

ΜΥΥ601 Λειτουργικά Συστήματα

Εαρινό 2024

Μάθημα 1

Εισαγωγή στα Λειτουργικά Συστήματα

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

1

Περίγραμμα

- Εξέλιξη
- Επιτεύγματα
- Χαρακτηριστικά
- Εικονικοποίηση
- Unix
- Windows
- Android

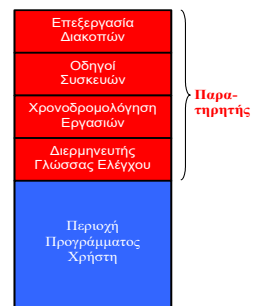
2

Πρώτη Γενιά (1945-55)

- **Σειριακή επεξεργασία**
 - Κονσόλα με διακόπτες και λάμπες
 - Συσκευή εισόδου για κώδικα μηχανής π.χ. αναγνώστης καρτών
 - Συσκευή εξόδου για τα αποτελέσματα π.χ. εκτυπωτής
 - Καθόλου λειτουργικό σύστημα
 - Αρχικά προγραμματισμός απευθείας στο υλικό
 - Αργότερα χρήση μεταγλωττιστή
- **Προβλήματα**
 - Εκ των προτέρων δέσμευση υπολογιστικού χρόνου
 - Δύσχερηστη λειτουργία με κάρτες χαρτιού ή ταινίες
 - Χρονοβόρα εγκατάσταση λογισμικού
 - Πηγαίο πρόγραμμα εφαρμογής
 - Μεταγλωττιστής
 - Φόρτωση και διασύνδεση με βιβλιοθήκες συναρτήσεων

Δεύτερη Γενιά (1955-65)

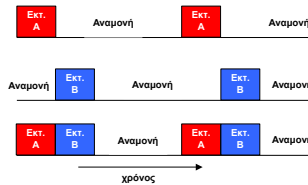
- **Συστήματα δέσμης (Batch Systems)**
 - Πρώτο λειτουργικό σύστημα στα μέσα του '50
 - Από τη General Electric για έναν IBM 701
 - Βελτιωμένη αξιοποίηση πόρων με εκτέλεση δέσμης
 - Εξερίχθηκε από κατασκευαστές υπολογιστών (π.χ. IBM)
- **Λογισμικό παρατηρητή (Monitor)**
 - Μόνιμα στη μνήμη (resident monitor)
 - Διαβάζει εργασίες μία κάθε φορά (job control language)
 - Επανακτά έλεγχο όταν μια εργασία τελειώνει
- **Χαρακτηριστικά υλικού**
 - Προστατεύει τον παρατηρητή από εργασίες των χρηστών
 - Εμποδίζει τη μονοπώληση από μία εργασία με χρονομέτρηση
 - Προνομιακές εντολές εκτελούνται μόνο από τον παρατηρητή
 - Π.χ. λειτουργίες προσπέλασης συσκευών Εισόδου/Εξόδου (Input/Output)
 - Διακοπές περνούν τον έλεγχο από τις εφαρμογές στον παρατηρητή



Τρίτη Γενιά (1965-80)

- Πολυπρογραμματισμός δέσμης (multiprogrammed batch systems)

- Συσκευές Εισόδου/Εξόδου (Ε/Ε) αργές σε σχέση με επεξεργαστή
- Διατηρεί πολλά προγράμματα στη μνήμη
- Αλλάζει εργασίες όταν μία περιμένει για Ε/Ε
- Μεγιστοποιεί τη χρήση επεξεργαστή



- Spooling

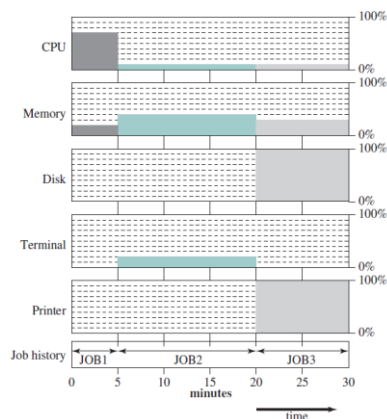
- Simultaneous Peripheral Operation On Line
- Διατηρεί προσωρινά δεδομένα Ε/Ε στο δίσκο

- Υποστήριξη υλικού

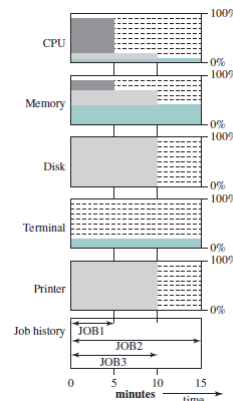
- Διαχείριση μνήμης
 - Το σύστημα διατηρεί ταυτόχρονα πολλές εργασίες στη μνήμη
- Διαχείριση Εισόδου/Εξόδου
 - Άμεση προσπέλαση μνήμης (DMA): Ε/Ε ταυτόχρονη με επεξεργασία
 - Ε/Ε με διακοπές (interrupts): Ένα σήμα διακοπής σταματά την τρέχουσα εκτέλεση του επεξεργαστή όταν ολοκληρώνεται μία λειτουργία Εισόδου/Εξόδου

Παράδειγμα Πολυπρογραμματισμού

Μονοπρογραμματισμός



Πολυπρογραμματισμός



Τρίτη Γενιά (1965-80) (συνέχεια)

- **Χρονομερισμός (time-sharing)**
 - Υποστηρίζει πολλαπλούς χρήστες ταυτόχρονα στον υπολογιστή
 - Διαμερίζει τον υπολογιστικό χρόνο μεταξύ των χρηστών
 - Ελαχιστοποιεί το χρόνο απόκρισης
 - Οι εντολές εισάγονται από το τερματικό
 - Δημοφιλής στη διάρκεια της δεκαετίας του '70
- **Ένα από τα πρώτα ΛΣ χρονομερισμού**
 - Compatible Time-Sharing System (CTSS)
 - Αναπτύχθηκε στο MIT για έναν IBM 709 το 1961
 - Συνολική μνήμη συστήματος 32,000 36-bit λέξεις
 - Ο παρατηρητής χρησιμοποιούσε 5,000 λέξεις
- **Νέα ζητήματα**
 - Ασφάλεια, σύστημα αρχείων, χρονοδρομολόγηση συσκευών



Τέταρτη Γενιά (1980-Σήμερα)

- **Προσωπικοί υπολογιστές**
 - Συστήματα για ένα χρήστη
 - Πρώτα εμφανίστηκαν ως μικρο-υπολογιστές στα μέσα δεκαετίας '70
 - Τα πρώτα ΛΣ αποθηκεύονταν σε ROM για να ελέγχουν συσκευές E/E
 - Αργότερα προσαυξήθηκαν με λογισμικό RAM (π.χ. CP/M, MS DOS)
- **Σταθμοί εργασίας**
 - Πιο ευέλικτο και γρήγορο υλικό από αυτό των προσωπικών Η/Υ
 - Σχεδιάστηκαν να λειτουργούν σε δικτυακό περιβάλλον
 - Απαιτούν πιο πολύπλοκο ΛΣ (π.χ. UNIX)
- **Σήμερα**
 - Καμία διαφορά προσωπικών υπολογιστών και σταθμών εργασίας

Πέμπτη Γενιά (1990-Σήμερα)

- **Κινητοί υπολογιστές**
 - Συσσκευή που συνδυάζει κινητό τηλέφωνο με υπολογιστή
 - Nokia N9000 το πρώτο τηλέφωνο που περιείχε προσωπικό ψηφιακό βοηθό (PDA/personal digital assistant) (1990)
 - Ericsson GS88 η πρώτη συσκευή που ονομάστηκε έξυπνο τηλέφωνο (1997)
- **Λειτουργικά συστήματα**
 - Android (Google, 2008)
 - iOS (Apple, 2007)
 - Blackberry (RIM, 2002-2022)
 - Symbian (Symbian Ltd, 1998)
 - Windows Phone/Mobile/CE (Microsoft, 1996-2017)
 - Tizen (Samsung), HarmonyOS (Huawei)

Τύποι Λειτουργικών Συστημάτων

1. **Mainframe (π.χ. IBM OS/390)**
 - Υπολογιστικές υπηρεσίες δέσμης, συναλλαγών, χρονομερισμού
2. **Διακομιστές (π.χ. Unix, Linux, Windows)**
 - Εξυπηρετούν πολλαπλούς χρήστες στο δίκτυο
3. **Πολυεπεξεργαστές (π.χ. Solaris)**
 - Διαχείριση πολλαπλών επεξεργαστών στο ίδιο σύστημα
4. **Προσωπικοί υπολογιστές (π.χ. Windows, macOS, Linux, Minix, L4/Fiasco)**
 - Εξυπηρετούν κυρίως έναν χρήστη (π.χ. επεξεργασία κειμένου)
5. **Τηλέφωνα, αυτοκίνητα (π.χ. Android, iOS, Automotive Grade Linux)**
 - Τηλεφωνία, πολυμέσα, εφαρμογές, ασύρματα δίκτυα
6. **Πραγματικού χρόνου (π.χ., QNX/Blackberry)**
 - Προθεσμίες στην επεξεργασία δεδομένων (π.χ., βιομηχανία)
7. **Ενσωματωμένα συστήματα και δίκτυα αισθητήρων (π.χ., TinyOS)**
 - Περιορισμοί στο μέγεθος, μνήμη, ενέργεια (π.χ. οικιακές συσκευές)

Μεγάλα Επιτεύγματα

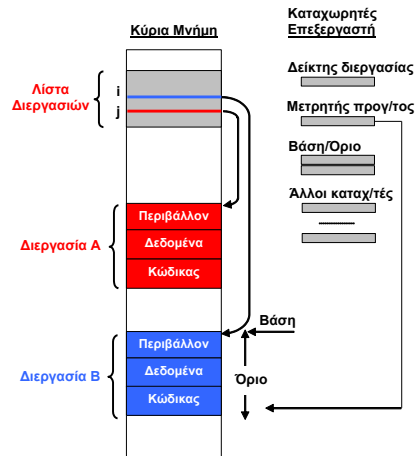
- **Λειτουργικά συστήματα**
 - Το πιο πολύπλοκο είδος λογισμικού
 - MIT/Bell Labs Multics το 1975 είχε 20 εκατομμύρια γραμμές κώδικα
 - Microsoft Windows 50 εκ.,
 - Debian Linux (2009) 324 εκ.
 - Linux kernel (2020) 27.8 εκ.
- **Επιτεύγματα που λύνουν δύσκολα πρακτικά προβλήματα**
 - Διεργασία
 - Διαχείριση μνήμης
 - Προστασία και ασφάλεια πληροφορίας
 - Χρονοδρομολόγηση και διαχείριση πόρων
 - Δομή συστήματος

Κίνητρα

- **Πρώτα πολυπρογραμματιστικά και πολυχρηστικά συστήματα**
 - Η αλλαγή της εκτελούμενης εργασίας γινόταν με διακοπές
 - Ο επεξεργαστής αποθηκεύει το τρέχον περιβάλλον εκτέλεσης πριν τρέξει τον χειριστή διακοπής
 - Η ανάπτυξη λογισμικού συστήματος ήταν τρομερά πολύπλοκη
 - Τα σφάλματα δύσκολο να ανιχνευθούν και να διορθωθούν (π.χ., απαιτείται διαίσθηση και εμπειρία από τον προγραμματιστή)
- **Κύριες αιτίες σφαλμάτων**
 - Ακατάλληλος συγχρονισμός π.χ. αναξιόπιστα σήματα διακοπής E/E
 - Εσφαλμένη αποκλειστική προσπέλαση π.χ. όταν πολλά προγράμματα χρησιμοποιούν ταυτόχρονα τον ίδιο πόρο
 - Ακαθόριστη λειτουργία προγράμματος π.χ. σε κοινόχρηστη μνήμη
 - Αδιέξοδα π.χ. πολλαπλά προγράμματα περιμένουν το ένα το άλλο

Διεργασία

- **Ορισμός**
 - Ένα πρόγραμμα σε εκτέλεση
- **Μέρη**
 - Εκτελέσιμος κώδικας προγρ/τος
 - Δεδομένα (π.χ. μεταβλητές)
 - Περιβάλλον εκτέλεσης (π.χ. μετρητής προγράμματος, άλλοι καταχωρητές, προτεραιότητα)



Εαρινό 2024

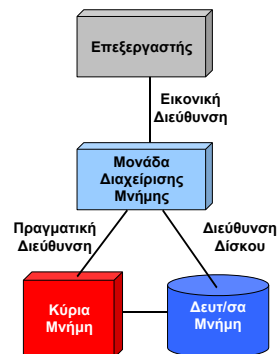
©Σ. Β. Αναστασιάδης

13

13

Διαχείριση Μνήμης

- **Ανάγκες**
 - Απομόνωση διεργασιών
 - Αυτόματη καταχώρηση μνήμης
 - Έλεγχος από κοινού πρόσβασης
 - Μόνιμη αποθήκευση
- **Εικονική μνήμη**
 - Λογική διευθυνσιοδότηση μνήμης
 - Όλα τα δεδομένα διατηρούνται στο δίσκο
 - Μεταφέρονται στη μνήμη όταν χρειάζεται
- **Σύστημα αρχείων**
 - Αποθήκευση δεδομένων με όνομα αρχείου
 - Προστασία και έλεγχος πρόσβασης



Εαρινό 2024

©Σ. Β. Αναστασιάδης

14

14

Προστασία και Ασφάλεια Πληροφορίας

- **Προστασία: διαχείριση χαμηλού επιπέδου**
 - Μηχανισμός ελέγχου πρόσβασης στους πόρους του συστήματος
- **Ασφάλεια: διαχείριση υψηλού επιπέδου**
 - Μέτρο διατήρησης της εμπιστευτικότητας, ακεραιότητας, διαθεσιμότητας και αυθεντικότητας συστήματος και δεδομένων
- **Έλεγχος πρόσβασης**
 - Πρόσβαση του χρήστη στο σύστημα και τα δεδομένα
 - Γενικότερη πρόσβαση των διεργασιών σε πόρους και αντικείμενα
- **Έλεγχος ροής πληροφορίας**
 - Ροή δεδομένων στο σύστημα
 - Μεταφορά δεδομένων στους χρήστες
- **Πιστοποίηση**
 - Εφαρμογή πολιτικών προστασίας και ασφάλειας

Εαρινό 2024

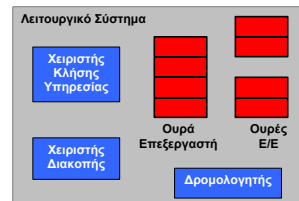
©Σ. Β. Αναστασιάδης

15

15

Χρονοδρομολόγηση και Διαχείριση Πόρων

- **Δικαιοσύνη**
 - Δίκαιη πρόσβαση σε πόρους από εργασίες ίδιας κατηγορίας
- **Διαφοροποίηση απόκρισης**
 - Διάκριση μεταξύ εργασιών διαφορετικών κατηγοριών
 - Π.χ. αλλαγή εργασίας όταν μία περιμένει για Είσοδο/Εξόδο, ή προτεραιότητα σε απαιτητικές εργασίες όπως Video Playback, VoIP
- **Αποδοτικότητα**
 - Μεγιστοποίηση ρυθμού εκτέλεσης
 - Ελαχιστοποίηση χρόνου απόκρισης
 - Υποστήριξη μέγιστου πλήθους χρηστών



Εαρινό 2024

©Σ. Β. Αναστασιάδης

16

16

Δομή Συστήματος

- **Μοντέρνα λειτουργικά συστήματα**
 - Πολλαπλοί επεξεργαστές, δίκτυο υψηλής ταχύτητας
 - Συσκευές μνήμης και αποθήκευσης διαφόρων τύπων/ταχυτήτων
 - Εφαρμογές πολυμέσων, Διαδίκτυο, Ιστός, πελάτης/διακομιστής
 - Απειλές ασφάλειας
- **Διαχείριση πολυπλοκότητας**
 - Αρθρωτός προγραμματισμός λογισμικού
 - Δημιουργεί καλώς ορισμένες διεπαφές
 - Ιεραρχική δομή
 - Διαχωρίζει τις λειτουργίες σε πολλαπλά επίπεδα
 - Κάθε επίπεδο εκτελεί περιορισμένο υποσύνολο λειτουργιών
 - Κάθε επίπεδο χρησιμοποιεί το παρακάτω για βασικές λειτουργίες
 - Αφαίρεση πληροφορίας
 - Τροποποιήσεις σε ένα επίπεδο δεν απαιτούν αλλαγές σε άλλα επίπεδα

Σύγχρονα Χαρακτηριστικά

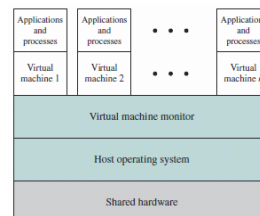
- **Αρχιτεκτονική μικροπυρήνα**
 - Αναθέτει μόνο λίγες βασικές λειτουργίες στον πυρήνα
 - Χώροι διευθύνσεων, επικοινωνία διεργασιών, βασική χρονοδρομολόγηση
 - Προσφέρει άλλες υπηρεσίες ως διεργασίες σε επίπεδο χρήστη
 - Αντικαθιστά τη μονολιθική αρχιτεκτονική
 - Η οποία υλοποιεί τις περισσότερες λειτουργίες ως μία διεργασία
- **Πολυνηματισμός**
 - Νήμα
 - Διεκπεραιώσιμη μονάδα εκτέλεσης κώδικα (καταχωρητές & στοίβα)
 - Εκτελεί κώδικα ακολουθιακά και μπορεί να διακοπεί
 - Πολλαπλά νήματα προσθέτουν ευελιξία στον προγρ/σμό και χρονισμό
 - Αποφεύγουν επιβαρύνσεις από τη συχνή εναλλαγή διεργασιών
 - Διεργασία
 - Συλλογή ενός ή πολλών νημάτων και πόρων συστήματος (π.χ. μνήμη)

Σύγχρονα Χαρακτηριστικά (συνέχεια)

- **Συμμετρικός πολυεπεξεργαστής**
 - **Αυτόνομο υπολογιστικό σύστημα**
 - Πολλαπλοί επεξεργαστές χρησιμοποιούν από κοινού μνήμη και E/E
 - Όλοι οι επεξεργαστές εκτελούν τις ίδιες λειτουργίες
 - **Προτερήματα**
 - Βελτιωμένη απόδοση από πολλαπλές παράλληλες διεργασίες
 - Διαθεσιμότητα άλλων επεξεργαστών όταν ένας αποτυγχάνει
 - Κλιμάκωση με την προσθήκη επιπλέον επεξεργαστών
- **Κατανεμημένα λειτουργικά συστήματα**
 - Εκτελούνται σε συστάδα (cluster) από ανεξάρτητους υπολογιστές
 - Παρέχουν διεπαφή ενοποιημένου συστήματος
- **Αντικειμενοστρεφής σχεδιασμός**
 - Αρθρωτή και προσαρμόσιμη δομή συστήματος

Εικονικοποίηση

- **Στόχος**
 - Ταυτόχρονη εκτέλεση πολλαπλών λειτουργικών συστημάτων στην ίδια μηχανή
 - Κάθε λειτουργικό σύστημα εκτελεί τις δικές του εφαρμογές
- **Πώς λειτουργεί**
 - **Εικονική Μηχανή (VM)**
 - Εξομοιωμένη συλλογή συσκευών υλικού
 - Εκτελεί λειτουργικό σύστημα και εφαρμογές
 - **Παρατηρητής Εικονικής Μηχανής (VMM)**
 - Τρέχει στο λειτουργικό σύστημα οικοδεσπότη
 - Προσφέρει προγραμματίσιμο περιβάλλον
 - Υποστηρίζει πολλαπλές εικονικές μηχανές
 - Συνδέει τις εικονικές μηχανές με επεξεργαστή, αποθήκευση, δίκτυο



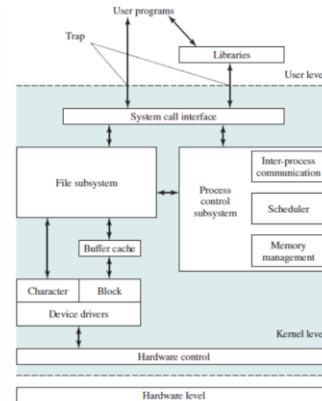
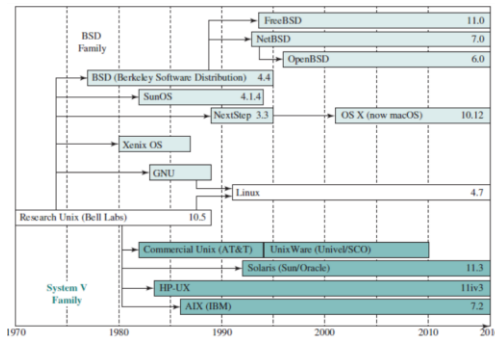
Διεπαφές Μηχανής

- **Ορισμοί**
 - **Application Programming Interface (API)**
 - Η μηχανή όπως τη βλέπει το πηγαίο λογισμικό εφαρμογής
 - Γλώσσα υψηλού επιπέδου και κλήσεις λειτουργικού συστήματος
 - **Application Binary Interface (ABI)**
 - Η μηχανή όπως τη βλέπει το εκτελέσιμο της εφαρμογής
 - Καταχωρητές, εντολές μηχανής, κλήσεις συστήματος
 - Εικονικοποιείται από τη διεργασία του λειτουργικού συστήματος
 - **Instruction Set Architecture (ISA)**
 - Η μηχανή όπως τη βλέπει το λειτουργικό σύστημα
 - Υλικό μηχανής, πραγματική μνήμη, πόροι εισόδου/εξόδου
 - Εικονικοποιείται από τον παρατηρητή εικονικής μηχανής

Unix

- **Ιστορία**
 - Πρώτα αναπτύχθηκε από τον Ken Thompson στα Bell Labs σε PDP-7 (1969)
 - Μεταφορά στον PDP-11 έδειξε ικανότητα υποστήριξης πολλών Η/Υ
 - Ανάπτυξη σε C έδειξε τα προτερήματα γλωσσών υψηλού επιπέδου για ΛΣ
- **Περιγραφή**
 - **Διεπαφή εφαρμογών**
 - Οι χρήστες καλούν λειτουργίες ΛΣ απευθείας ή μέσω βιβλιοθηκών
 - **Διεπαφή υλικού**
 - Το ΛΣ αλληλεπιδρά απευθείας με το υλικό
 - **Ενδιάμεσο σύστημα**
 - Έλεγχος διεργασιών
 - Διαχείριση αρχείων και οδηγού συσκευών Ε/Ε

Ιστορική εξέλιξη και Αρχιτεκτονική



Εαρινό 2024

©Σ. Β. Αναστασιάδης

23

23

Minix

- **Σύστημα που μοιάζει με Unix**
 - Έκδοση 1.0 το 1987 για Intel 8088 αρχιτεκτονική
 - 11,800 γραμμές C και 800 γραμμές assembly
 - Γράφτηκε από τον Andrew Tanenbaum, Vrije University, Netherlands
- **Σχεδιασμός μικροπυρήνα**
 - Ο πυρήνας περιλαμβάνει μεταφορά μηνυμάτων και οδηγούς E/E
 - Το σύστημα αρχείων και η διαχείριση μνήμης εκτελούνται ως διεργασίες χρήστη
 - Χαμηλότερη απόδοση λόγω συχνών αλλαγών επιπέδου χρήστη/πυρήνα

Εαρινό 2024

©Σ. Β. Αναστασιάδης

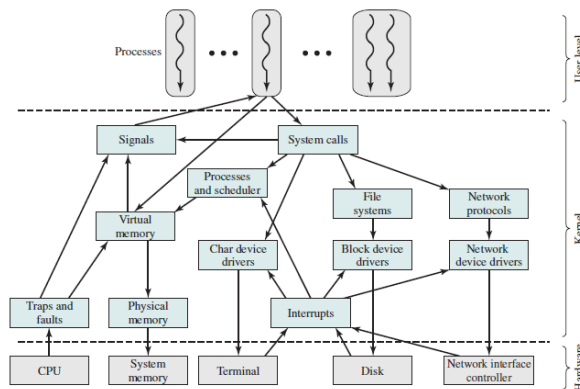
24

24

Linux

- **Πρώτη έκδοση 0.01 το 1991**
 - Αναπτύχθηκε με εργαλείο το σύστημα Minix
 - Ξεκίνησε από τον Linus Torvalds, φοιτητή πληροφορικής U. Helsinki, Finland
 - Μονολιθικός σχεδιασμός με ολόκληρο το σύστημα στον πυρήνα
 - Συγκρίσιμο με το Minix σε μέγεθος και λειτουργίες
- **Δομή συστήματος**
 - Η *δυναμική διασύνδεση* φορτώνει δυναμικά ενότητες κώδικα του πυρήνα
 - Υποστηρίζει *στοιβαζόμενες ενότητες* που οργανώνονται ιεραρχικά
- **GNU Άδεια Δημόσιας Χρήσης**
 - Free Software Foundation ιδρύθηκε από τον Richard Stallman το 1984
 - Χρήση, αντιγραφή, αλλαγές, διανομή πηγαίου/ δυαδικού κώδικα
 - Προϊόν με βάση το Linux δε μπορεί να διανέμεται μόνο σε δυαδική μορφή

Δομή του Linux



Windows

- **Ιστορία**
 - Windows 3.0 μια γραφική διεπαφή για το DOS (1990)
 - Windows NT ένα νέο λειτουργικό σύστημα 32-bit (1993)
 - Επόμενες εκδόσεις του NT είναι τα Windows XP, Vista, Server, 7, 8, 10, 11
- **Αρχιτεκτονική**
 - Πολυπεξεργασία τόσο για συστήματα ενός χρήστη όσο και διακομιστές
 - Δομή *τροποποιημένου μικροπυρήνα* για βελτιωμένη απόδοση
- **Το λειτουργικό σύστημα διαχωρισμένο από το λογισμικό εφαρμογών**
 - Executive: διεργασίες, νήματα, E/E, ασφάλεια, μνήμη, αντικείμενα
 - Kernel: χρονοδρομολόγηση, συγχρονισμός, χειρισμός εξαιρέσεων
 - Device drivers: εξειδικευμένες βιβλιοθήκες για συστήματα αρχείων και υλικό
 - Λογισμικό για παράθυρα και γραφικά
 - Hardware Abstraction Layer (HAL): απομονώνει το ΛΣ από το υλικό
- **Λειτουργίες σε επίπεδο χρήστη**
 - Εισαγωγή χρηστών, εκτύπωση, κοινόχρηστες βιβλιοθήκες, εφαρμογές

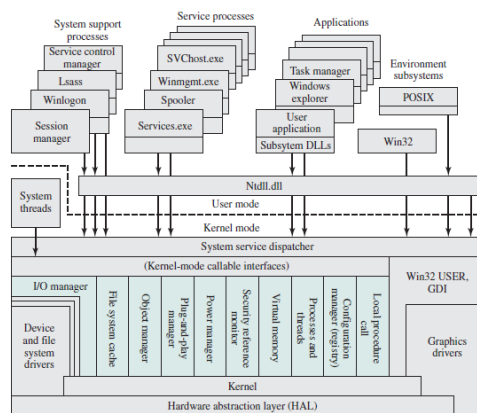
Εαρινό 2024

©Σ. Β. Αναστασιάδης

27

27

Αρχιτεκτονική



Lsass = local security authentication server
POSIX = portable operating system interface
GDI = graphics device interface
DLL = dynamic link libraries

Colored area indicates Executive

Εαρινό 2024

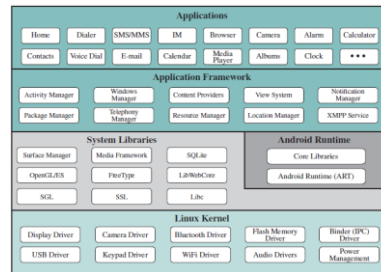
©Σ. Β. Αναστασιάδης

28

28

Αρχιτεκτονική Λογισμικού Android

- Εφαρμογές
 - Συνήθως υλοποιημένες σε Java
- Πλαίσιο Εφαρμογής
 - Δομικά στοιχεία εφαρμογών
- Βιβλιοθήκες Συστήματος
 - Χρήσιμες συναρτήσεις
- Πυρήνας Linux
 - Τροποποιημένος για κινητά



Μονάδες Μέτρησης

- Κύρια μνήμη/Σύστημα αρχείων
 - Δυνάμεις του 2
 - $K=2^{10}$, $M=2^{20}$, $G=2^{30}$, $T=2^{40}$
 - Π.χ. RAM 512 MB (ή MiB) $= 512 \times 2^{20} = 512 \times 1,048,576 = 536,870,912$ bytes
- Συσκευές δευτερεύουσας μνήμης
 - Δυνάμεις του 10
 - $M=10^6$, $G=10^9$, $T=10^{12}$, $P=10^{15}$
 - Π.χ. σκληρός δίσκος 160 GB $= 160,000,000,000$ bytes
- Δίκτυα
 - Δυνάμεις του 10
 - $K=10^3$, $M=10^6$, $G=10^9$, $T=10^{12}$
 - Π.χ. DSL γραμμή 24 Mbps $= 24,000,000$ bits/s