Multimedia-Datenbanken

Kapitel 9: Multimedia-Basissysteme

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Technische Fakultät, Institut für Informatik
Lehrstuhl für Informatik 6 (Datenbanksysteme)

Prof. Dr. Klaus Meyer-Wegener

Wintersemester 2002 / 2003

Technische Universität Kaiserslautern
Fachbereich Informatik
AG Datenbanken und Informationssysteme

Dr. Ulrich Marder

Wintersemester 2003 / 2004

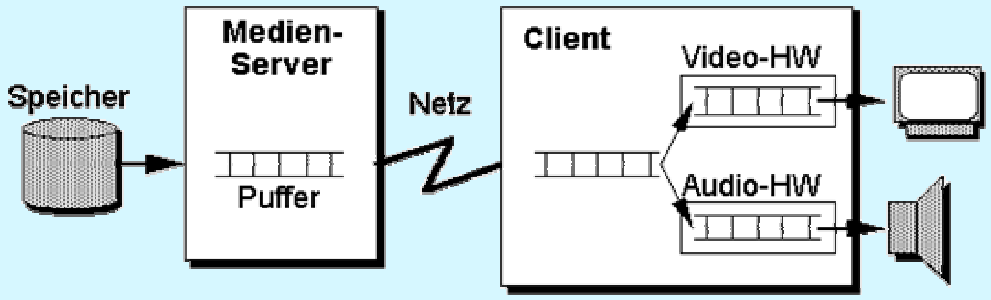
9. Multimedia-Basissysteme

- **Speicher-Server (Media-Server):**
  - dateibasiert!
    zunächst sogar: gerätebasiert ...
  - Video on Demand (VoD)
- **Kommunikation**
  - Austauschformate

9.1 Multimedia-Speicher-Server

[Gemm95a]
zugänglich für die Clients über Hochgeschwindigkeitsnetz
(s. unten Abschnitt 9.2)

- **Architektur:**



Multimedia-Speicher-Server (2)

- **primär:**
  - Wiedergabe (Playback) von Multimedia-Objekten in Echtzeit
- **interaktiver Zugriff:**
  - Stop, Pause, Resume, evtl. sogar Vor- und Zurückspulen
- **Herausforderung:**
  - **kontinuierliche** Medien
  - Folge von "Medien-**Quanten**"
    - Audio-Messwerten, Video-Bildern
  - zeitbehaftet

Multimedia-Speicher-Server (3)

- **Charakteristiken:**
  - Speicherung und Wiedergabe in Echtzeit, ggf. sogar synchronisiert
  - hohe Datenrate und großer Speicherplatzbedarf
- **kritische Komponenten daher Server und Netz**
- **hier: Server**

- **Aufnahme- und Abspielvorgänge**
- **Speicherorganisation (Platzierung)**
- **Multimedia-Dateisystem**

9.1.1 Aufnahme- und Abspielvorgänge

- **Aufnahme und Wiedergabe**
  - Pufferüberlauf bei *Aufnahme* bedeutet Verlust, bei *Wiedergabe* Störung oder ebenfalls Verlust
  - beide Operationen äquivalent in Bezug auf Anforderungen an das System
  - hier nur Wiedergabe
- **zunächst ein Strom (single-stream playback)**
  - Folge von periodischen Tasks mit Terminen (deadlines)
    - **Task:** Block von Platte lesen
    - **Termin:** geplante Wiedergabe-Zeit
  - "just in time" nicht realistisch → **Puffer**
- **drei Aufgaben:**
  - "Verhungern" (starvation) des Wiedergabe-Prozesses verhindern
  - benötigte Puffergröße minimieren
  - Latenzzeit (zum anfänglichen Füllen des Puffers) minimieren

Mehrere Ströme

- **Plattentransferraten (10 bis 50 MB/s)**
  - deutlich höher als Datenrate eines einzelnen Stroms
    - 0,42 MB/s für MPEG-2; 0,2 MB/s für unkomprimiertes CD-Audio
  - selbst kleiner Puffer ermöglicht Wiedergabe mehrerer Ströme
- **je einen Lesekopf pro Strom**
  - einfachster Ansatz
  - beschränkt die Zahl gleichzeitiger Ströme durch die Zahl der Köpfe
  - nicht optimal:
    - Transferraten reichen für mehrere Ströme
- **also mehrere Ströme über einen Kopf**
  - dann aber sorgfältige Planung der Zugriffe (scheduling) erforderlich
  - und Zahl der Ströme begrenzen, für die das möglich ist

Platten-Zuteilung (disk scheduling)

- **Warteschlange**
  - Abarbeitung einer Reihe von Aufträgen für ein Gerät
  - traditionell:
    - first come, first served (FCFS)
    - shortest seek time first
    - Scan
  - reduzieren: *Armbewegung* (seek time)
    und *Umdrehungswartezeit* (rotational latency)
  - Ziele: Durchsatz maximieren, faire Zuteilung
  - keine Berücksichtigung von Echtzeit
- **earliest deadline first (EDF)**
  - bekanntester Algorithmus dafür
  - zuerst den Blockzugriff ausführen, dessen Termin am nächsten liegt
  - Nachteile:
    - lange Positionierungs- und Umdrehungswartezeiten
    - geringe Ressourcen-Auslastung

Platten-Zuteilung (2)

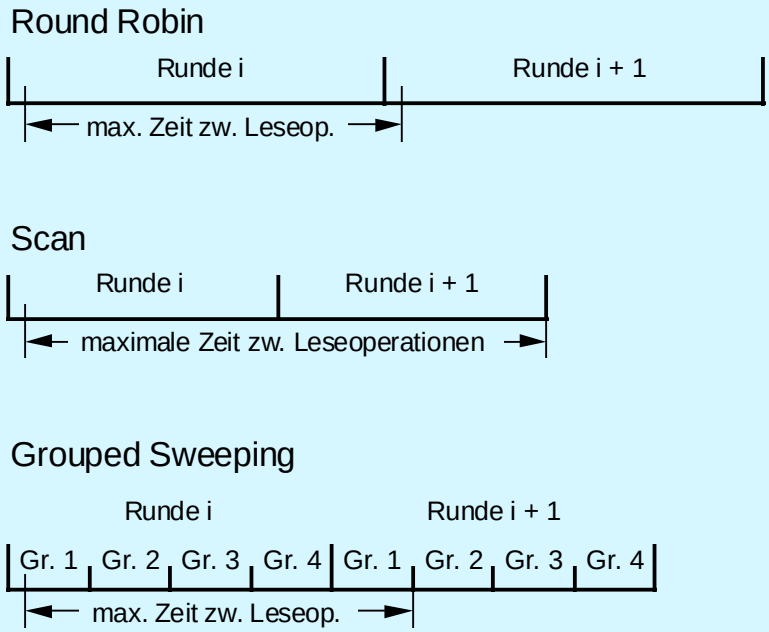
- **Variante: Scan-EDF**
  - Scan: Armbewegung abwechselnd nach innen und nach außen, dabei Abarbeitung aller Aufträge, deren Adressen "auf dem Weg liegen" – kann Positionierungszeiten erheblich reduzieren
  - jetzt mit EDF kombinieren:
    zunächst EDF, bei Aufträgen mit gleichem Termin dann Scan
  - wirkt nur, wenn das auch vorkommt!
    etwa bei Near-Video-on-Demand: Ströme erst sammeln und dann gemeinsam ausführen
- **Runden (rounds)**
  - alle anderen Algorithmen fassen dagegen Aufträge zusammen und arbeiten sie in Runden ab
  - in jeder Runde für jeden Strom Folge von Blöcken beliebiger Länge (auch null) holen
  - kommt der periodischen Natur der kontinuierlichen Ströme entgegen

Platten-Zuteilung (3)

- **in jeder Runde aber immer noch Zuteilung erforderlich**
  - **Round Robin** – reihum in fester Reihenfolge
    - am einfachsten
    - ignoriert wie EDF relative Lage der Blöcke,
      erfordert daher eigentlich Platzierung (s. unten)
  - **Scan**
    - auch einfach,
      reduziert Armbewegung
    - neues Problem: Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Bedienungen eines Stroms – u. U. einmal am Anfang einer Runde und dann am Ende ...
    - bedeutet auch zu Beginn mehr Wartezeit (Latenz):
      erst am Ende der zweiten Runde mit Wiedergabe aus dem Puffer beginnen;
      Puffer muss zudem fast zwei Runden groß sein
    - zugleich sind Runden kürzer ...

Grouped Sweeping Scheme (GSS)

- **Partitionierung der Runden in Gruppen**
  - in fester Reihenfolge abarbeiten
  - innerhalb der Gruppen dann Scan
- **optimale Gruppengröße suchen**
  - Ausgleich zwischen Umfang einer Runde und Abstand der Bedienungen eines Stroms



Anforderungen an Lesen und Puffern

- **Ziel:**
  - Anlieferung = Verbrauch in jeder Runde, Lieferung hinkt nie hinterher, und Umfang der gepufferten Daten verringert sich nie
- **Puffererhaltung:**
  - Algorithmen mit dieser Eigenschaft heißen "work-ahead-augmenting" oder "buffer-conserving" (**puffererhaltend**)
  - auch Algorithmen denkbar, die diese Eigenschaft nicht aufweisen: fallen zeitweise zurück und müssen dann wieder aufholen – komplexer!
  - Puffererhaltung nicht notwendig, aber hinreichend, um Verhungern auszuschließen
  - vorab genug Daten lesen (Prefetch), um längstmögliche Runde abdecken zu können, und dann immer Puffer erhalten
  - Anzahl der pro Runde nachzuladenden Blöcke:
    maximaler Umfang der Runde muss bekannt sein – hängt wiederum von der Zahl der in jedem Strom zu lesenden Blöcke ab ....
    nicht zu viele lesen, also nicht für alle Ströme die gleiche (maximale) Zahl – proportional zur Verbrauchsrate eines Stroms

Pufferverwaltung für maximalen Verbrauch

- **first in first out (FIFO)**
  - Puffer muss ausreichend Platz für nächste Leseoperation bieten
  - am geeignetsten: FIFO
  - bei Round Robin: Puffergröße = maximaler Verbrauch, FIFO füllt immer wieder auf ("topping-up")
  - bei Scan: doppelte Größe
  - evtl. noch Tricks erforderlich, wenn verbrauchte Einheiten nicht auf Blockgrenze – s. Literatur

Admission Control (Zulassungssteuerung)

- **kann neuer Strom zugelassen werden, ohne die schon laufenden zu beeinträchtigen?**
  - bisherige Annahme: alle Termine müssen gehalten werden
  - einige Anwendungen können verpasste Termine tolerieren
    - wenige fehlende Bilder bei Video oder Knacken bei Audio
    - vor allem dann, wenn mit geringeren Kosten verbunden!
  - zur Einhaltung aller Termine muss Server **Worst-case-Annahmen** zu Armpositionierungs- und Umdrehungswartezeit machen – die tatsächlichen dann allerdings meist kürzer
  - Raum für zusätzliche Ströme:
    - statistische Schwankung in Blockzugriffszeiten
    - und ggf. Kompressionsraten

Admission Control (2)

- **drei Dienstgüte-Kategorien für Ströme:**
  - **deterministisch:**
    - alle Termine müssen gehalten werden
    - Zulassungssteuerung muss Worst-case-Annahmen machen
  - **statistisch:**
    - Termine werden mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit gehalten
    - Zulassungssteuerung muss statistisches Verhalten des Systems kennen und berücksichtigen
  - **Hintergrund:**
    - keine Garantien für Einhaltung der Termine
    - Zuteilung nur, wenn noch Zeit nach Bedienung der deterministischen und statistischen Ströme

Admission Control (3)

- **neuer deterministischer Strom:**
  - Umfang der Runde verlängert sich
    - Puffer der schon laufenden Ströme ggf. vergrößern (dynamisch)
  - alternativ
    - alle Puffer von vornherein auf maximale Rundenlänge ausrichten
    - dann bei Zulassung nur auf Erreichung des Maximums prüfen
- **neuer statistischer Strom:**
  - analog, aber mit Mittelwerten
- **in einer Runde dann**
  - immer erst deterministische, dann statistische, dann Hintergrund-Ströme bedienen
  - verpasste Termine gleichmäßig verteilen

Behandlung von Dienstgarantien und Terminen

- **variable Kompressionsrate:**
  - ein Block ergibt variable Menge von Medien-Quanten
  - Anzahl der zu lesenden Blöcke variiert mit Kompressionsrate
- **auch hier:**
  - Worst case für deterministische Ströme, Mittelwerte für statistische
- **weitere Möglichkeit:**
  - Raten im voraus ermitteln und abspeichern – beides genauer
- **Umgang mit verpassten Terminen (bei statistischen und Hintergrund-Strömen):**
  - entweder nachholen (verlängert Dauer der Wiedergabe)
  - oder überspringen
- **grundlegend andere Technik:**
  - Variation der Auflösung eines speziellen Mediums, z. B. nur die höherwertigen Bits bei Audio übertragen, skalierbare Kompression (Teilmenge direkt verwendbar) – entspricht schnellem Vorlauf

9.1.2 Speicherorganisation

- optimale Platzierung von Blöcken auf den Platten
- Verwendung mehrerer Platten
- Hinzunahme von Tertiärspeicher zur Erhöhung der Kapazität
- Aufbau von Speicherhierarchien

- **Platzierung / Allokation von Blöcken**
  - **zusammenhängend**
    - einfach zu implementieren, aber anfällig für Fragmentierung
    - enormer Aufwand (Kopieren), wenn Zusammenhang auch über Einfügungen und Löschen hinweg erhalten wird
    - nur für read-only server (Video on Demand)
  - **verstreut**
    - Hauptproblem: sog. intrafile seeks, Armpositionierung innerhalb der Leseoperationen eines Stroms in einer Runde
    - vermeidbar durch geeignet große Blöcke

Speicherorganisation (2)

alternativ:
wenn mehr als ein Block gelesen werden muss, Armpositionierung auf erträgliches Maß reduzieren

- **beschränkte Platzierung** (constraint placement)
  - Obergrenze für Distanz zwischen aufeinanderfolgenden Blöcken (nicht nur für Paare, sondern als Mittelwert für endliche Folge von Blöcken)
  - besonders interessant bei kleineren Blockgrößen (z. B. in einem Dateisystem, das für Text ausgelegt wurde)
  - Algorithmen zur Gewährleistung recht aufwändig
  - Effekt auch nur, wenn wirklich alle Blöcke einer Runde sequentiell gelesen – Scan kann empfindlich stören!

Bildung von Streifen und Verzahnungen

"data striping and interleaving"

- **Datei auf einer Platte:**
  - Durchsatz dieses Geräts beschränkt Anzahl der Ströme
    → über mehrere Platten verteilen
- **RAID (s. Vorl. Betriebssysteme):**
  - logische Blöcke in "**Streifen**" über alle Platten gezogen, physischen Block 1 aller Stapel gleichzeitig lesen als logischen Block 1 usw.
  - Laufwerke streng synchron, Zugriff auf logischen Block dauert so lange wie Zugriff auf physischen eines Stapels
  - Durchsatz erhöht um Anzahl der Laufwerke
  - Armpositionierung und Umdrehungswartezeit bleiben gleich

Bildung von Streifen und Verzahnungen (2)

- **Verzahnung:**
  - aufeinanderfolgende Blöcke einer Datei auf verschiedenen Platten, oft einfach reihum
  - Platten nicht mehr synchron
- **zwei Zugriffsarten:**
  - in jeder Runde je einen Block *von jeder Platte* (wie bei den Streifen)
    - gute Lastbalancierung, aber größere Puffer
  - in jeder Runde einen Block *von einer Platte*
    - in N Runden also von N Platten lesen
    - Lastbalancierung verlangt gezielten Versatz
- **Streifen und Verzahnung auch kombinierbar**

Tertiärspeicher und Speicherhierarchie

- **Magnetplatten:**
  - für große (Video-) Server zu teuer
  - Tertiärspeicher: Magnetbänder, optische Platten, Wechselautomaten
  - allerdings zu langsam für direkte Wiedergabe
    → Magnetplatten als Cache verwenden
- **Ansatz:**
  - *Anfangssegmente* der Medienobjekte auf Platte, reduziert Latenz
  - alternativ: vor dem Abspielen *ganz* auf Platte laden, hohe Latenz, aber nicht kritisch bei Anwendungen mit wenigen populären Objekten – meist schon im Cache
  - Zugriffsmuster oft auch vorhersehbar, z. B. in Lernumgebungen
  - auch mehrere Caches im Netz, Konsistenz kein Problem, da read-only
- **Berkeley Distributed VoD System:**
  - Archive-Server mit Tertiärspeicher, Metadaten und Anfragesprache für Suche und Planung der Wiedergabe

9.1.3 Multimedia-Dateisysteme

- Client/Server-Interaktion
- Auffinden von Daten in Dateistrukturen
- Erzeugen, Bearbeiten und Wiedergewinnen von Multimedia-Objekten

- **Client-Schnittstelle**
  - **dateisystem-orientiert (Client-Pull)**:
    - MM-Objekt = Datei,
      Operationen entsprechend: open, close, read
    - Client setzt periodisch read-Operationen ab;
      "pause" und "resume" einfach durch Aussetzen und Wiederaufnehmen
    - Server macht in Ausführung von open Zulassungssteuerung und Prefetch, auch periodisch weitere Prefetches
  - **strom-orientiert (Server-Push)**:
    - Client benutzt Operationen wie play, pause, resume
    - Server sendet nach Initialisierung periodisch Daten an den Client – ohne read-Aufrufe

Dateistrukturen

- Zuordnung der Blöcke zu Dateien
- Unterstützung des sequenziellen Zugriffs auf Blöcke

- **Katalogstrukturen**
  - verkettete Liste aller Blöcke
  - file allocation table (FAT) wie in DOS: Zeiger auf jeden Block
  - Index pro bzw. in Datei (UNIX)
  - hybrid:
    - Verkettung *und* Index – unterstützt sequenziellen wie wahlfreien Zugriff
    - hoher Wartungsaufwand in Systemen mit wenigen Änderungen (VoD) akzeptabel
    - evtl. zusätzliche Verkettungen für Vor- und Zurückspulen
- **denkbar:**
  - *multi*-mediale Dateien, mit getrennter Behandlung der medialen Teile und Synchronisationsinformation

Bearbeiten von Multimedia-Objekten

- **Ziel:**
  - Kopieren ganzer Objekte möglichst vermeiden
  - Objekte als *unveränderlich* erklären
    und Änderungen auf Umsetzen von Zeigern beschränken
- **garbage collection**
  - Problem: bei kleinen Einfügungen und Löschungen
    auch Zeiger noch zu aufwändig (für Wiedergabe)
  - Aufwand sollte der Größe der Änderung entsprechen
- **Vorschlag:**
  - minimaler Füllgrad für Blöcke (so dass kontinuierliche Wiedergabe möglich)
  - Einfügen/Löschen betrifft dann bestimmte Anzahl voller Blöcke plus einen nur teilweise gefüllten
  - werden in FAT eingefügt/aus ihr gelöscht
  - dann Daten zwischen benachbarten Blöcken umverteilen, bis Füllgrad erreicht

Interaktive Steuerungsfunktionen

- pause/resume, fast forward, fast backward
- **pause/resume:**
  - kann Pufferverwaltung stören,
    z. B. bei gemeinsamer Nutzung eines Stroms durch mehrere Zuschauer
- **Spulen kann erfolgen als**
  - Abspielen mit höherer Geschwindigkeit
    (Datenrate u. U. zu hoch) oder
  - als normale Wiedergabe mit Übergehen von Daten
    (muss sich mit Komprimierung vertragen – evtl. nur Differenzen)
- **Vorspulen mit Übergehen:**
  - eigene, hochkomprimierte Datei (z. B. MPEG D-Rahmen);
    - keine zusätzlichen Speicherungsmethoden, aber Speicherplatzbedarf und schlechte Qualität der Wiedergabe
  - Blöcke als relevant oder irrelevant kennzeichnen
  - skalierbare Kompressionsverfahren:
    - Aufwand für Aufteilen und Rekombinieren der Blöcke
    - relevante Blöcke sind gerade die größeren – Datenrate höher als normal

Zusammenfassung

- **MM-Speicher-Server**
  - grundlegend anders als normale Datei-Server
  - Echtzeit, deutlich höherer Ressourcen-Bedarf
- **verfügbare Produkte z. B.:**
  - IBM LANServer Ultimedia:
    - Video und Audio für entsprechend ausgerüstete PCs
  - Oracle Media Server:
    - Video on Demand, angeblich 25.000 Videoströme
- **Dienste**
  - Dienste von Betriebssystemen und Rechnernetzen müssen weiter ausgebaut werden
- **Dateisystem**
  - muss Dateitypen unterscheiden, teilweise auch Inhalte kennen, und dann geeignete Platzierung, Treiber, Scheduling usw. vornehmen

9.2 Multimedia-Kommunikation

[Krön88a; Khos96a, p. 505ff., ch. 11 Multimedia Networking]

- **Kommunikationsarten:**
  - direkte Kommunikation:
    - Gespräch, Telefon, Konferenzschaltung
    - räumliche Distanz, aber keine zeitliche
  - indirekte Kommunikation:
    - Post
    - räumliche und zeitliche Distanz
    - braucht einen dauerhaften Nachrichtenträger: Dokument
    - hier: elektronische Dokumente
- **Austausch zwischen verschiedenartigen Systemen**
- **Ziel: Dokument beim Empfänger**
  - darstellen (drucken)
  - Layout verändern (z. B. A4 → US Letter)
  - editieren, Inhalt bearbeiten

  → **Austauschformate**

Multimedia-Kommunikation (2)

- **warum interessant für Multimedia-DBS?**
  - neutrale, vollständige **Datenstrukturen** (Daten-Schemata), Informationen sehr vieler (aller?) Anwendungen darstellbar
  - jedoch ohne Operationen, daher kein Datenmodell
- **These:**
  - Austausch von Dokumenten kann prinzipiell ersetzt werden durch Zugriff auf gemeinsame Datenbasis
  - hinzukommen muss: Aufmerksammachen des Empfängers
    - Definition eines Eingangskorbs
    - Zeitverwaltung im DBS ("alle neuen Daten seit heute morgen, 8 Uhr")
    - Alerter: Signal oder Ausgabe von Daten bei Zutreffen einer Bedingung