

Νήματα, SMP και Μικροπυρήνες

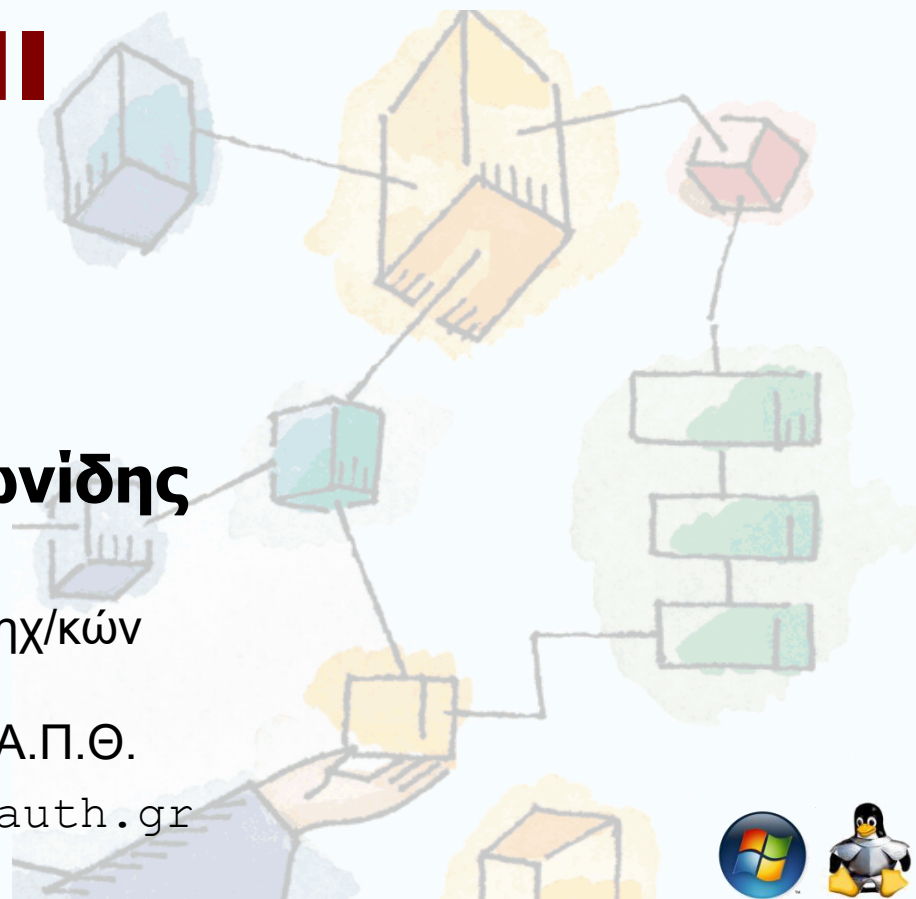
Ανδρέας Λ. Συμεωνίδης

Αν. Καθηγητής

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχ/κών
&

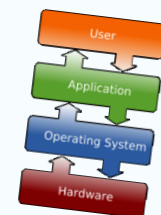
Μηχ/κών Υπολογιστών, Α.Π.Θ.

Email: asymeon@eng.auth.gr



Στόχοι της Δ-4

- Να ορίσει την έννοια του νήματος
- Να παρουσιάσει τις διαφορετικές υλοποιήσεις μονο- και πολύνηματικών συστημάτων
- Να ορίσει τη λειτουργικότητα του νήματος και παρουσιάσει θέματα συγχρονισμού του
- Να διαχωρίσει ανάμεσα σε νήματα επιπέδου-χρήστη και νήματα επιπέδου-πυρήνα
- Να ορίσει την SMP αρχιτεκτονική και να παρουσιάσει τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά της
- Να ορίσει τον μικροπυρήνα
- Να παρουσιάσει τη διαχείριση νημάτων σε Windows, Linux και Solaris



Διεργασίες και Νήματα

- Ιδιοκτησία πόρων (Resource ownership) – η διεργασία περιλαμβάνει ένα χώρο στην ιδεατή μνήμη για να αποθηκεύει την εικόνα της διεργασίας
- Χρονοπρογραμματισμός/ Εκτέλεση (Scheduling/execution) – ακολουθεί ένα μονοπάτι εκτέλεσης που μπορεί να παρεμβληθεί με άλλες διεργασίες
- Τα δυο αυτά χαρακτηριστικά το ΛΣ τα διαχειρίζεται ξεχωριστά



Διεργασίες και Νήματα (συν.)

- Η διεκπεραίωση αναφέρεται ως **νήμα** ή ελαφριά (lightweight) διεργασία
- Οι πόροι της ιδιοκτησίας αναφέρονται ως **διεργασία** ή **εργασία** (task)

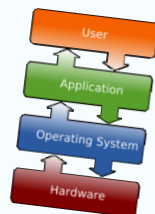
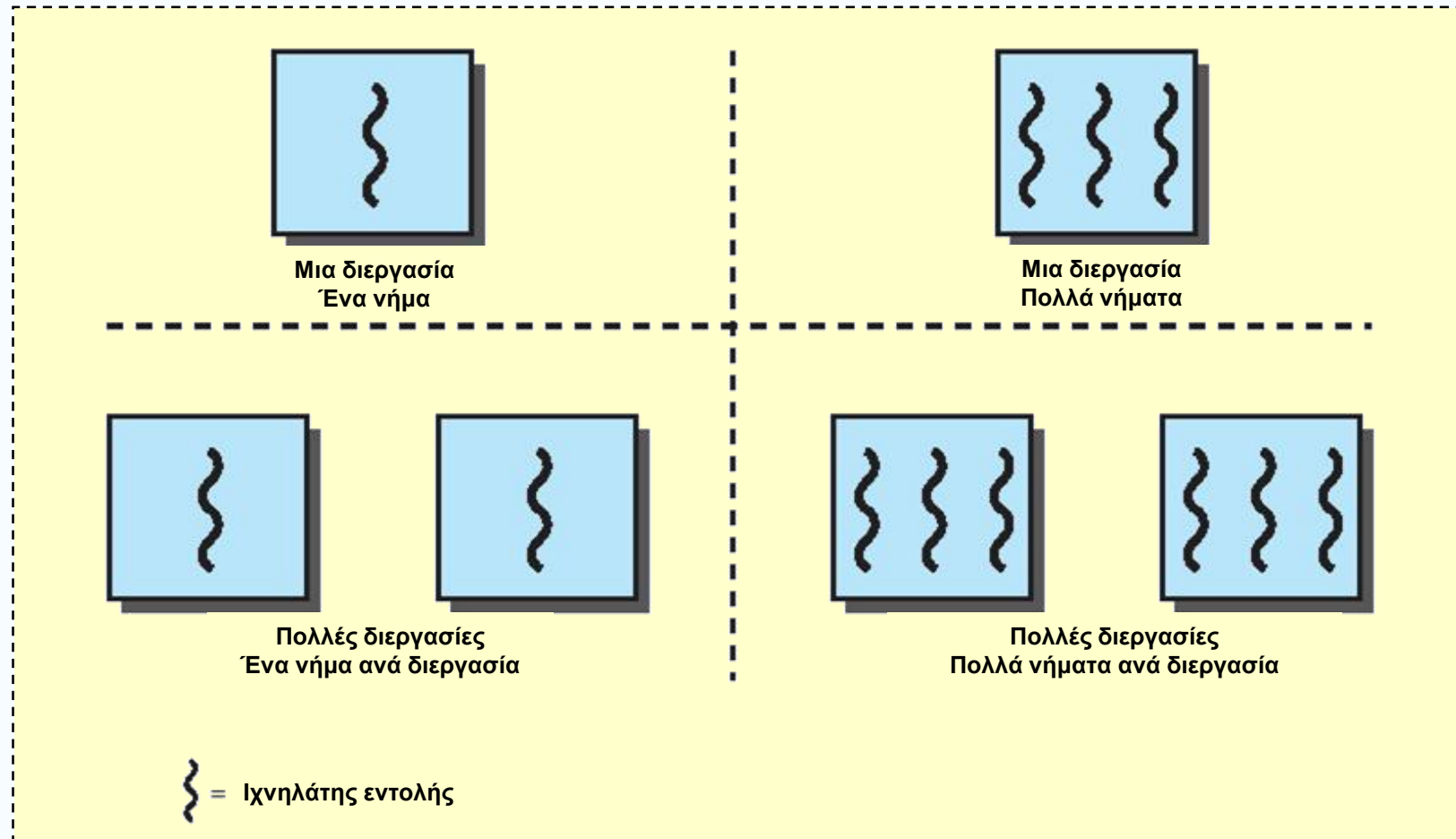


Πολυνημάτωση (Multithreading)

- Το ΛΣ υποστηρίζει πολλαπλά, ταυτόχρονα μονοπάτια εκτέλεσης μέσα σε μια διεργασία
- Το MS-DOS υποστηρίζει μια μοναδική διεργασία χρήστη και ένα νήμα
- Το UNIX υποστηρίζει πολλαπλές διεργασίες χρήστη, αλλά μόνο ένα νήμα ανά διεργασία
- Το περιβάλλον εκτέλεσης της Java (JRE) είναι μια μοναδική διεργασία με πολλαπλά νήματα



Νήματα και Διεργασίες



Διεργασίες

- Ένας χώρος στην ιδεατή μνήμη που κρατά την εικόνα της διεργασίας
- Έχουν προστατευμένη πρόσβαση στους επεξεργαστές, σε άλλες διεργασίες, αρχεία και πόρους Ε/Ε

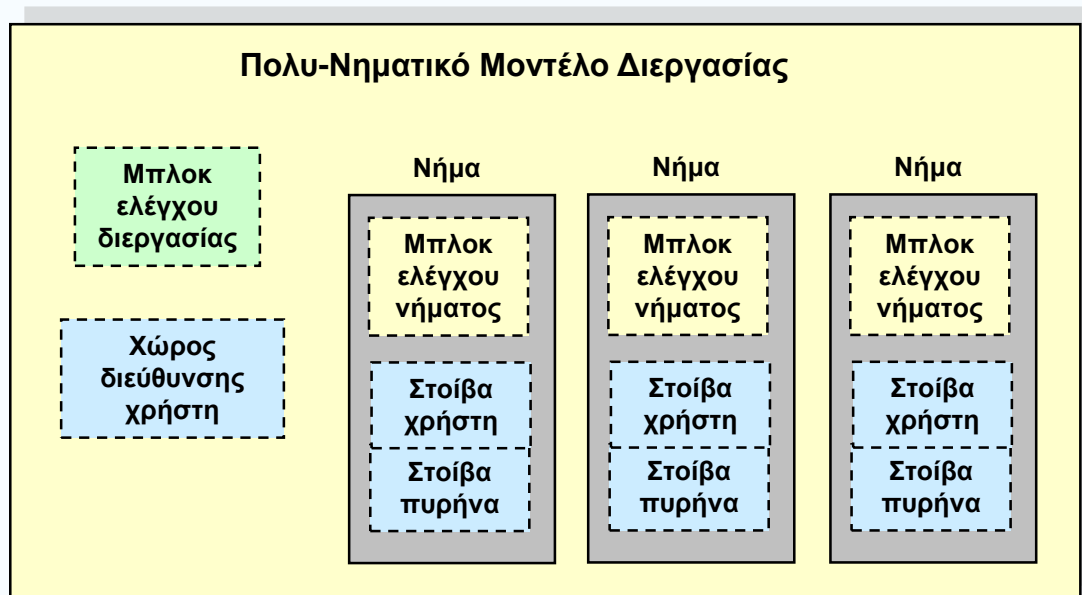


Ένα ή περισσότερα νήματα σε μια διεργασία

- Μια κατάσταση εκτέλεσης (Εκτελούμενη, Έτοιμη, κτλ.)
- Το περιεχόμενο του νήματος αποθηκεύεται όταν δεν εκτελείται
- Μια στοίβα εκτέλεσης
- Περιορισμένος χώρος στατικής αποθήκευσης ανά νήμα για τοπικές μεταβλητές
- Πρόσβαση στη μνήμη και τους πόρους της διεργασίας
 - Όλα τα νήμα μιας διεργασίας τα μοιράζονται



Νήματα



Πλεονεκτήματα των Νημάτων

- Χρειάζεται λιγότερος χρόνος να δημιουργήσεις ένα νήμα παρά μια διεργασία
- Χρειάζεται λιγότερος χρόνος να τερματίσεις ένα νήμα παρά μια διεργασία
- Χρειάζεται λιγότερος χρόνος για να εναλλαγείς ανάμεσα σε νήματα της ίδιας διεργασίας
- Αφού τα νήματα μέσα στην ίδια διεργασία μοιράζονται μνήμη και αρχεία, μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους χωρίς να “ενοχλούν” τον kernel



Χρήσεις των νημάτων σε πολύ-επεξεργαστικά συστήματα ενός χρήστη

- Εργασίες στο προσκήνιο και στο παρασκήνιο
- Ασύγχρονη επεξεργασία
- Ταχύτητα εκτέλεσης
- Αρθρωτή δομή εφαρμογών



Νήματα

- Η αναστολή μιας διεργασίας συνεπάγεται την αναστολή όλων των νημάτων, καθώς αυτά μοιράζονται τον ίδιο χώρο μνήμης
- Τερματισμός μιας διεργασίας, τερματίζει όλα τα νήματα της διεργασίας

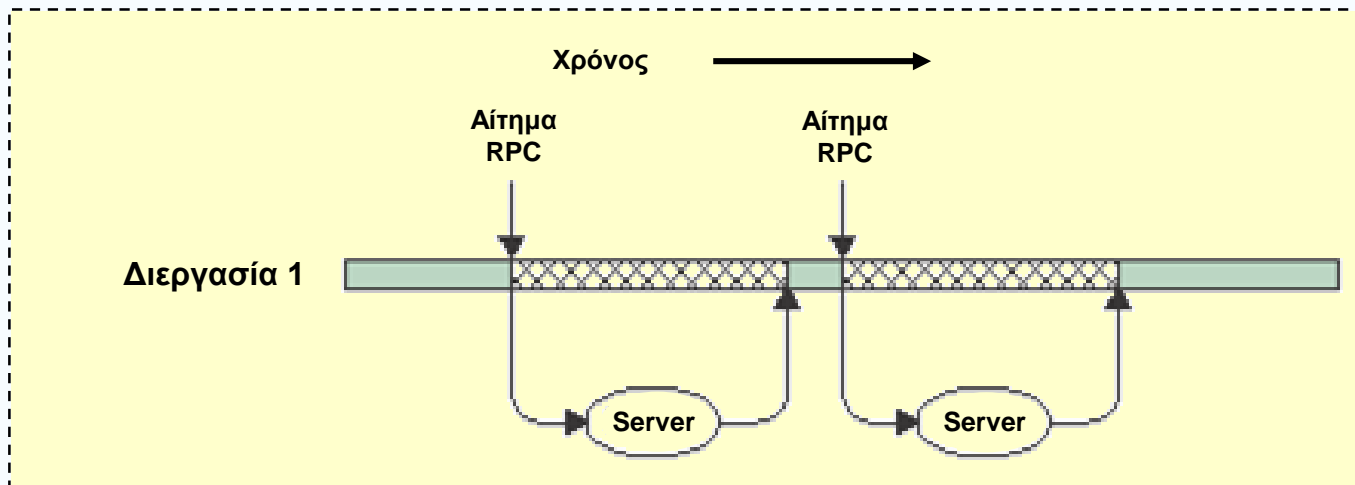


Καταστάσεις Νημάτων

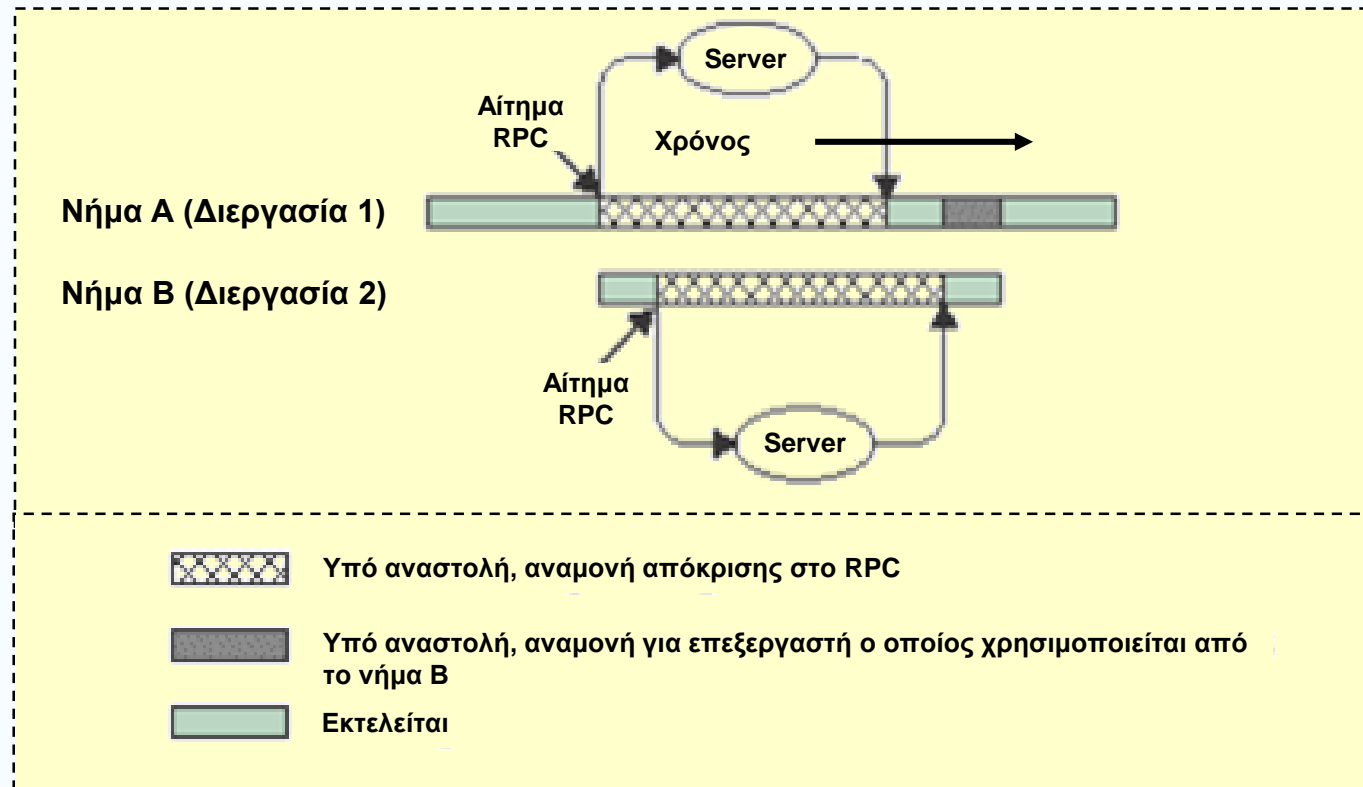
- Καταστάσεις που σχετίζονται με την αλλαγή στην κατάσταση ενός νήματος
 - Παραγωγή (Spawn)
 - ◆ Παραγωγή ενός άλλου νήματος
 - Αναστολή (Block)
 - Μη αναστολή (Απελευθέρωση – Unblock)
 - Τερματισμός (Finish)
 - ◆ Αποδέσμευση των καταχωρητών και των στοιβών



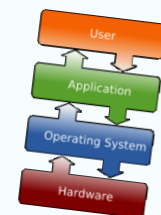
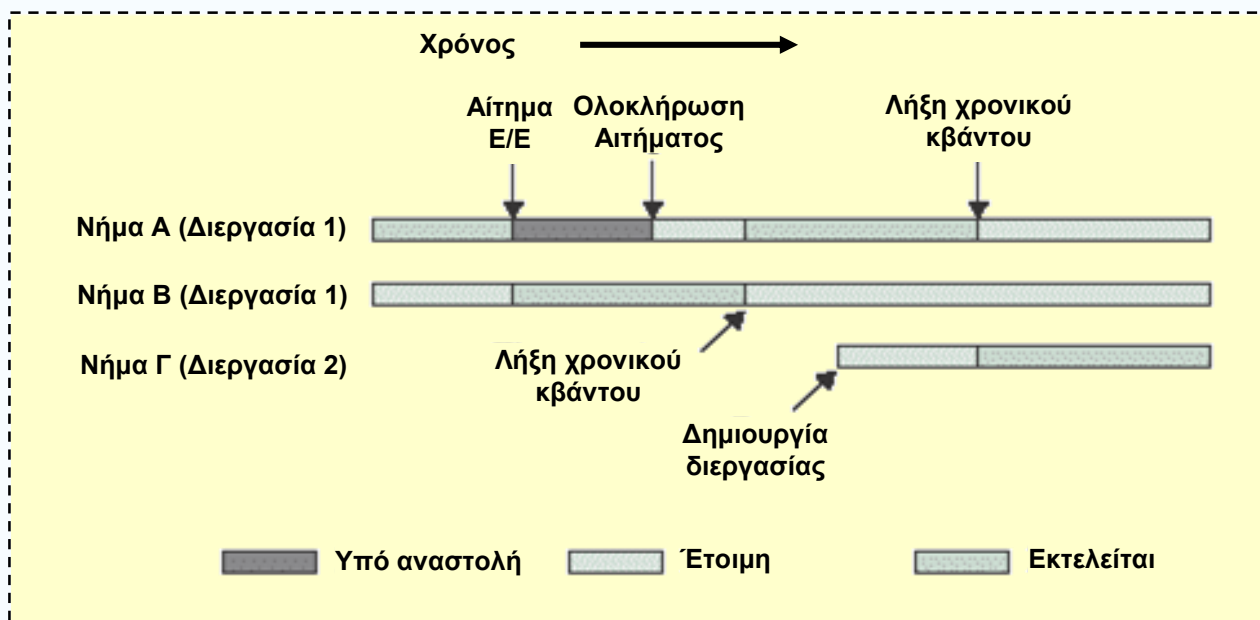
Απομακρυσμένη κλήση διαδικασίας (RPC) με τη χρήση μοναδικού νήματος



RPC με τη χρήση ενός νήματος ανά Εξυπηρετητή

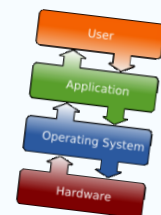
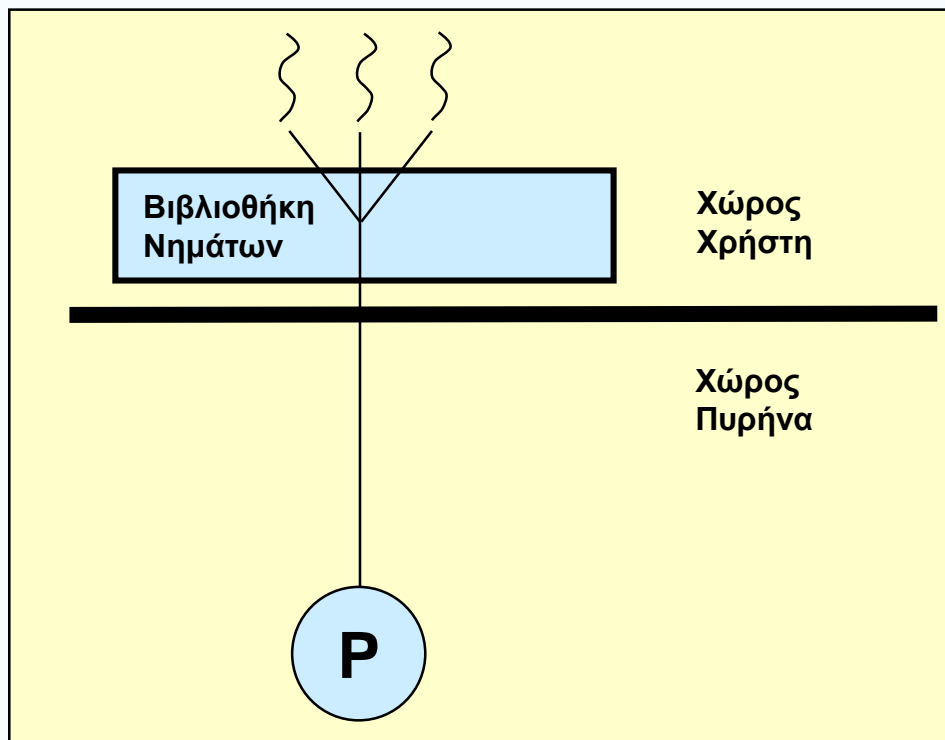


Πολυνηματισμός

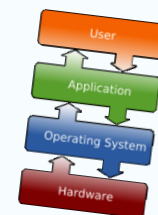
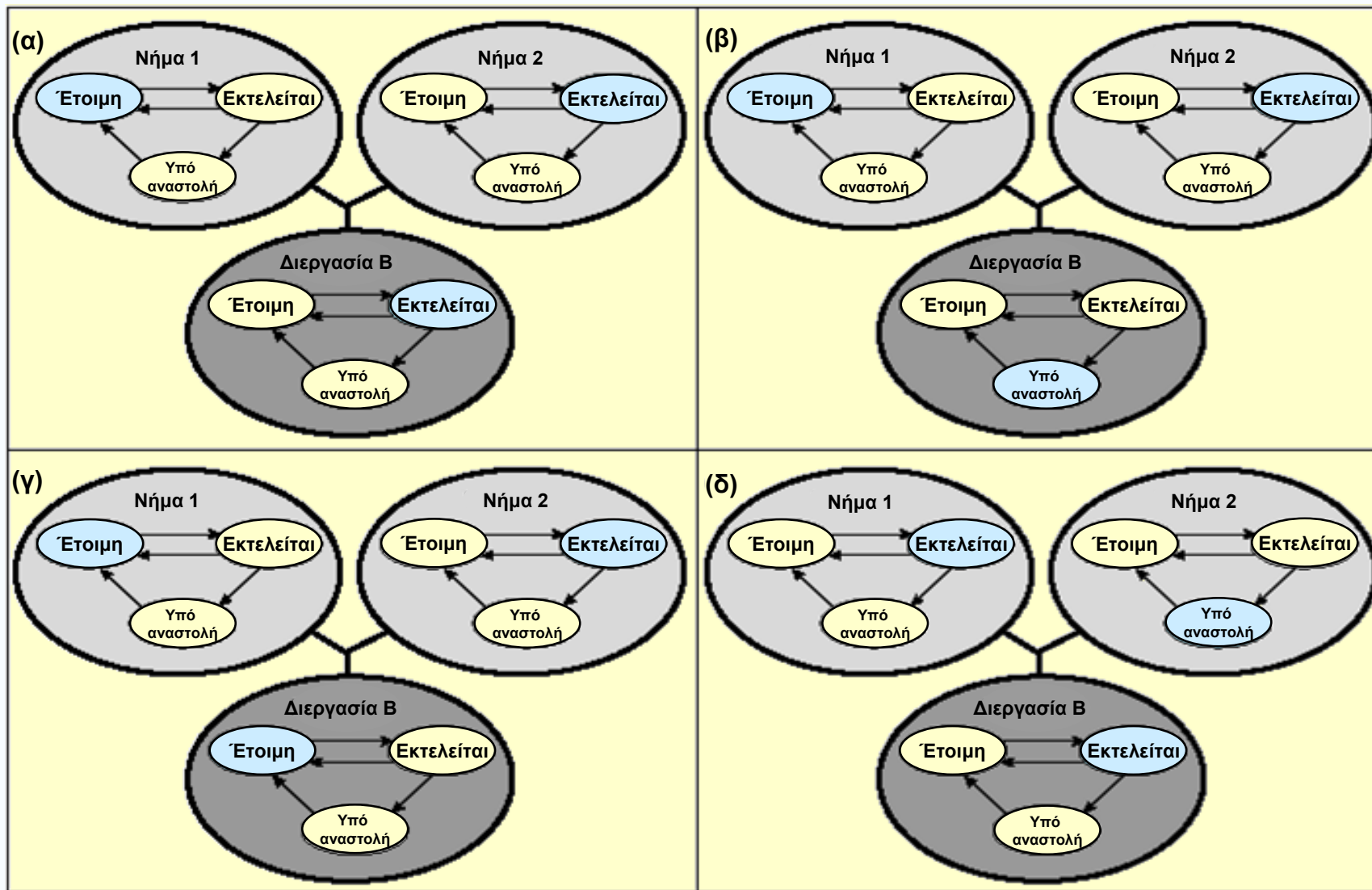


Νήματα σε επίπεδο χρηστών (User-Level Thread`s)

- Η διαχείριση όλων των νημάτων γίνεται από την εφαρμογή
- Ο πυρήνας δεν γνωρίζει την ύπαρξη των νημάτων

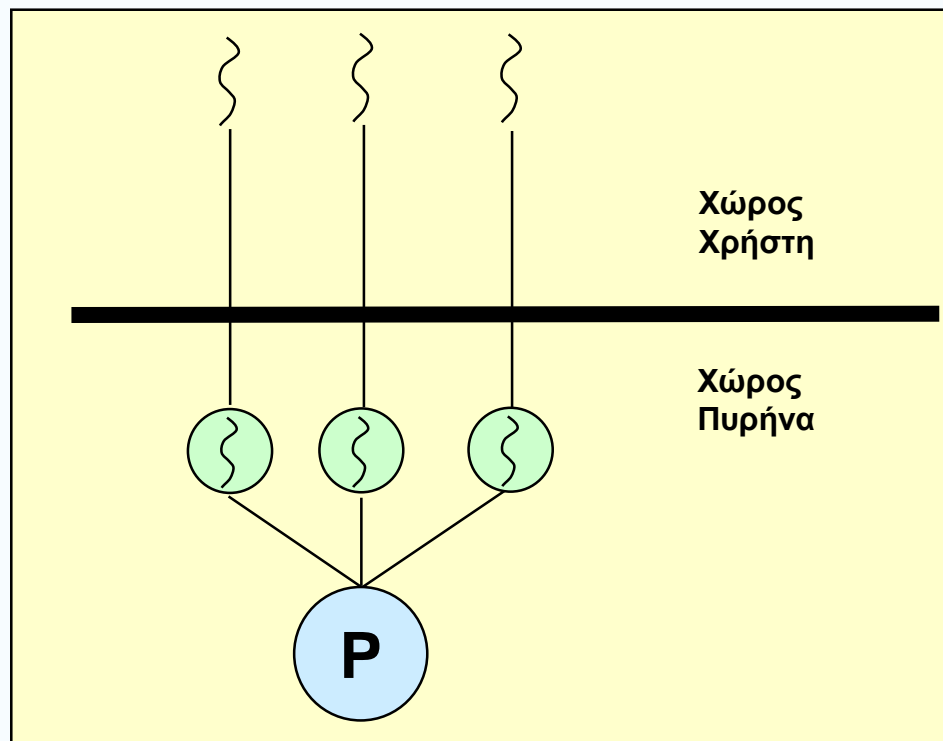


Νήματα σε επίπεδο χρηστών



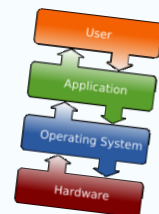
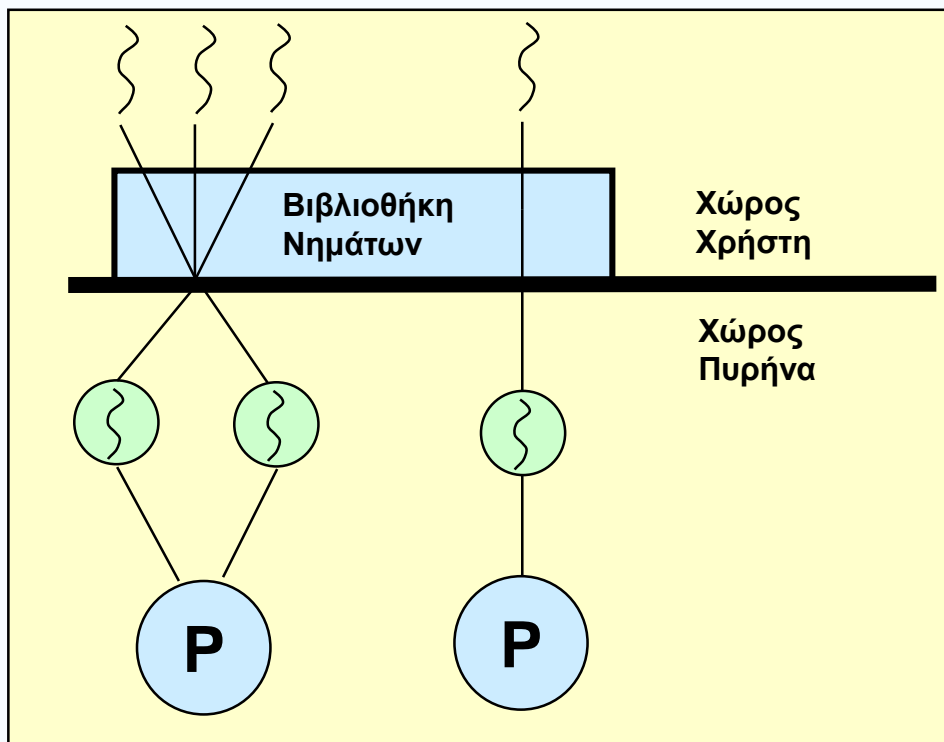
Νήματα σε επίπεδο πυρήνα (Kernel-Level Threads)

- Χαρακτηριστικό παράδειγμα: **Windows**
- Ο πυρήνας διατηρεί την πληροφορία για τις διεργασίες και τα νήματά τους
- Ο χρονοπρογραμματισμός γίνεται με βάση τα νήματα



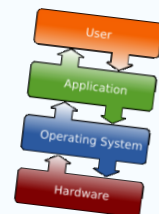
Συνδυασμένες προσεγγίσεις

- Χαρακτηριστικό παράδειγμα: **Solaris**
- Η δημιουργία των νημάτων γίνεται στον χώρο των χρηστών
- Μεγάλος αριθμός εργασιών χρονοπρογραμματισμού και συγχρονισμού νημάτων μέσα σε μια εφαρμογή



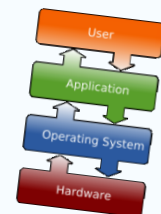
Σχέση ανάμεσα σε νήματα και διεργασίες

Νήματα: Διεργασίες	Περιγραφή	Παράδειγμα Συστήματος
1:1	Κάθε νήμα αποτελεί μια μοναδική διεργασία με τον με το δικό της χώρο διεύθυνσης και τους δικούς της πόρους	Παραδοσιακές UNIX υλοποιήσεις
M:1	Μια διεργασία ορίζει έναν χώρο διεύθυνσης και μια δυναμική κατοχή πόρων. Μπορούν να δημιουργούνται πολλαπλά νήματα και να εκτελούνται μέσα σε αυτή τη διεργασία	Windows, Solaris, Linux, OS/2, OS/390, MacOS
1:M	Ένα νήμα μπορεί να μεταναστεύει από ένα περιβάλλον διεργασίας σε ένα άλλο. Αυτό επιτρέπει στο νήμα να μετακινείται εύκολα μεταξύ διαφορετικών συστημάτων	Ra (Clouds), Emerald
M:N	Συνδέει τα χαρακτηριστικά μεταξύ των περιπτώσεων M:1 και 1:M	TRIX



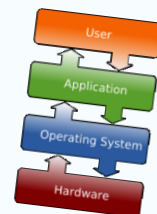
Κατηγορίες Υπολογιστικών συστημάτων

- Κανάλι Μοναδικής Εντολής – Μοναδικών Δεδομένων (Single Instruction Single Data – SISD)
 - Ένας μοναδικός επεξεργαστής εκτελεί μια ροή μοναδικής εντολής για να λειτουργήσει στα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε μια απλή μνήμη.
- Κανάλι Μοναδικής Εντολής – Πολλαπλών Δεδομένων (Single Instruction Multiple Data – SIMD)
 - Κάθε εντολή εκτελείται σε ένα διαφορετικό σετ από δεδομένα από τους διαφορετικούς επεξεργαστές

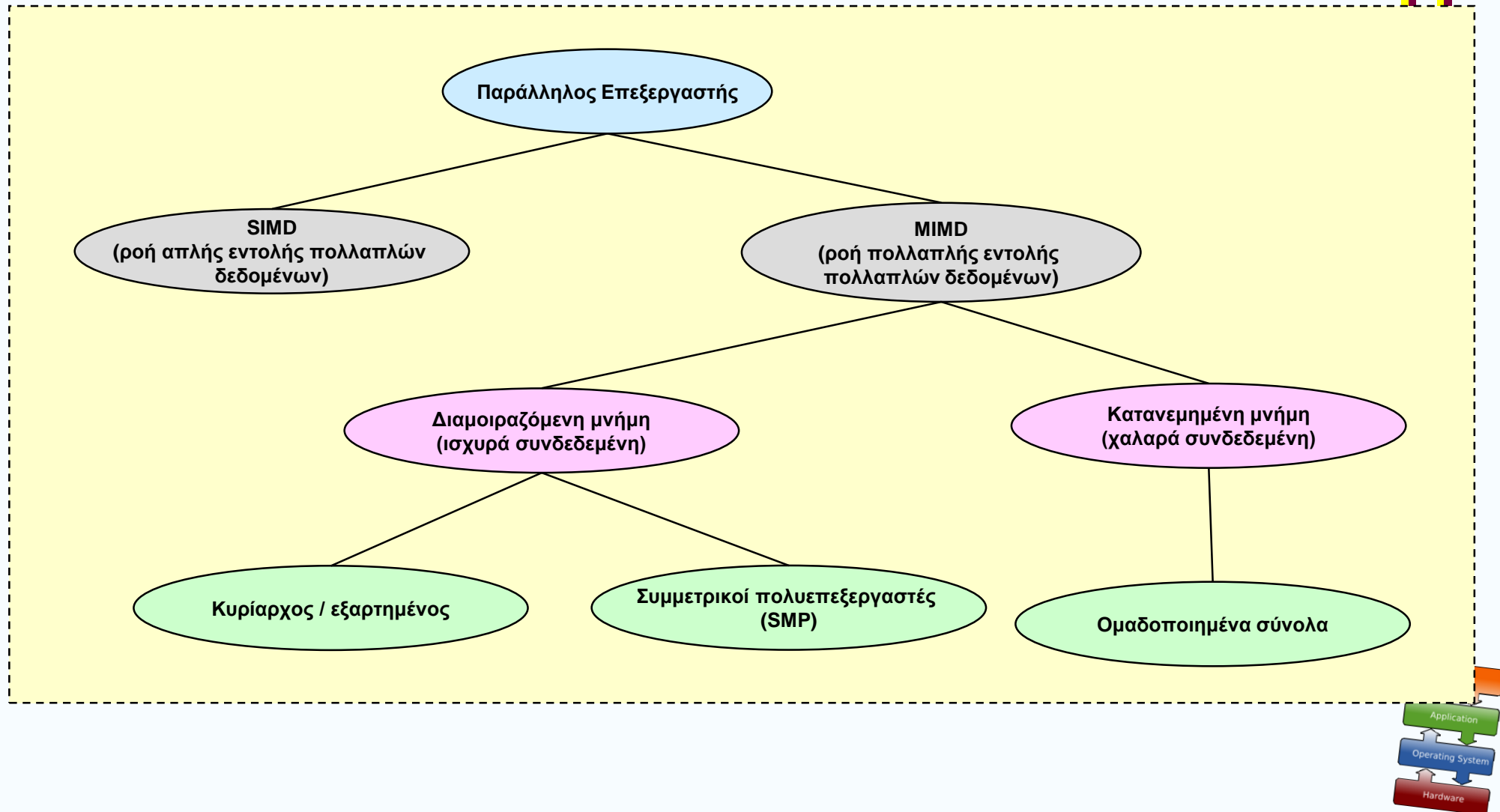


Κατηγορίες Υπολογιστικών συστημάτων (συν.)

- Κανάλι Πολλαπλής Εντολής – Μοναδικών Δεδομένων (Multiple Instruction Single Data – MISD)
 - Μια ακολουθία δεδομένων αναμεταδίδεται σε ένα σετ από επεξεργαστές, κάθε ένας από τους οποίους εκτελεί μια διαφορετική ακολουθία εντολών. Δεν έχει υλοποιηθεί ποτέ.
- Κανάλι Πολλαπλής Εντολής – Πολλαπλών Δεδομένων (Multiple Instruction Multiple Data – MIMD)
 - Ένα σετ από επεξεργαστές εκτελεί ταυτόχρονα ένα σετ από διαφορετικές ακολουθίες εντολών σε διαφορετικά σετ δεδομένων

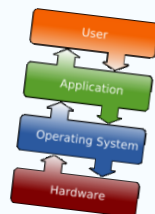


Παράλληλες αρχιτεκτονικές επεξεργαστών

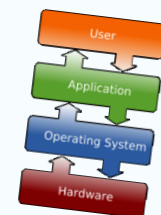
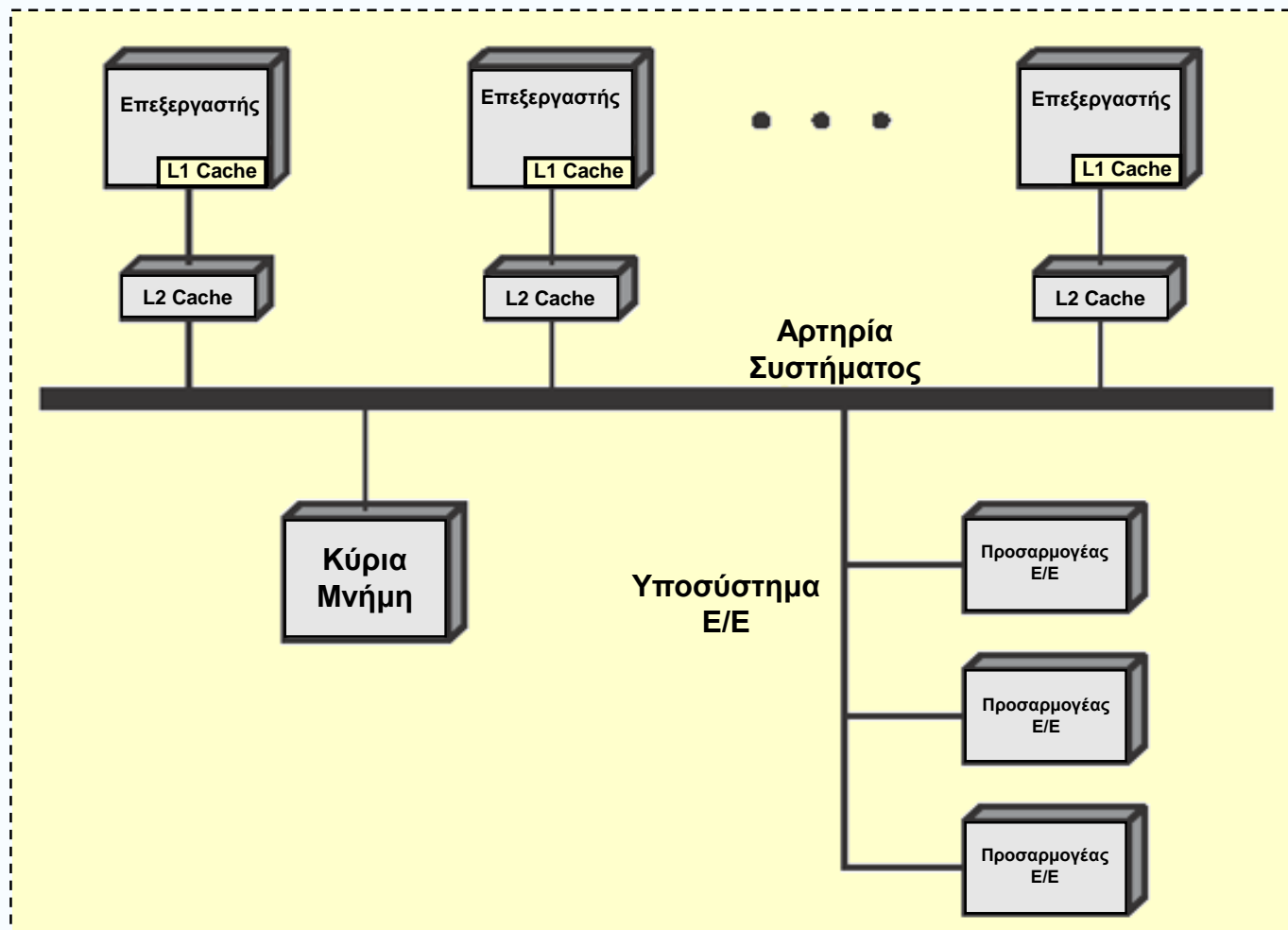


Συμμετρικός πολύ-επεξεργαστής (Symmetric Multiprocessing – SMP)

- Ο πυρήνας μπορεί να εκτελεστεί σε οποιονδήποτε επεξεργαστή
- Συνήθως κάθε επεξεργαστής κάνει ίδιο-χρονοπρογραμματισμό από μια δεξαμενή διαθέσιμων διεργασιών ή νημάτων



Οργάνωση συμμετρικού πολύ-επεξεργαστή

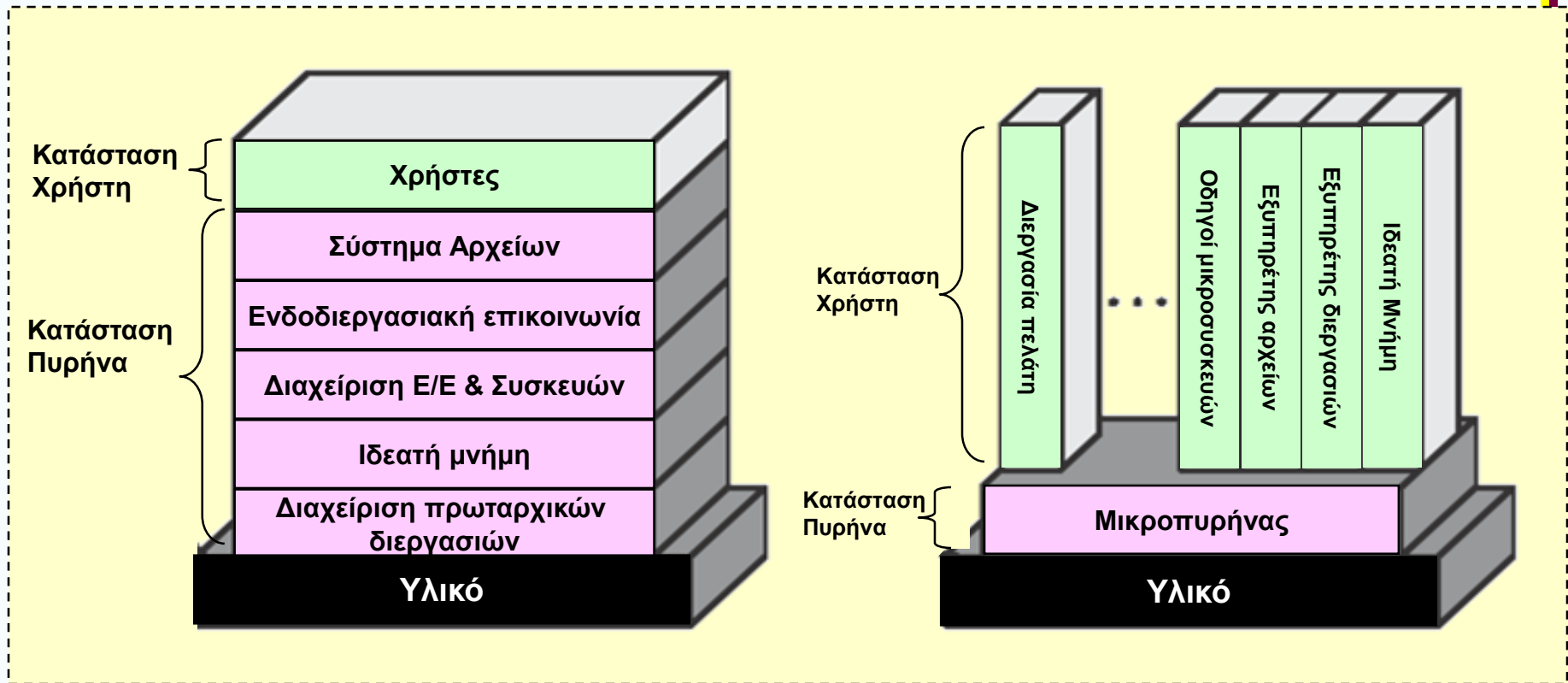


Θέματα σχεδίασης σύγχρονων πολύ-επεξεργαστικών ΛΣ

- Ταυτόχρονες σύγχρονες διεργασίες ή νήματα
- Χρονοπρογραμματισμός
- Συγχρονισμός
- Διαχείριση μνήμης
- Αξιοπιστία και ανοχή σφαλμάτων

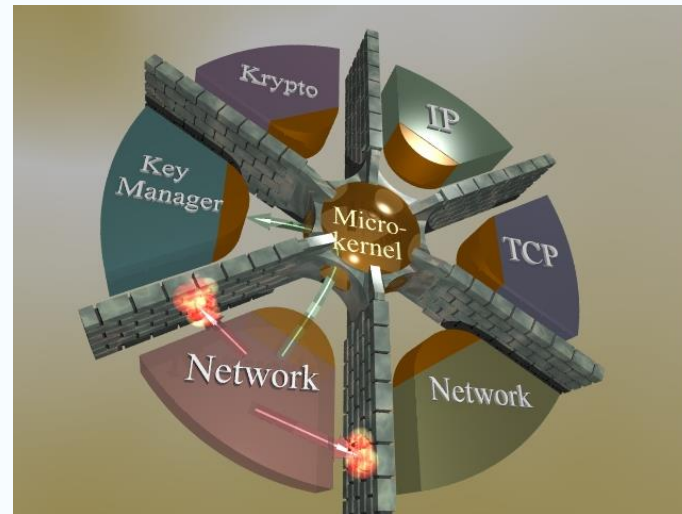


Αρχιτεκτονική πυρήνα



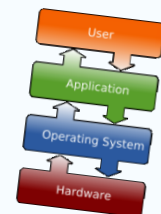
Μικροπυρήνες (Microkernels)

- Μικρός κορμός (core) του ΛΣ
- Περιέχει μόνο τις απαραίτητες λειτουργίες του πυρήνα του ΛΣ



Πλεονεκτήματα της οργάνωσης μικροπυρήνα

- Ομοιόμορφες διεπαφές (Uniform interfaces)
 - Δεν γίνεται διαχωρισμός ανάμεσα σε υπηρεσίες σε επίπεδο χρήστη και επίπεδο πυρήνα
 - Όλες οι υπηρεσίες παρέχονται με τη μορφή ανταλλαγής μηνυμάτων
- Επεκτασιμότητα (Extensibility)
- Ευελιξία (Flexibility)
 - Προστίθενται νέα χαρακτηριστικά
 - Τα υπάρχοντα χαρακτηριστικά μπορούν να αφαιρεθούν



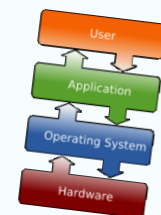
Πλεονεκτήματα της οργάνωσης μικροπυρήνα (συν.)

- Μεταφερσιμότητα (Portability)
 - Η δυνατότητα μεταφοράς του ΛΣ σε έναν νέο επεξεργαστή με λίγες αλλαγές
- Αξιοπιστία (Reliability)
 - Ένας μικροπυρήνας μπορεί να ελεγχθεί αναλυτικά



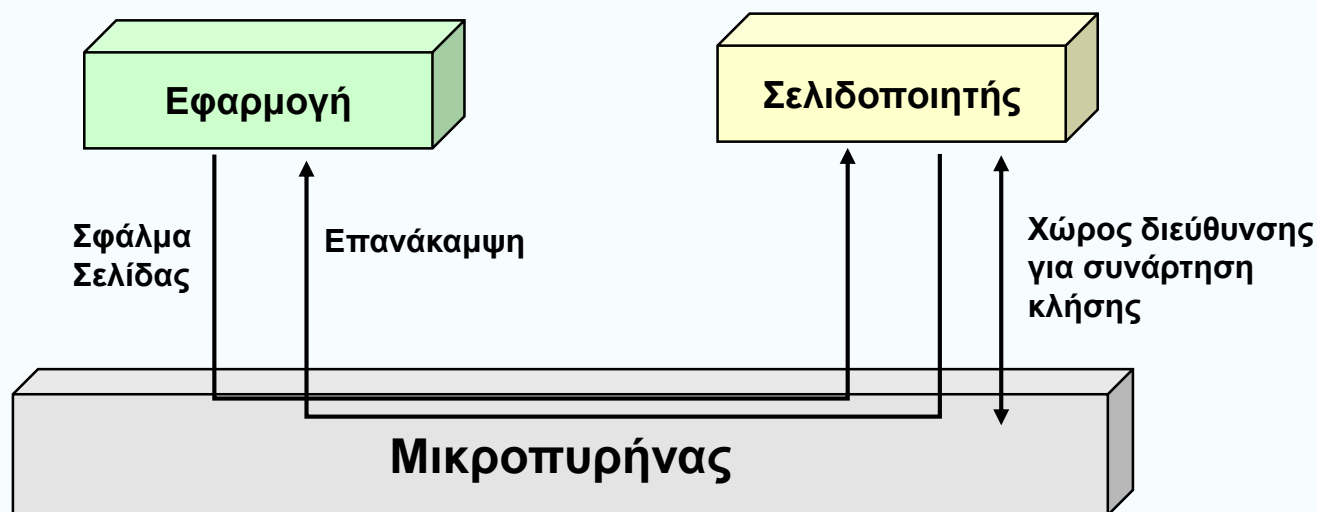
Πλεονεκτήματα της οργάνωσης μικροπυρήνα (συν.)

- Υποστήριξη κατανεμημένων συστημάτων
 - Τα μηνύματα αποστέλλονται χωρίς να είναι γνωστό που βρίσκονται ο αποδέκτης
- Αντικειμενοστρεφή ΛΣ
 - Τα τμήματα είναι αντικείμενα με σαφώς ορισμένες διεπαφές που μπορούν συνδυασμένα να αποτελέσουν ολοκληρωμένο λογισμικό



Σχεδίαση Μικροπυρήνα

- Διαχείριση μνήμης χαμηλού επιπέδου
 - Αντιστοιχεί κάθε σελίδα ιδεατής μνήμης σε ένα πλαίσιο φυσικής σελίδας



- Διαδιεργασιακή επικοινωνία
- Διαχείριση Ε/Ε και διακοπών

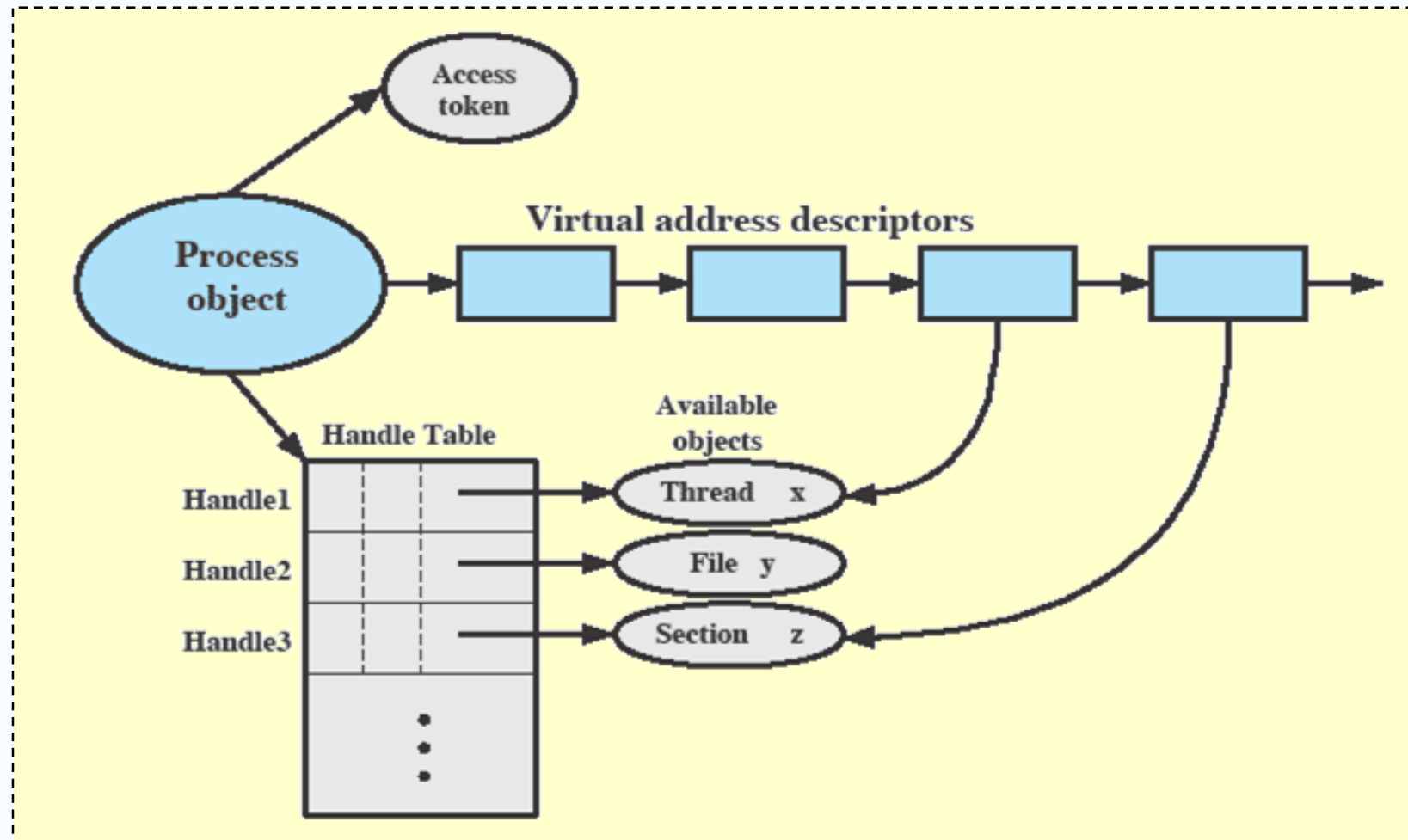


Διεργασίες Windows

- Υλοποιούνται ως αντικείμενα
- Μια εκτελέσιμη διεργασία μπορεί να περιέχει ένα ή παραπάνω νήματα
- Τόσο τα αντικείμενα διεργασιών, όσο και νημάτων έχουν τη δυνατότητα συγχρονισμού



Διεργασίες Windows (συν.)



Αντικείμενο Διεργασίας/Νήματος των Windows

Τύπος
Αντικειμένου

Χαρακτηριστικά
αντικειμένου

Υπηρεσίες

Διεργασία

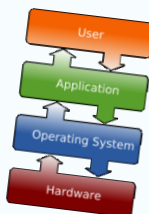
Διεργασία ID
Περιγραφέας ασφάλειας
Προτεραιότητα βάσης
Εξ ορισμού συγγένεια με
τον επεξεργαστή
Όρια αναλογίας
Χρόνος εκτέλεσης
Μετρητές E/E
Μετρητές λειτουργίας
Ιδεατής Μηχανής
Θύρες εκτέλεσης
Κατάσταση εξόδου

Δημιουργία διεργασίας
Άνοιγμα διεργασίας
Πληροφορίες διεργασίας
ερώτησης
Πληροφορίες συνόλου διεργασιών
Τρέχουσα διεργασία
Τερματισμός διεργασίας

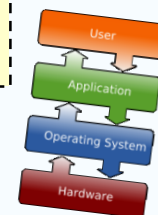
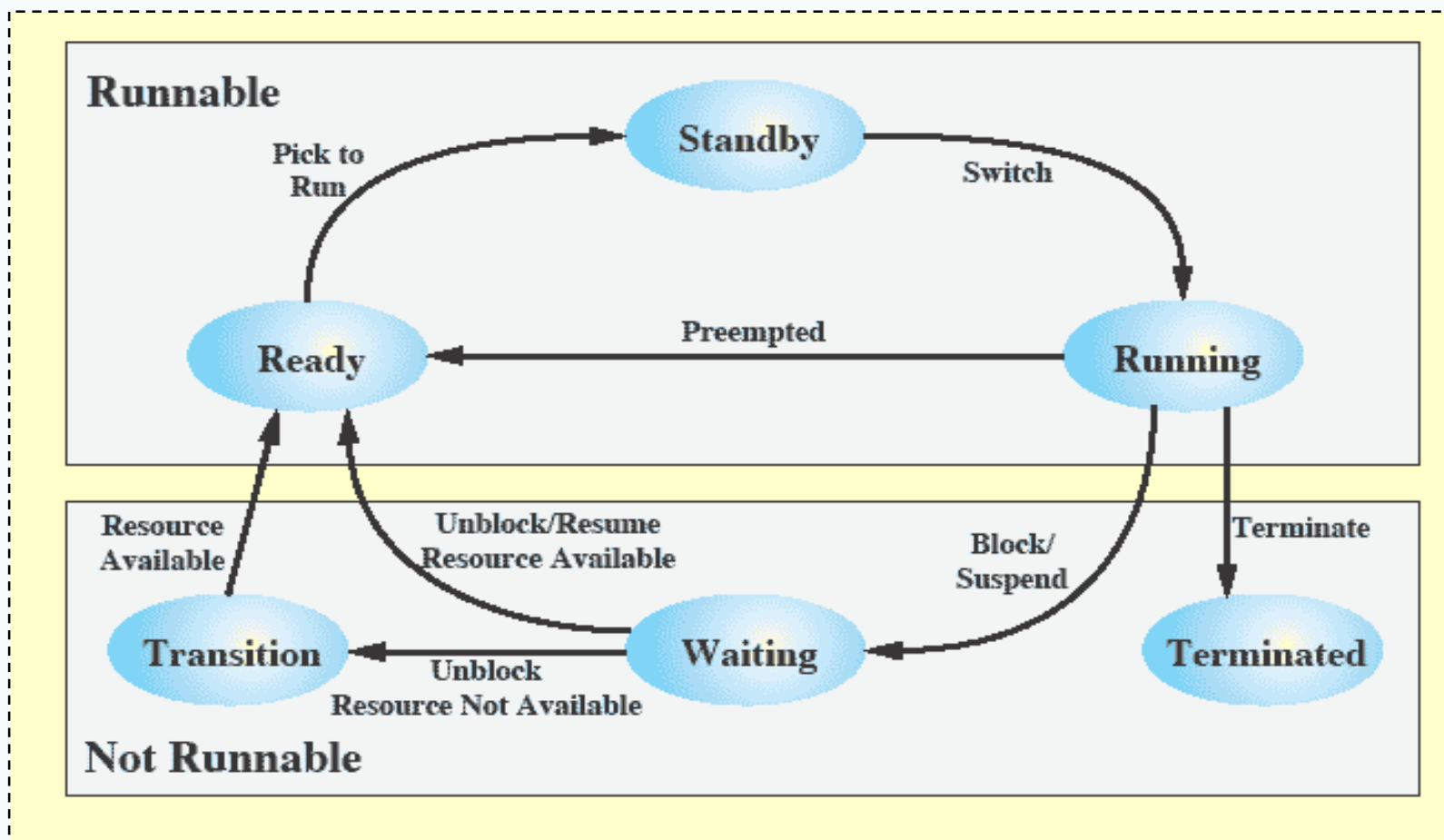
Νήμα

Νήμα ID
Πλαίσιο νήματος
Δυναμική προτεραιότητα
Προτεραιότητα βάσης
Χρόνος εκτέλεσης νήματος
Κατάσταση αγρύπνισης
Μετρητής αναστολής
Ένδειξη απομίμησης
Τερματική θύρα
Κατάσταση εξόδου νήματος

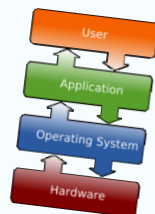
Δημιουργία νήματος
Ανοικτό νήμα
Πληροφορίες νήματος ερώτησης
Πληροφορίες συνόλου νημάτων
Τρέχον νήμα
Τερματισμός νήματος
Αναστολή
Επαναφορά
Νήμα αγρύπνισης
Έλεγχος νήματος αγρύπνισης
Τερματισμός θύρας καταχωρητή



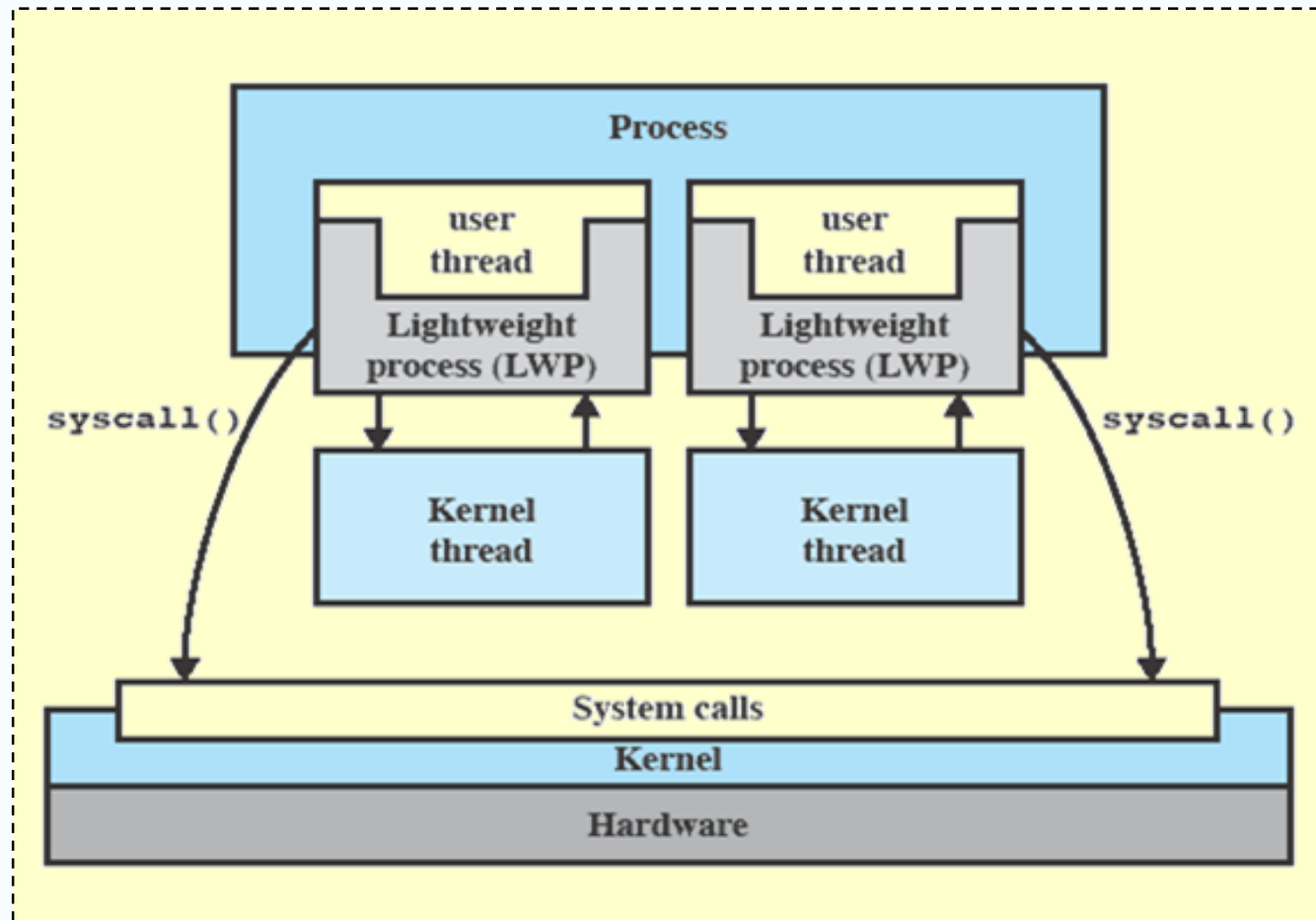
Καταστάσεις νημάτων



- Η διεργασία περιλαμβάνει τον χώρο διευθύνσεων του χρήστη, τη στοίβα και το μπλοκ ελέγχου διεργασιών του
- Νήματα σε επίπεδο χρήστη
- Ελαφριές διεργασίες (Lightweight processes – LWP)
- Νήματα πυρήνα



Διεργασίες και Νήματα στο Solaris



Δομή δεδομένων LWP

- Αναγνωριστικό
- Προτεραιότητα
- Μάσκα σημάτων
- Αποθηκευμένες τιμές των καταχωρητών σε επίπεδο χρήστη

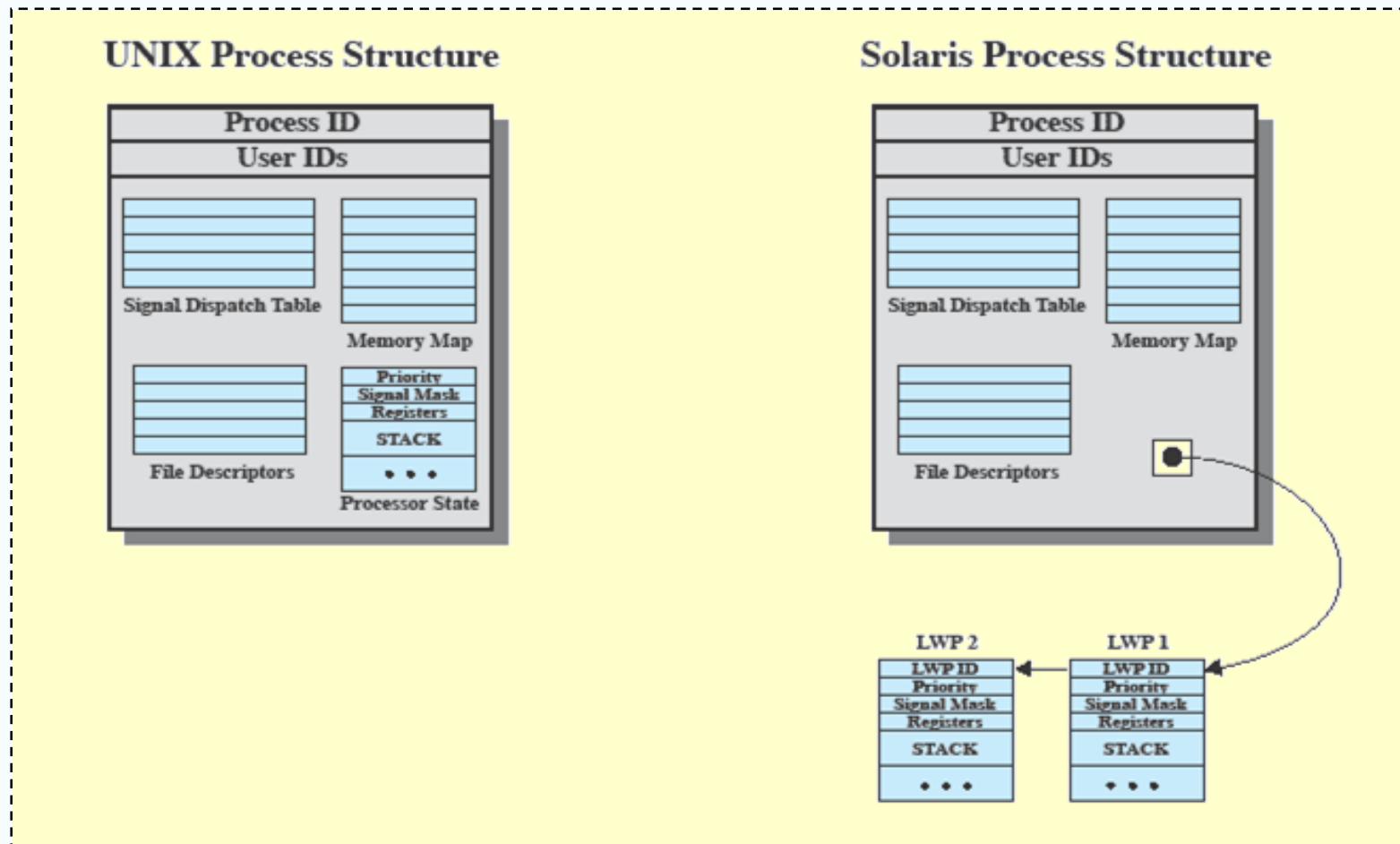


Δομή δεδομένων LWP

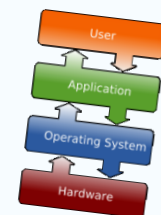
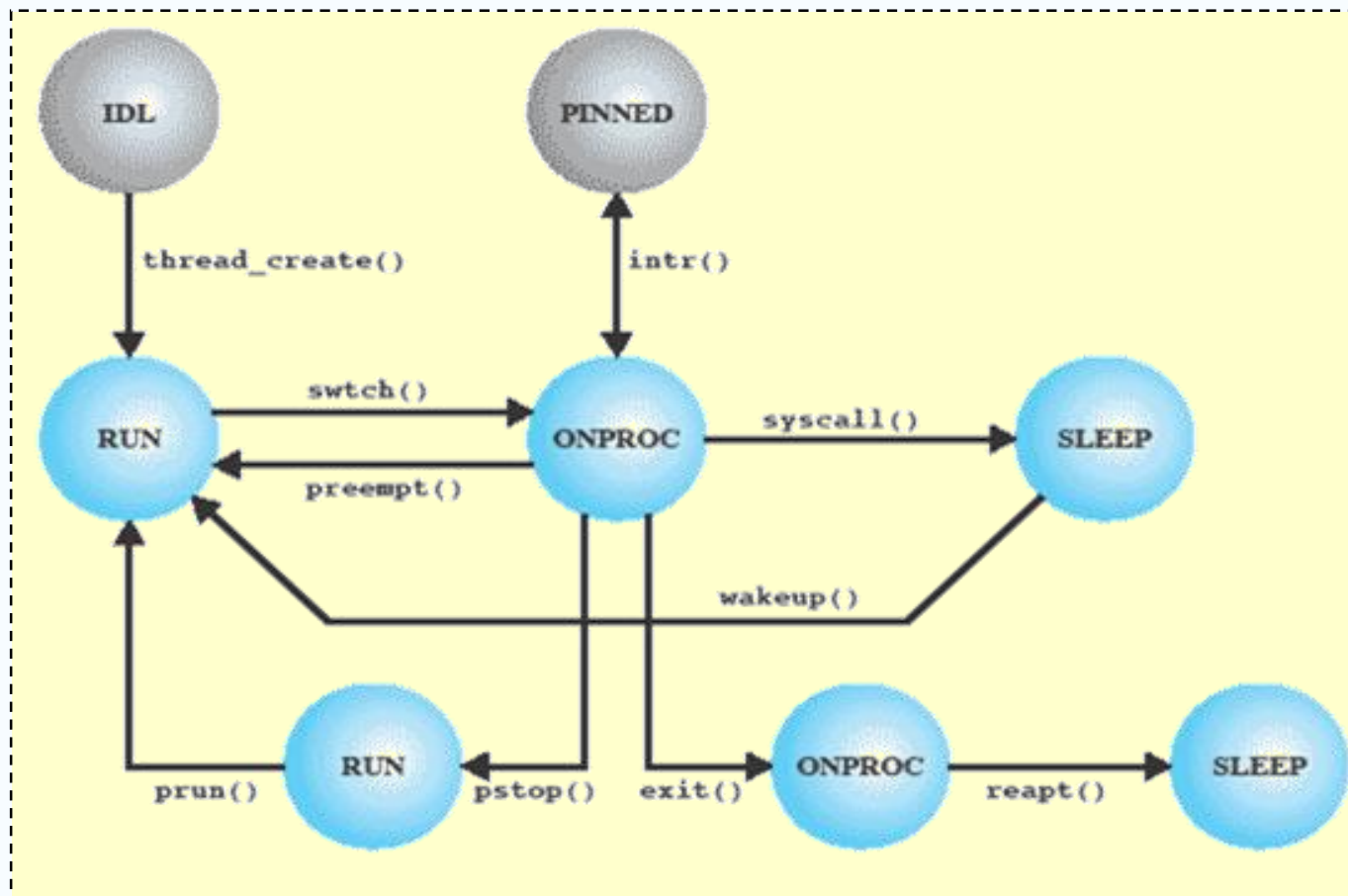
- Στοίβα πυρήνα
- Δεδομένα χρήσης πόρων και profiling
- Δείκτης μνήμης στο αντίστοιχο νήμα πυρήνα
- Δείκτης μνήμης στη δομή της διεργασίας



Δομή διεργασίας

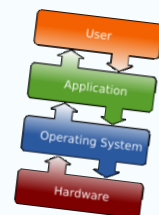


Καταστάσεις νημάτων σε Solaris



Εργασίες Linux

- Κατάσταση
- Πληροφορίες χρονοπρογραμματισμού
- Αναγνωριστικά
- Διαδιεργασιακή επικοινωνία

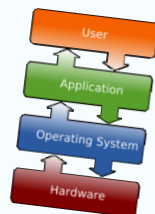
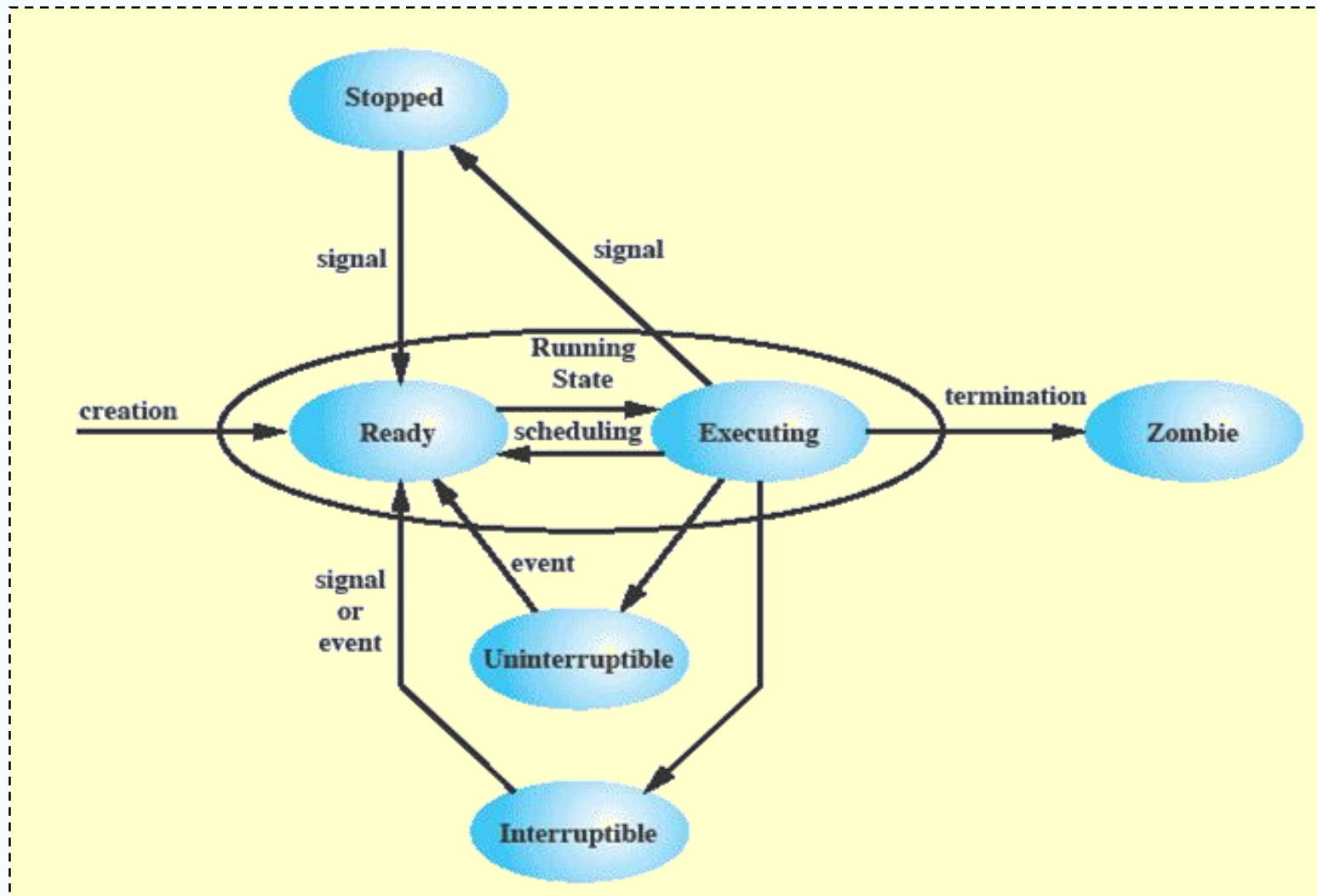


Εργασίες Linux (συν.)

- Σύνδεσμοι (Links)
- Χρόνοι και χρονομετρητές
- Σύστημα αρχείων
- Χώρος διευθύνσεων (Address space)
- Περιεχόμενο σχετικό με τον επεξεργαστή

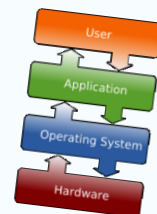


Μοντέλο διεργασιών/νημάτων σε Linux



Βασικά σημεία

- Κάποια λειτουργικά διακρίνουν τις έννοιες της διεργασίας και νήματος
 - Η πρώτη σχετίζεται με την κατοχή πόρων
 - Η δεύτερη με την εκτέλεση του προγράμματος
- Η προσέγγιση αυτή συχνά οδηγεί σε βελτίωση στην απόδοση.
- Υπάρχουν νήματα επιπέδου-χρήστη και νήματα επιπέδου-πυρήνα
 - Τα πρώτα είναι άγνωστα στο ΛΣ και διαχειρίζονται από μια βιβλιοθήκη νήματος
 - Τα δεύτερα διατηρούνται από μια διεργασία στον πυρήνα
- Η SMP αρχιτεκτονική επιτρέπει οποιαδήποτε διεργασία (ή νήμα) να εκτελεστεί από οποιονδήποτε επεξεργαστή
- Οι μικροπυρήνες οδηγούν σε ευέλικτες και υψηλής άρθρωση υλοποιήσεις.



Αναφορές

- “Λειτουργικά Συστήματα – Αρχές Σχεδίασης”, 4η έκδοση, W. Stallings, Εκδόσεις Τζιόλα, 2008.
- “Operating System Concepts”, 7η έκδοση, από Abraham Silberschatz, Peter Galvin και Greg Gagne, Addison-Wesley, 2004.
- “Operating Systems: Design and Implementation”, 3η έκδοση, από Andrew Tanenbaum και Albert Woodhull, Prentice Hall, 2006.
- Διαφάνειες Δ. Κεχαγιάς, “Λειτουργικά Συστήματα”, 2007.

