Verteilte Systeme

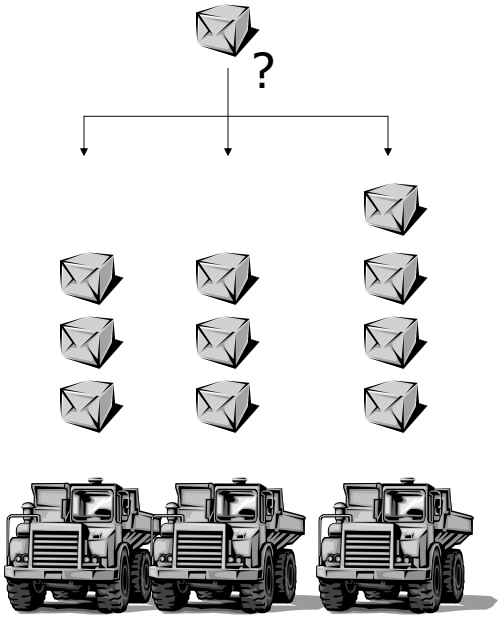
12. Lastverteilung

„Geteilte Last ist halbe Last"

- Potential an Parallelarbeit im Rechnernetz optimal ausnutzen
- „Kreative" Lastverteilung
  - Verteilte Programmierung
- „Mechanische" Lastverteilung
  - Auf welchem Rechner soll eine neue „Last" ausgeführt werden?
  - Ziel: Gleiche Auslastung aller beteiligten Rechner
  - Problem: Fehlender globaler Zustand
- Lastbegriffe
  - Systemspezifisch
    - Prozesse
  - Anwendungsspezifisch
    - Verteilbare Berechnungsabschnitte

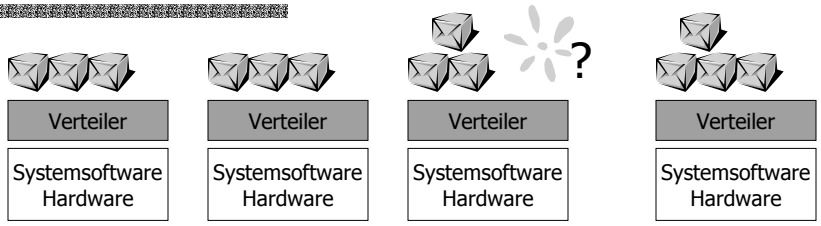
Grundüberlegungen

- Viele Lastpakete notwendig, d.h. genügend Parallelarbeit vorhanden
  - Alle Rechner nutzbar
- Kleine Lastpakete notwendig, d.h. kurze Aufträge
  - Geringe Lastabweichungen
- Nicht zu kleine Lastpakete, da auch das Verteilen kostet
  - Heisenberg läßt grüßen
  - Paketgröße häufig a priori nicht bekannt
- Gewisse Trägheit bei der Verteilung sinnvoll
  - Stabiles Systemverhalten



Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 12.3

Architektur



- Lastmetrik
  - Welche Last hat ein Rechner aktuell
  - Welche Last erzeugt ein Paket auf einem Rechner
- Verteilung des Lastwerts der beteiligten Rechner
  - Entscheidungsgrundlage für den Verteiler
- Verteilung des Lastpakets auf den gewählten Rechner
  - Welche Informationen müssen übertragen werden

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 12.4

Lastmetriken

- Häufig keine einzelne Zahl, wie z.B. Last 42
- Mehrere Bestandteile
  - Prozessorauslastung
    - Anzahl der Prozesse
    - Anzahl rechnender und rechenwilliger Prozesse
    - CPU-Auslastung
    - Bedienzeit
    - ...
  - Speicherauslastung
    - Hauptspeicherbedarf
    - Hintergrundspeicherbedarf
  - Kommunikationslast
    - E/A-Verkehr in Byte/s pro Netzanschluß
- Vergleichbarkeit zweier Lastvektoren?

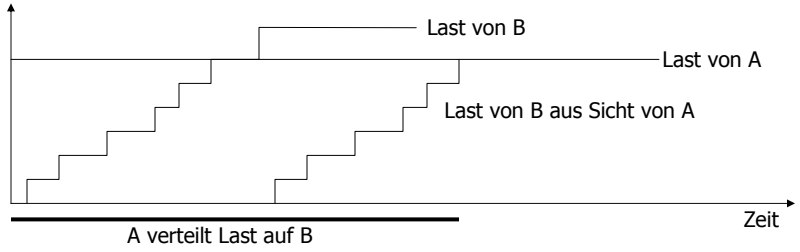
Einzelprobleme

- CPU-Auslastung
  - Differenzierung jenseits von 100% nicht möglich
  - Vergleichbarkeit bei verschiedenen Prozessortypen kritisch
- Prozeßanzahl
  - Besondere Unverträglichkeiten mit anderen Prozessen auf demselben Rechner
- Speicherauslastung
  - Systemsoftware wird versuchen, den gesamten physischen Speicher zu nutzen, d.h. Wert immer nah bei 100%
- ...

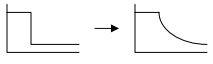
Verteilung oder Ermittlung der Lastwerte

- Push- und Pull-Ansätze
- Pull
  - Last verdrängen, Lastwerte anziehen
    - Lastwerte bei der Erzeugung eines Pakets ermitteln
    - Varianten
      - Von allen Rechnern (Überflutungsalgorithmus, Broadcast)
      - Von einer festen Teilmenge
      - Zufällige Teilmenge
- Push
  - Last verdrängen, Lastwerte verteilen
    - Unabhängig vom Erzeugungszeitpunkt
    - Varianten
      - An alle Rechner verteilen
      - An eine feste Teilmenge verteilen
      - An eine zufällige Teilmenge verteilen

Alter der Lastwerte



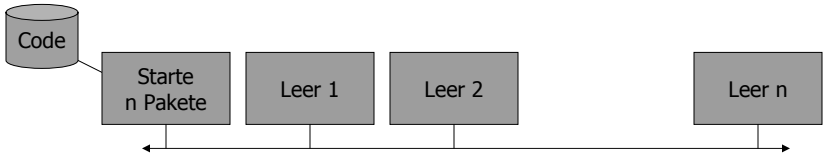
- Endliche Ausdehungsgeschwindigkeit der Information
- Lösungsansätze
  - Lokale Information selbständig aktualisieren
  - Keine krassen Sprünge
  - Lasten fallen nicht plötzlich auf 0
  - Exponentielle Verzögerung



Übermittlung des Pakets auf den gewählten Rechner

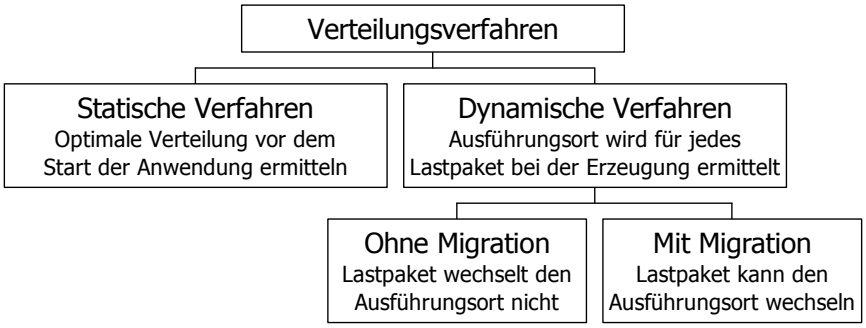
- Ist der auszuführende Code lokal vorhanden?
  - Ja
    - Identische Pfadnamen
    - Achtung Netzwerkdateisystem (siehe nächste Folie)
  - Nein
    - Zusätzlicher Kommunikationsaufwand
    - Function-Shipping (Schutzproblematik)
- Umfang der zu übermittelnden Daten
- Umfang der Ergebnisdaten

Verteiler: "Super! der Code ist schon dort !?"



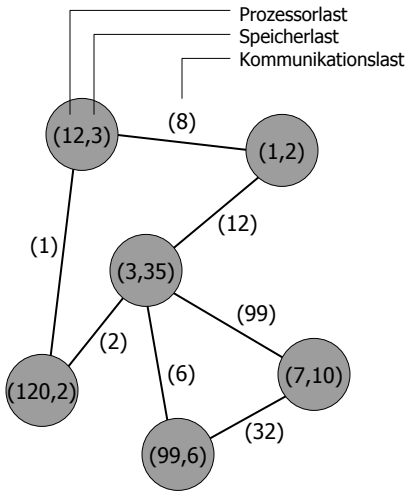
- n Rechner, Code per NFS o.ä. für jeden Rechner zugreifbar
- Rechner über Ethernet verbunden
  - Übertragungszeit Code über NFS: 10 ms
  - Übertragungszeit Auftrag und Argumente: 1 ms
- n autonom ausführbare Lastpakete
- Zeitpunkt der Fertigstellung
  - Code über NFS?
  - Code lokal vorhanden (z.B. im Cache)?

Verteilungsverfahren



Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 12.11

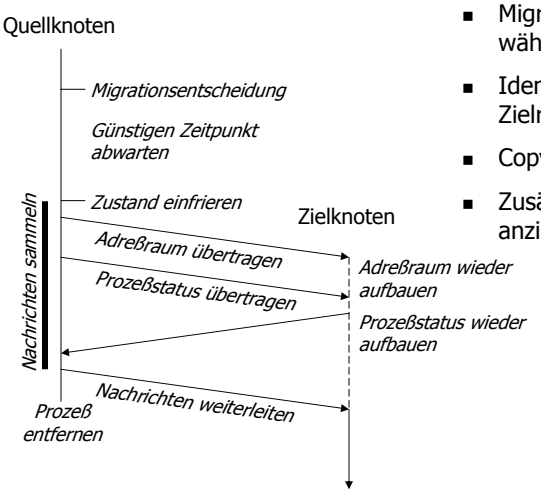
Statische Lastverteilung



- Statisches Anwendungssystem
  - Alle Bestandteile der Lastmetrik sind für alle Prozesse bekannt
- Ausführungsplattform
  - k Prozessoren
- Fragestellung
  - Partitioniere in k Subgraphen, so daß Prozessor- und Speicherlast erfüllbar und Kommunikationslast zwischen den Subgraphen minimal
  - Kommunikationslast innerhalb eines Subgraphen wird vernachlässigt
  - Jeder Subgraph wird auf einem Rechner plaziert
- Probleme
  - Exklusive Prozessorbenutzung
  - Keine Dynamik
- Optimale Lösungen berechenbar

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 12.12

Dynamische Lastverteilung mit Migration



- Migration von Prozessen während der Laufzeit
- Identische Umgebung auf dem Zielrechner notwendig
- Copy-on-Reference
- Zusätzlich bei Unterlast Pakete anziehen

Dynamische Lastverteilung ohne Migration

- Kritik an den anderen Verfahren
  - Statische Verfahren selten anwendbar
  - Migrationsbasierte Verfahren zu teuer
  - Häufig zu hoher Aufwand bei der Verteilung/Ermittlung des Lastwerts
- Initial Placement
  - Nur bei der Erzeugung eines Pakets wird der Zielknoten ermittelt
  - Im Extremfall zufällige Wahl eines Knotens
- In Untersuchungen liefert dieses Verfahren sehr gute Ergebnisse
  - Hohe Anzahl an Lastpaketen wesentlich
  - In diesem Fall liefern komplexere Verfahren nur unwesentlich bessere Ergebnisse
  - siehe [Eager et al. 1986]

Anwendungsbeispiel

- Nutzung ungenutzter Workstations
  - Viele Universitätsrechner meiste Zeit unbenutzt
    - Untersuchung in USA: Selbst zu Hochzeiten 30% der Rechner ungenutzt
  - Viele rechenintensive und verteilbare Probleme
- Aufbau eines Rechnerverbunds
  - Andere können meinen Rechner verwenden, wenn ich nicht da bin!
  - Ich kann die Rechner Anderer verwenden, wenn die nicht da sind!
- Probleme
  - Ermittlung arbeitsloser Rechner
  - Transparente Ausführungsumgebung
  - Was tun, wenn Besitzer wieder kommt?
    - Abbrechen oder Sichern?
- Beispiel: Condor-System [Litzkow et al. 1988]

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 12.15

Literatur

- D.L. Eager, E.D. Lazowska, J. Zahorjan
  Adaptive Load Sharing in Homogeneous Distributed Systems
  IEEE Transactions on Software Engineering
  Vol. SE-12, pp. 662-675, 1986
- M.J. Litzkow, K. Livny, M.W. Mutka
  Condor - A Hunter for Idle Workstations
  Proc. 8th Intl. Conf. on Distributed Computing Systems
  IEEE, pp. 104-111, 1988

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 12.16