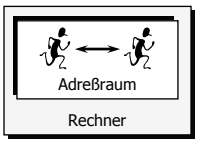
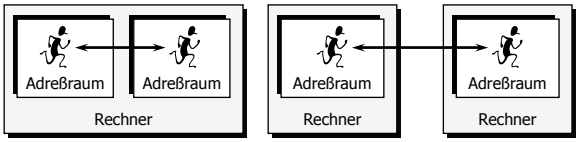
Verteilte Systeme

18. Distributed Shared Memory

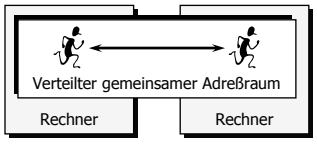
Sharing! No Sharing! Sharing?



- Evolution der Berechnungsmodelle
- Vergangenheit
  - Gemeinsamer Speicher
  - Einzelrechner

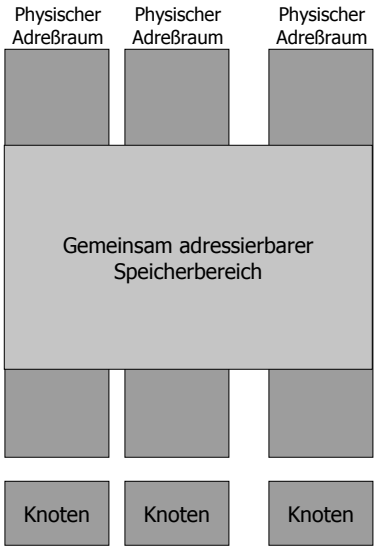


- Gegenwart
  - Nachrichtenkommunikation
  - Verteilte Systeme
- Zukunft?
  - Verteilte Systeme
  - Gemeinsamer Speicher



Modell

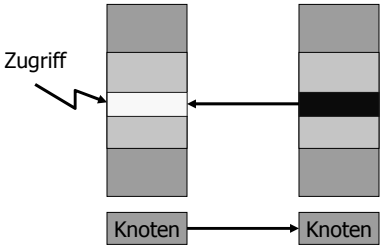
- Physischer Adreßraum des Knoten
  - Lokal addressierbarer Speicher
  - Verteilter Speicherbereich
- Kommunikation durch Lese- und Schreiboperationen
- Speicherbasierte Synchronisationsprimitive möglich
  - Semaphore, etc.
- Unterschiedliche Granulate
  - Seiten
  - Objekte
    - LINDA
  - Variablen
    - Shared Variables



Systemsoftware II Folie 18.3

Realisierungsidee

- Referenz im gemeinsamen Adreßbereich
- „Speicher vorhanden"
- Zugriff

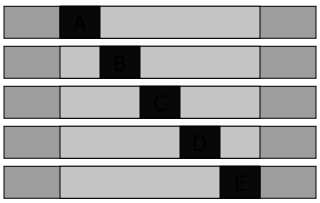


- „Speicher nicht vorhanden"
- Seitenfehler
- Aufenthaltsort des referenzierten Speichers ermitteln
- Speicherbereich anfordern
  - Nachricht
- Bereich empfangen
  - Nachricht
- Zugriff
- Copy on Reference

Systemsoftware II Folie 18.4

Einfache Variante

- Genau eine Kopie jeder Seite
- Jede Seite hat genau einen Besitzer
  - Paritionierung des Adreßbereichs
- Algorithmus?
- Diskussion?
  - Vorteile
  - Nachteile



Realisierung

- Client A (Anforderung):

```
Seitenfehler (Adresse x) {
  Ermittle Seite p aus x;
  Bestimme Owner o;
  Send Request(p) to o;
  Receive(Content(p));
  Seitentabelle aktualisieren;
}
```

- Client B (Im Besitz von p):

```
Receive Forward(p,X) from Z {
  Send Content(p) to X;
  Seitentabelle aktualisieren;
}
```

- Owner:

```
init {
  user(p) = self;
}

Receive Request(p) from X {
  if (user(p) == self) {
    Send(Content(p)) to X;
    Seitentabelle korrigieren;
  }
  else {
    // user(p) == Y;
    Send Forward(p,X) to Y;
    user(p) = X;
  }
}
```

Vor- und Nachteile

Vorteile

- Einfache Implementierung
- Max. 3 Nachrichten pro Seitenfehler

Nachteile

- Einschränkung der Parallelität
  - Nur einer kann auf Seite zugreifen
- Gefahr des Seitenflatterns über Rechnergrenzen
  - Zwei Klienten referenzieren ständig dieselbe Seite

Realisierung 2

- Mehrere Lesekopien der Seite, Maximal eine Schreibkopie
- Verwaltung analog über Zuordnung Seite-Besitzer
  - Partitionierung des Adreßbereich
- Algorithmus?
- Vor- und Nachteile?

Realisierungsansatz

- Seitenreplikate
  - Client-Menge pro Seite
  - Verwaltung z.B. durch Owner
  - Weiterleitung einer Anfrage an ein Mitglied der Client-Menge
  - Owner aktualisiert Menge
- Problematik: Schreibanforderung auf Seite
  - Lesekopien werden ungültig
  - 2 Ansätze
    - Invalidierung innerhalb der Client-Menge
      - Einzelnachrichten
      - ggf. Broadcast
    - Gültigkeit vor jedem Zugriff prüfen (vgl. WWW)
- Problematik: Schreibgranulat
  - Zeitpunkt für erneute Lesekopien?

Vor- und Nachteile

Vorteile

- Geringere Einschränkung der Parallelität
  - Gleichzeitiger lesender Zugriff
- Lesezugriff
  - max. 3 Nachrichten

Nachteile

- Gefahr des Seitenflatterns über Rechnergrenzen
  - Zwei Klienten referenzieren ständig dieselbe Seite
- Schreibzugriff
  - Nachrichtenaufwand für Invalidierung bzw. Validierung

Weitere Verbesserungen?

Realisierung 3

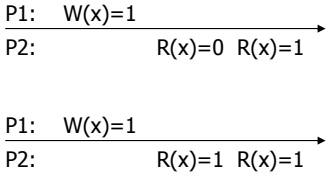
- Mehrere Lese- und Schreibkopien der Seite
- Kritischer Fall
  - 2 und mehr „gleichzeitige" Schreibzugriffe
  - Wann übernimmt die Seite welchen Wert?
- Algorithmus?
- Vor- und Nachteile?

Konsistenzmodelle

- Mehrere Replikate
  - Vorteil: Bessere Performance
  - Nachteil: Wahrung der Speicherkonsistenz
- Gilt für Multiprozessoren und verteilte Systeme
- Implizite Annahme: Strikte Konsistenz
  - Zugriff auf Speicherzelle X liefert den zuletzt zugewiesenen Wert (Most recent)
  - „Zuletzt" im verteilten Fall nicht eindeutig identifizierbar
- Abschwächungen des Konsistenzbegriffs
  - Wohldefiniert „seltsames" Verhalten aus Sicht der Anwendung
  - Ggf. anwendungsspezifische Mechanismen zur Einhaltung stärkerer Konsistenzkriterien notwendig

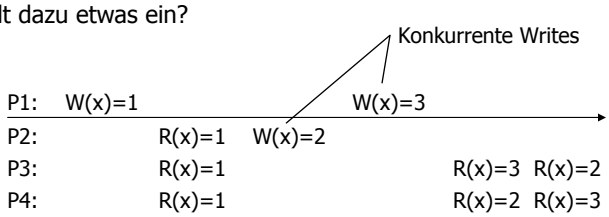
Sequentielle Konsistenz

- Definition
  - Prozeß sieht eine Folge von Lese- und Schreibzugriffen auf eine Speicherzelle
  - Die sichtbare Folge muß **einer** sequentiellen Abarbeitung aller Lese- und Schreiboperationen entsprechen
  - Alle Prozesse sehen dieselbe Folge
- Bemerkungen
  - Definition unabhängig von einem Zeitbegriff
  - Nichtdeterminismus
  - Performance-Probleme
    - Leseoptimierung ⇒ Schreiben teuer
    - Schreiboptimierung ⇒ Lesen teuer



Kausale Konsistenz

- Definition
  - Potentiell kausal abhängige Schreibzugriffe werden von allen beteiligten Prozessen in derselben Reihefolge wahrgenommen
  - Konkurrente Schreibzugriffe können von verschiedenen Prozessen in unterschiedlicher Reihenfolge beobachtet werden
- Realisierungsansatz
  - Protokoll: Welcher Prozeß sieht wann welche Writes?
  - Wem fällt dazu etwas ein?



PRAM-Konsistenz oder Prozessorkonsistenz

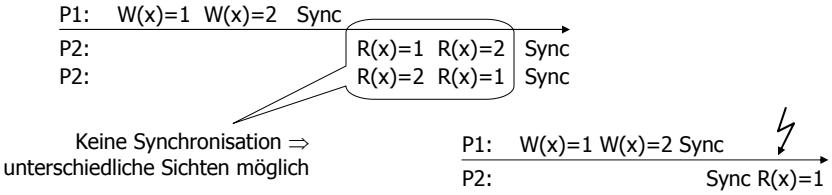
- Definition
  - Nur die Schreibzugriffe eines Prozesses (Rechners) erscheinen für alle beteiligten Prozesse in derselben Ordnung
- Einfache Realisierbarkeit
  - Wie?

PRAM = Pipelined RAM

Spezieller Multiprozessor (Gegenstand der Forschung). Schreibzugriffe eines Prozessors werden in einer Pipeline zu den Speicher-elementen geführt. Man erhofft sich eine höhere Performance trotz beschränkter Speicherbandbreite. PRAMs sind technisch noch nicht sinnvoll realisierbar.

Schwache Konsistenz

- Definition
  - Zugriff zu Synchronisationsvariablen sind sequentiell konsistent
  - Kein Zugriff auf Synchronisationsvariablen, solange nicht alle ausstehenden Schreibzugriffe abgeschlossen sind
  - Keine lesenden oder schreibenden Datenzugriffe, solange nicht alle Zugriffe auf Synchronisationsvariablen abgeschlossen sind
- Bemerkungen
  - Konsistenz nur bei ausgezeichneten Synchronisationsvariablen

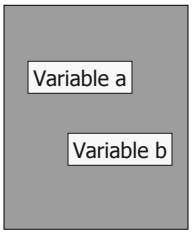


Keine Synchronisation ⇒ unterschiedliche Sichten möglich

Release-Konsistenz

- Zusätzliche Operationen
  - ACQUIRE: Beginn eines (bzgl. der Speicherkonsistenz) kritischen Abschnitts
  - RELEASE: Ende eines (bzgl. der Speicherkonsistenz) kritischen Abschnitts
- Definition
  - Vor dem Zugriff auf eine Speicherzelle müssen alle ACQUIRE-Operationen des zugreifenden Prozesses erfolgreich beendet sein
  - Eine RELEASE-Operation ist beendet, wenn alle Lese- und Schreibzugriffe des Prozesses beendet sind
  - Die Folge der ACQUIRE- und RELEASE-Operationen ist prozessor-konsistent
- Compiler oder Programmierer müssen ACQUIRE- und RELEASE-Operationen explizit angeben

Bemerkungen DSM



- Viele weitere Detailprobleme
  - z.B. False Sharing
    - Mehrere Datenstrukturen in einer Seite
    - Austausch nur auf Seitengranulat
    - Schutzmechanismen nur Seitenbasiert
- Kritisches Laufzeitverhalten
  - Performance abhängig von Zugriffsmuster und Variablenplazierung
  - Nicht-Determinismus
- Primär noch Forschungsgegenstand
- Methodische Kritik
  - Vordergründig ansprechendes Programmiermodell
  - Nachrichtenaufwand verborgen und damit unberechenbar
  - „Nicht verteilt gedacht"

Systemsoftware II Folie 18.19