήστες των κόμβων είναι επιφυλακτικοί και διστάζουν να επιλέξουν τις εφαρμογές συνεισφοράς.

5. ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΧΕΙΩΝ

Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους:

- Χαμηλότερη απόδοση κόμβου
- Γενική απροθυμία διάθεσης αποθηκευτικού χώρου

Άλλωστε, είναι φυσικό να μειωθεί η απόδοση του ολοκληρωμένου υπολογιστή – κόμβο (node) όταν ο διαθέσιμος αποθηκευτικό χώρος είναι μικρότερος.

Ακόμη, παρατηρείται όπως είναι λογικό γενική απροθυμία διάθεσης αποθηκευτικού χώρου, που οφείλεται στην διάθεση για αξιοποίηση του αποθηκευτικού χώρου μελλοντικά και στην ασφάλεια που παρέχει ο επιπλέον χώρος αυτός.

5. ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΧΕΙΩΝ

Προκειμένου να ξεπεραστεί το εμπόδιο και να επιλυθεί το σημαντικό αυτό πρόβλημα προτείνετε το **«Διαφανές» σύστημα αρχείων (Transparent file system – TFS)**. Ένα **«διαφανές» σύστημα αρχείων (transparent file system – TFS)** συνεισφέρει αποθηκευτικό χώρο για τις οι εργασίες που εκτελούνται στο σύστημα, χωρίς να επηρεάζει την απόδοση της πρόσβασης στα αρχεία του συστήματος. Μάλιστα, ο Cipar James et al (2007) υποστηρίζει πως ένα **«διαφανές» σύστημα αρχείων (transparent file system – TFS)** επιτυγχάνει διπλάσια ταχύτητα στις διαδικασίες αντιγραφής αρχείων. ^[18]

5. ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΧΕΙΩΝ

Συνοψίζοντας, ένα «διαφανές» σύστημα αρχείων (**transparent file system – TFS**) είναι μία εφαρμογή ενός κατακευμαμένου συστήματος, χάρη στην οποία ο κάθε **ολοκληρωμένος υπολογιστής – κόμβος (node)** του συστήματος «συνεισφέρει» από το δικό του ελεύθερο αποθηκευτικό χώρο ώστε να εξυπηρετηθεί το ενιαίο σύστημα αρχείων του συστήματος του συστήματος. Ασφαλώς, από τη μία πλευρά είναι σημαντικό να εξασφαλίζεται ικανοποιητικός αποθηκευτικός χώρος για τις ανάγκες του ενιαίου συστήματος αρχείων, από την άλλη όμως δεν θα πρέπει να διαταράσσεται η ομαλή λειτουργία του κάθε **ολοκληρωμένου υπολογιστή – κόμβο (node)**.^[19]

5. ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΧΕΙΩΝ

5.3 Εικονικό σύστημα αρχείων (Virtual file System – VFS)

Ένα εικονικό σύστημα αρχείων (Virtual file System – VFS) αποτελεί μία δομή που υποστηρίζει την κατανεμημένη πρόσβαση των χρηστών του συστήματος από οποιοδήποτε **ολοκληρωμένο υπολογιστή – κόμβο (node)** σε συγκεκριμένα συστήματα αρχείων με ομοιόμορφο τρόπο. Για αυτό το λόγο, ο χρήστης αντιλαμβάνεται ότι διαχειρίζεται ένα μοναδικό υπολογιστικό σύστημα με ενιαίο σύστημα αρχείων. Το **εικονικό σύστημα αρχείων (Virtual file System – VFS)** εφαρμόστηκε για πρώτη φορά το 1885 από την Sun Microsystems στο SunOS. ^{[3][20]}

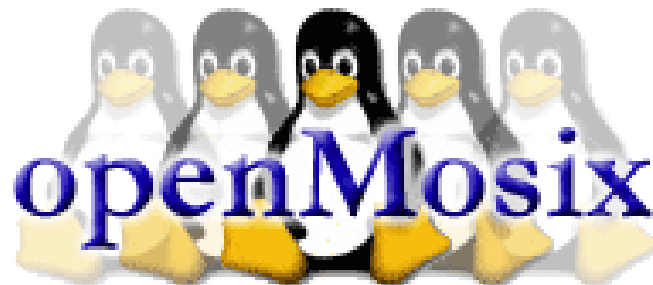
5. ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΧΕΙΩΝ

5.4 Mosix

Το **Mosix** είναι ένα **κατανεμημένο λειτουργικό σύστημα (distributed operating system)**. Το **Mosix** αναπτύχθηκε το 1977 στο Hebrew University of Jerusalem από ομάδα ερευνητών με επικεφαλή τον καθηγητή Amnon Barak. Παρόλο που οι πρώτες εκδόσεις του **Mosix** ήταν βασισμένες στο λειτουργικό σύστημα **Unix**, από το 1999 και μετά οι δημιουργοί του έχουν προσανατολιστεί πλέον προς τα **ομαδοποιημένα σύνολα Linux (Linux clusters)**. Το πιο σημαντικό στοιχείο του **Mosix** είναι ότι οι χρήστες του κατανεμημένου συστήματος στο οποίο εκτελείται μπορούν να συνδεθούν από οποιοδήποτε **ολοκληρωμένο υπολογιστή – κόμβο (node)**.

5. ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΧΕΙΩΝ

Επιπλέον, οι χρήστες του κατακευμαμένου συστήματος στο οποίο εκτελείται του **Mosix** δεν είναι ανάγκη να γνωρίζουν σε ποιον **ολοκληρωμένο υπολογιστή – κόμβο (node)** τρέχουν τα προγράμματα, ούτε το που είναι αποθηκευμένα τα αρχεία. Εξάλλου, οι χρήστες αντιλαμβάνονται το κατακευμαμένο σύστημα σαν ένα ανεξάρτητο υπολογιστικό σύστημα και αυτό οφείλεται στην σχεδίαση του **Mosix**.^[21]



5. ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΧΕΙΩΝ

5.5 Beowulf

Το πρόγραμμα **Beowulf** ξεκίνησε το 1994 υπό την χορηγία του προγράμματος της NASA, High Performance Computing and Communications, HPCC project. Το **Beowulf** είναι μία ευρέως εφαρμοσμένη και εξαιρετικής σημασίας τεχνολογία για τα **ομαδοποιημένα σύνολα (clusters)**. Το πρόγραμμα **Beowulf** αρχικά αναπτύχθηκε έτσι ώστε να υποστηρίζεται από τους **ολοκληρωμένους υπολογιστές – κόμβους (nodes)** του συστήματος ανεξαρτήτως του λειτουργικού συστήματος που εκτελούν. Ωστόσο, η πιο αποδοτική εφαρμογή του **Beowulf** είναι σε υπολογιστικά συστήματα που «τρέχουν» λειτουργικά συστήματα **Linux**.

5. ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΧΕΙΩΝ

Μία ενδεικτική εφαρμογή του **Beowulf** μπορεί να γίνει σε ένα ομαδοποιημένο σύνολο (**cluster**), αποτελούμενο από ολοκληρωμένους υπολογιστές – κόμβους (**nodes**) που εκτελούν λειτουργικό σύστημα **Linux**. Στο κατακευματισμένο σύστημα αυτό σε κάθε σταθμό εργασίας – κόμβο (**node**) υπάρχει ένας δευτερεύον αποθηκευτικός χώρος που προσφέρεται για κατακευματισμένη πρόσβαση και ειδικότερα για κατακευματισμένη διαμοίραση αρχείων, κατακευματισμένη ιδεατή μνήμη ή και για άλλες κατακευματισμένες λειτουργίες. ^[3]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Stallings William (2003) *Οργάνωση & αρχιτεκτονική υπολογιστών*. Εκδόσεις Τζιόλα.
- [2] Rouse Margaret *Multi-core processor* [online] Available from: <http://searchdatacenter.techtarget.com/definition/multi-core-processor>
- [3] Stallings William (2003) *Λειτουργικά συστήματα αρχές σχεδίασης*. Εκδόσεις Τζιόλα.
- [4] Tanenbaum S. Andrew (2003) *Δίκτυα Υπολογιστών*. Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- [5] Μποζάνης Δ. Παναγιώτης (2005) *Αλγόριθμοι*. Εκδόσεις Τζιόλα.
- [6] *TOP500 Introduction and Objectives* [online] Available from: <http://www.top500.org/project/introduction>

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [7] TOP500 List – June 2012 [online] Available from:
<http://www.top500.org/lists/2012/06>
- [8] List of BSD operating systems [online] Available from:
http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_BSD_operating_systems
- [9] [online] Available from: <http://windows.microsoft.com/en-US/windows/home>
- [10] Rikki Endsley Linux-based Supercomputers Land 462 Spots in TOP500 List [online] Available from: <https://www.linux.com/news/featured-blogs/147:high-performance/593203:linux-based-supercomputers-land-462-spots-in-top500-list>
- [11] Noyes Katherine Why Linux Is More Secure Than Windows [online] Available from:
http://www.pcworld.com/businesscenter/article/202452/why_linux_is_more_secure_than_windows.html

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [12] Noyes Katherine *10 Reasons Open Source Is Good for Business* [online]
Available from:
http://www.pcworld.com/businesscenter/article/209891/10_reasons_open_source_is_good_for_business.html
- [13] Vaughan-Nichols J. Steven *The Best & Fastest Computers are Linux Computers* [online] Available from: <http://www.zdnet.com/blog/open-source/the-best-and-fastest-computers-are-linux-computers/9121>
- [14] Vaughan-Nichols J. Steven *Fast, Faster, Fastest: Linux rules supercomputing* [online] Available from: <http://www.zdnet.com/blog/open-source/the-best-and-fastest-computers-are-linux-computers/9121>

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[15] Brodtkin John *Microsoft breaks petaflop barrier, loses Top 500 spot to Linux* [online] Available from:

<http://www.networkworld.com/community/blog/microsoft-breaks-petaflop-barrier-loses-top-5>

[16] Rouse Margaret *distributed file system (DFS)* [online] Available from:

<http://searchcio-midmarket.techtarget.com/definition/distributed-file-system>

[17] [online] Available from:

http://en.wikipedia.org/wiki/Distributed_File_System_%28Microsoft%29

[18] Cipar James et al (2007) *TFS: A Transparent File System for Contributory Storage*. University of Massachusetts Amherst.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[19] [online] Available from: <http://storagemojo.com/2007/03/25/transparent-file-system/>

[20] [online] Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_file_system

[21] [online] Available from: <http://en.wikipedia.org/wiki/MOSIX>

Thank you



