

Betriebssystemtechnik

Adressräume: Trennung, Zugriff, Schutz

I. Einleitung

Wolfgang Schröder-Preikschat

13. April 2018



Schutz von Prozessen

~ in räumlicher Hinsicht ~ BST

- **Angriffssicherheit** (*security*)
 - Schutz einer Entität vor seiner Umgebung
 - Immunität
 - verhindern, in einen Adressraum einbrechen zu können
- **Betriebssicherheit** (*safety*)
 - Schutz der Umgebung vor einer Entität
 - Isolation
 - verhindern, aus einem Adressraum ausbrechen zu können

~ in zeitlicher Hinsicht ~ EZS[3]

- Einhaltung von Terminen, Vermeidung von Interferenzen

~ in energetischer Hinsicht ~ ffs.

- Abfederung von Energiespitzen, Einhaltung von Energiebudgets



Gliederung

Einführung

Motivation
Grundlagen
Inhalt

Organisation

Voraussetzungen
Veranstaltungsbetrieb
Leistungsnachweise

Anhang



Adressraum

(vgl. auch [4])

■ realer ~

- reflektiert die phys(ikal)ischen Eigenschaften des Rechensystems
- nicht zu jeder Adresse gibt es einen Adressaten (Speicher, Geräte)
- die Bindung zwischen beiden ist fest, zur Laufzeit unveränderlich
 - **Vorsicht:** Speicherbankumschaltung
- ungültige Adressen implizieren undefiniertes/fehlerhaftes Verhalten

■ logischer ~

- reflektiert die strukturellen Eigenschaften eines Programms
- zu jeder Adresse gibt es immer einen (speicher-) residenten Adressaten
- die Bindung zwischen beiden ist jedoch lose, zur Laufzeit veränderlich
- ungültige Adressen – innerhalb des Adressraums – gibt es nicht
 - **Vorsicht:** Unterschied zwischen Segmentierung und Seitennummerierung

■ virtueller ~

- reflektiert die gegenwärtige/zukünftige Auslastung des Rechensystems
- zu einer Adresse kann es zeitweilig einen nichtresidenten Adressaten geben
- ansonsten „erben“ die Adressen alle Eigenschaften logischer Adressräume



Adressraumtrennung

Segmentierung oder Eingrenzung von Programmen:

- **Maschinenprogrammzebene** (Ebene₃)
 - die **Zentraleinheit**¹ ermöglicht Immunität/Isolation in Hardware
 - MMU (Abk. *memory management unit*) logischer Adressraum
 - MPU (Abk. *memory protection unit*) phys(ikal)ischer Adressraum
 - das **Betriebssystem**¹ programmiert diese Hardware problemspezifisch
- **Programmiersprachenebene** (Ebene₅)
 - der **Kompilierer**¹ ermöglicht Immunität/Isolation in Software
 - Programme liegen in einer **typsicheren Programmiersprache** vor

Prozesse können die durch ihren logischen Adressraum jew. definierte **Schutzdomäne** nicht oder nur kontrolliert verlassen

- Abwesenheit von Prozessor- und Speicherfehlern vorausgesetzt
 - je nach Abstraktionsebene aber mit unterschiedlichem Wirkungsfeld

¹Prozessor



Adressraumzugriff

Folge der Trennung: Adressraumgrenzen überschreitende Operationen

- durch **Wechsel** der Schutzdomäne
 - prozedurbasierte Technik
 - Systemaufruf, leichtgewichtiger Fernaufruf
 - Kontrollflussfortsetzung im anderen Adressraum
 - koroutinenbasierte Technik
 - Nachrichtenversenden, Fernaufruf
 - Kontrollflusswechsel hin zum anderen Adressraum
- durch **Mitbenutzung** (*sharing*) von Adressraumbereichen
 - Datenverbund (*data sharing*)
 - mit gleichförmigen oder ungleichförmigen Lese-/Schreibrechten
 - Gemeinschaftsbibliothek (*shared library*)
- durch Kombination beider Ansätze
 - Einrichtung eines Datenverbunds beim Wechsel der Schutzdomäne
 - aus dem „eingewechselten Adressraum“ heraus veranlasst
 - zum Lesen/Schreiben von Entitäten des „ausgewechselten Adressraums“



Adressraumschutz

Isolation schafft Immunität

- **hardwarebasiert**, segment- oder seitenorientiert
 - MMU/MPU vergleicht Zugriffsart und Zugriffsrecht
 - Lesen, Schreiben, Ausführen – auch in Kombination
 - CPU begeht Ausnahme von normaler Programmausführung
 - lässt den aktuellen Maschinenbefehl in die Falle (*trap*) laufen
 - bewirkt damit eine **synchrone Programmunterbrechung**
 - Betriebssystem führt Ausnahmebehandlung [2] durch
 - Wiederaufnahmefmodell: Fortsetzung des unterbrochenen Prozesses
 - Beendigungsmodell: Abbruch des unterbrochenen Prozesses
- **softwarebasiert**, datentyporientiert ⇒ **sprachbasiert**
 - Laufzeitsystem – d. h., der Prozess selbst – führt o. g. Funktionen durch
 - bestimmte Überprüfungen nimmt jedoch bereits der Kompilierer vor
 - alle statisch, also vor Laufzeit, entscheidbaren Zugriffsooperationen
- in Synergie beider Ansätze: **Befähigung** (*capability*, [1])
 - befähigungsbasierte Systeme sind kompliziert – obwohl ideal zum Schutz



Lernziele

Vorlesung

- **Wissen** zu Adressraumkonzepten von Betriebssystemen vertiefen
- **Verstehen** über (logische) Adressräume festigen
 - inhaltliches Begreifen verschiedener Facetten von Adressräumen
 - intellektuelle Erfassung des Zusammenhangs, in dem Adressräume stehen

Übung ~> mikrokern-ähnliches Betriebssystem

- **Anwenden** ausgewählter Vorlesungsinhalte für OOSTuBS
- **Analyse** der Anforderungen an und Gegebenheiten von OOSTuBS
- **Synthese** von Adressraumabstraktionen und OOSTuBS
- **Evaluation** des erweiterten OOSTuBS: Vorher-nachher-Vergleich



Überblick

- Systemaufruf; Befehlsformate der Maschinenprogrammzebene ÜV
- ↳ Betriebssystemarchitektur: {Nano,Mikro,Makro,Exo}kern V
- ↳ Schichtenstruktur von Betriebssystemen V
- Segmentierung, Seitennummerierung; Seitenkachelntabelle ÜV
- ↳ Adressraummodelle, Benutzer- und Kernadressraum V
- ↳ sprachbasierte Systeme, Systemprogrammiersprachen V
- Interprozesskommunikation, Semantiken ÜV
- ↳ Kommunikationsabstraktionen V
- ↳ Mitbenutzung (*sharing*) V
- Gemeinschaftsbibliotheken, dynamisches Binden V
- Nachlese, Ausblick V



Gliederung

Einführung
Motivation
Grundlagen
Inhalt

Organisation
Voraussetzungen
Veranstaltungsbetrieb
Leistungsnachweise

Anhang



Anforderungen

Vorkenntnisse

Voraussetzung

Softwaresysteme

- SP, SPiC
- BS ⇔ OOSTuBS

Programmiersysteme

- C, C++, make
- ASM

Hardwaresysteme

- x86, IA64
- Mehrkerner

Erfahrung

- in der hardwarenahen Programmierung
 - Gerätetreiber, Unterbrechungsbehandlung, Prozesswechsel
- in der Fehlersuche/-beseitigung (*debugging*) in Betriebssystemen
 - nichtsequentielle Programme, mehrkernige Prozessoren
- in der projektorientierten Entwicklung nativer Systemprogramme

Erwartung

- intrinsische Motivation, kritisches Denken, positive Fehlerkultur



Unterrichtstermine und -sprache

- Vorlesungs-, Übungs- und Rechnerzeiten:
 - auf www4.cs.fau.de dem Reiter „Lehre“ folgen
- Unterrichtssprache:



- Vorlesung und Übung
- Fachbegriffe
- informatische Fachsprache
 - Sachwortverzeichnis (in Arbeit und Überarbeitung)
 - www4.cs.fau.de/~wosch/glossar.pdf



Übungsbetrieb

- **Tafelübung** $\leadsto$ „*learning by exploring*“
 - Anmeldung über [WAFFEL](#)² (URL siehe Leitseite von BST)
 - Freischaltung erfolgt nach der Vorlesung, heute im Tagesverlauf
- Übungsaufgaben sind bevorzugt in Gruppen zu bearbeiten
- **Rechnerarbeit** $\leadsto$ „*learning by doing*“, **kein Tafelersatz**
 - Anmeldung ist nicht vorgesehen, reservierte Arbeitsplätze s.o.
 - bei Fragen zu den Übungsaufgaben, Übungsleiter konsultieren
 - Email senden bzw. einfach vorbeischaun...

*Der, die, das.
Wer, wie, was?
Wieso, weshalb, warum?
Wer nicht fragt, bleibt dumm!*



²Abk. für Webanmeldefrickelformular Enterprise Logic

Prüfungsrelevante Studienleistung

5 ECTS

- BST
- 4 SWS (2 V + 2 Ü)

7,5 ECTS

- BST++
- 6 SWS (2 V + 2 Ü + 2 EÜ)
 - erweiterte Übung
 - ggf. auch Extraaufgabe

- Prüfungsgespräch
 - 20 Minuten
 - Stoff zu V + Ü

- Prüfungsgespräch
 - 30 Minuten
 - Stoff zu V + Ü + EÜ

- Bearbeitung aller Übungsaufgaben wird dringendst empfohlen
- Anmeldung zum Prüfungsgespräch per *E-Mail* an:
wosch@cs.fau.de
 - angeben ob BST oder BST++
 - Termin oder Terminfenster mitsenden
 - Prüfungszeitraum (Ausnahmen bestätigen die Regel)

Gliederung

Einführung

Motivation
Grundlagen
Inhalt

Organisation

Voraussetzungen
Veranstaltungsbetrieb
Leistungsnachweise

Anhang

Literaturverzeichnis

- [1] DENNIS, J. B. ; HORN, E. C. V.:
Programming Semantics for Multiprogrammed Computations.
In: *Communications of the ACM* 9 (1966), März, Nr. 3, S. 143–155
- [2] GOODENOUGH, J. B.:
Exception Handling: Issues and a Proposed Notation.
In: *Communications of the ACM* 18 (1975), Nr. 12, S. 683–696
- [3] SCHRÖDER-PREIKSCHAT, W. :
Echtzeitsysteme.
http://www4.informatik.uni-erlangen.de/Lehre/WS05/V_EZS, 2005 ff.
- [4] SCHRÖDER-PREIKSCHAT, W. ; KLEINÖDER, J. :
Systemprogrammierung.
http://www4.informatik.uni-erlangen.de/Lehre/WS08/V_SP, 2008 ff.