Rekapitulation

Wir haben . . .

☞ aus der Geschichte gelernt . . . . ✗ Kap. 3

☞ Betriebssysteme „von aussen“ betrachtet . . . . ✗ Kap. 4

☞ einen „Hauch“ von Softwaretechnik „eingeatmet“ . . . . ✗ Kap. 5

☞ Betriebssysteme „innen“ schichtenweise durchleuchtet . . . . ✗ Kap. 6 – 11

Aus der Geschichte gelernt . . .

Betriebsarten von Rechensystemen nach Generationen

1. Stapelbetrieb 1945
2. *off-line*-, Echtzeitbetrieb 1955
3. *spooling*, Mehrprogramm-, Dialog-, Hintergrund-, Multiprozessorbetrieb 1965
4. Teilnehmerbetrieb, Selbstvirtualisierung 1975
5. Netzwerk-, Integrationsbetrieb 1985

Vielfalt je nach Anforderungen und Anwendung

- Betriebssysteme sind weit mehr als UNIX & Co bzw. Windows
- verteilte eingebettete „ambient intelligente“ Systeme setzen neue Maßstäbe

Betriebssysteme „von aussen“ betrachtet . . .

Adressraum von Programmen; physikalisch, logisch, virtuell

Speicher im Vorder- und Hintergrund

Datei als zusammenhängende, abgeschlossene Einheit von Daten

- Art, Bezeichnung, Verzeichnis, Speicherung, System, Referenz
- Namen, Namensraum, Namensauflösung

Prozess ein Programm in Ausführung; Inkarnation, Einplanung

- feder-, leicht-, schwergewichtiger Prozess

Einen „Hauch“ von Softwaretechnik „eingeatmet“ . . .

semantische Lücke zwischen Software und Hardware

Mehrebenenmaschinen zusammengesetzt aus virtuellen Maschinen

- Assembliersprachen-, problemorientierte Sprachenebene
- Maschinenprogramm-/Betriebssystemebene, *partielle Interpretation*
- Programmunterbrechung (*trap*, *interrupt*), Ausnahmen
- Überlappung/Nebenläufigkeit, Selbstvirtualisierung, Emulation

Hierarchie in Softwaresystemen

- funktionale-, Modul-, Benutzthierarchie

Betriebssysteme „innen“ schichtenweise durchleuchtet . . .

☞ Prozessverwaltung . . . . ✗ Kap. 6

☞ Koordination nebenläufiger Prozesse . . . . ✗ Kap. 7

☞ Interprozesskommunikation . . . . ✗ Kap. 8

☞ Verklemmung . . . . ✗ Kap. 9

☞ Prozesseinplanung . . . . ✗ Kap. 10

☞ Speicherverwaltung . . . . ✗ Kap. 11

Prozessverwaltung

Inkarnation Prozessdeskriptor und -identifikation

- Umschalteinheit „Koroutine“ vs. Einplanungseinheit „Faden“

Fadenverläufe Rechenphase (CPU-Stoß) und Blockadephase (E/A-Stoß)

- Leistungsoptimierung, Zwangsserialisierung, CPU-Schutz

Einplanung lang-, mittel-, kurzfristig arbeitende Strategien

- kooperativ/präemptiv, deterministisch/probabilistisch, statisch/dynamisch
- Dimensionen, benutzer-/systemorientierte Kriterien vs. Betriebsarten

Abfertigung Buchführung des aktuellen Fadens, Aspekt der Verdrängung

Koordination nebenläufiger Prozesse

Synchronisation intra-/interprozess, ein- vs. mehrseitig

- Bedingungssynchronisation, gegenseitiger Ausschluss; {,nicht-}blockierend
- Spezialbefehle: TAS, CAS, CAS2 (DCAS), CMPXCHG, LL/SC

kritischer Abschnitt Ein-/Austrittsprotokoll, „Wartearten“, Betriebsmittel

- Schlossvariable, Bedingungsvariable, (binärer/zählender) Semaphor
- Monitor, Signalisierung (Semantiken), Hansen vs. Hoare

Dualität von Koordinierungstechniken, Theorie vs. Praxis

- Aspekte Leistung, Robustheit, Einplanung und Verklemmung

Interprozesskommunikation

Primitiven zum Nachrichten-/Botschaftenaustausch

- Datentransfer *und* Synchronisation, (selektives) Senden/Empfangen

Modelle gleichberechtigt vs. ungleichberechtigt (Klienten/Anbieter)

- Botschaft, Prozedurfernaufruf, Rendezvous

Verläufe synchron, asynchron, zuverlässig; {,nicht-}blockierend

- konsumierbare Betriebsmittel in wiederverwendbaren (Puffer) transportieren

Kanäle Port, Briefkasten (*mailbox*), Verbindung

Verklemmung

Bedingungen *deadlock* („gutartig“) vs. *lifelock* („bösartig“)

- exklusive Belegung, Nachforderung, kein Entzug; zirkulares Warten

Vorbeugung (*prevention*) *Regeln* entkräften mind. eine der vier Bedingungen

Vermeidung (*avoidance*) eine *Bedarfsanalyse* entkräftet zirkulares Warten

- sicherer vs. unsicherer Zustand, Betriebsmittelbelegungsgraph

Erkennung (*detection*) nichts entkräften, auf zirkulares Warten prüfen

- Wartegraph, Auflösung (Prozessabbruch, Betriebsmittelentzug)

Prozesseinplanung

Abfertigungszustände kurz-, mittel-, langfristige Einplanung

- erzeugt, (schwebend) bereit/blockiert, laufend, gestoppt, beendet
- Zustandsübergänge und Einplanugs-/Auswahlzeitpunkt

Einplanungsverfahren „Klassiker“ und Fallstudien (UNIX, NT, Linux, MacOS)

- gerecht, zeitscheibenbasiert, prioritätssetzend, mehrstufig
- kombinierte Verfahren (☞ „Eier legende Wollmilchsau“)
- Zuordnung zu Klassifikationsmerkmalen (✗ 12-6)

Vergleich Einplanungseinheit, Echtzeitfähigkeit, Ablaufinvarianz

Speicherverwaltung

Adressräume physikalische, logische, virtuelle; Adressumsetzung/-abbildung

- Seiten, Seitenrahmen (Kacheln), Segmente, Deskriptoren, Zugriffsfehler

Platzierungsstrategie wohin? *best/worst/first/next-fit*, *buddy*

- Bitkarte, Liste; Fragmentierung, Verschmelzung, Kompaktifizierung

Ladestrategie wann? Einzelanforderung, Vorausladen, Vorabruf

Ersetzungsstrategie welche? OPT, FIFO, LFU/MFU, LRU

- Freiseitenpuffer, Seitenanforderung, Einzugsbereich (global/lokal)
- Seitenflattern (*thrashing*), Arbeitsmenge (*working set*)

Resümee

Wir konnten nicht im Detail besprechen . . .

☞ Dateisysteme und Ein-/Ausgabe

☞ Zugriffsschutz, Programmverwaltung und Systemaufrufe

Themen und Funktionen, die leider nur angerissen werden konnten (✗ Kap. 4)

Schlüsseltechnologie „Betriebssysteme“

- als *Vorreiter* vieler Konzepte der Informatik
- sorgt für die *Betriebsmittelverwaltung* eines Rechners
- liefert *Strukturierungshilfen* für die (Anwendungs-/System-) Software
- stellt Programmen höherer Ebenen *Programmiermodelle* zur Verfügung

☞ ein Betriebssystem ist (nach wie vor) das „**Getriebe**“ eines Rechensystems