

Multimedia Retrieval

3 Fundamentals of Multimedia Retrieval

Prof. Dr. Marcin Grzegorzek

Research Group for Pattern Recognition
www.pr.informatik.uni-siegen.de

Institute for Vision and Graphics
University of Siegen, Germany

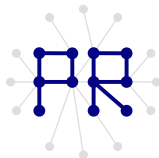


Table of Contents

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

1 Introduction

1.1 Fundamental Concept

1.2 Search in a MMDBS

1.3 Applications of MMDBMS

2 Fundamentals of Information Retrieval

2.1 Introduction

2.2 Information Retrieval Models

2.3 Relevance Feedback

2.4 Evaluation of Retrieval Systems

2.5 User Profiles

Table of Contents

► 3 Fundamentals of Multimedia Retrieval

3.1 Characteristics of MM Management and Retrieval

3.2 Processing Pipeline of a Multimedia Retrieval Systems

3.3 Data of a Multimedia Retrieval System

3.4 Features

3.5 Applicability of Different Retrieval Models

3.6 Multimedia Similarity Model

4 Transforms for Feature Extraction

4.1 Fourier Transform

4.2 Wavelet Transform

4.3 Principal Component Analysis

4.4 Singular Value Decomposition

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

Table of Contents

5 Distance Functions

5.1 Properties and Classification

5.2 Distance Functions for Points

5.3 Distance Functions for Binary Data

5.4 Distance Functions for Sequences

5.5 Distance Functions for Sets

6 Similarity Measures

6.1 Introduction

6.2 Distance versus Similarity

6.3 Range of Similarity Measures

6.4 Concrete Similarity Measures

6.5 Aggregation of Similarity Values

6.6 Conversion of Distances into Similarity Values

6.7 Partial Similarity

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

Table of Contents

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

7 Efficient Algorithms and Data Structures

7.1 High-Dimensional Index Structures

7.2 Algorithms for Aggregation of Similarity Values

8 Query Processing

8.1 Introduction

8.2 Concepts of Query Processing

8.3 Database Model

8.4 Languages

9. Summary and Conclusions

Overview

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- 1 Besonderheiten der Verwaltung und des Retrievals
- 2 Ablauf des Multimedia-Information-Retrievals
- 3 Daten eines Multimedia-Retrieval-Systems
- 4 Feature
- 5 Eignung verschiedener Retrieval-Modelle
- 6 Multimedia-Ähnlichkeitsmodell

Overview

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- 1 Besonderheiten der Verwaltung und des Retrievals
- 2 Ablauf des Multimedia-Information-Retrievals
- 3 Daten eines Multimedia-Retrieval-Systems
- 4 Feature
- 5 Eignung verschiedener Retrieval-Modelle
- 6 Multimedia-Ähnlichkeitsmodell

Verwaltung und Retrieval von MM-Daten

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

Im Vergleich zu Text-Dokumenten weisen MM-Objekte eine Reihe von Besonderheiten auf:

- *Datenvolumen*: großer Speicherbedarf (z. B. Video-Objekte)
- *implizite Semantik*: nutzerrelevante Semantik implizit in Medien-Objekten
- *Heterogenität*: viele Medien-Typen und Speicherformate
- *komplexe MM-Objekte*: Kombination verschiedener Medien-Typen, Referenzen und Einbettung
- *Ein- und Ausgabegeräte*: Geräte für Datenimport und Darstellung

Datenvolumen

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- Reduzierung des Datenvolumens durch Komprimierung (verlustfrei versus verlustbehaftet)
- schnelle Algorithmen für Vorverarbeitung der Medien-Objekte und Ähnlichkeitsberechnung
- zeitkritische Medien-Typen erfordern ausgeklügelte Ressourcen-Verwaltung
- kompakte Präsentation (etwa thumbnails)

Implizite Semantik

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- nutzerrelevante Semantik ist häufig nicht explizit (z. B. Bildobjekte implizit in Pixeldaten)
- Extraktion von Feature-Werten nötig zur expliziten Quantisierung bestimmter Eigenschaften
- Feature-Extraktionsalgorithmen isolieren semantiktragende Eigenschaften aus Medien-Objekten
- Problem: Semantik ist subjektiv (z. B. Rasterbilder: ein Nutzer interessiert für Gebäude, der andere für Personen)
- Ideal: exakte, objektive, semantikunterstützende Feature-Extraktion

Heterogenität

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- unterschiedliche Medien-Typen und Speicherformate erfordern unterschiedliche Feature-Extraktion und Ähnlichkeitsbestimmung
- System muss Erweiterung um neue Typen und Formate ermöglichen
- Datenunabhängigkeit: medientyp- und speicherunabhängige Anfragen (z. B. zeige alle Medien-Objekte zu einer Person an)
- Medien-Umsetzung: etwa Umwandlung Text in Audio
- Speicherformatumwandlung
- spezielle Metadaten bzgl. Medien-Typ und Speicherformat notwendig

Komplexe Multimedia-Objekte

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- komplexes Medien-Objekt: enthält mehrere, eigenständige Medien-Objekte
- Aggregation durch Referenzierung und Einbettung
- für Verwaltung: Zerlegung in nichtkomplexe Medien-Objekte und Strukturdaten
- Verwaltung von Strukturdaten zur Rekonstruktion und Retrieval
- Aggregation aufgrund Segmentierung

Ein- und Ausgabegeräte

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- Abhängigkeit von Medien-Typ und Speicherformat (Bild → Bildschirm, Ton → Lautsprecher, ...)
- System muss Geräte des Nutzers kennen
- System verwendet Profil zur
 - Unterstützung der Anfrageformulierung
 - garantierten Darstellbarkeit von Anfrageergebnissen
 - Optimierung: Reduzierung benötigter Ressourcen etwa Netzwerkbandbreite

Besonderheiten - Zusammenfassung

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

Besonderheiten	Herausforderungen
Datenvolumen	Komprimierung kompakte, interne Darstellung schnelle Ähnlichkeitsberechnung Ressourcenverwaltung kompakte Präsentation
implizite Semantik	Feature-Extraktion Subjektivität Ungenauigkeit Anfrageformulierung

Besonderheiten - Zusammenfassung

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

Heterogenität	Medien-Typen und Speicherformate Medien-Typunabhängigkeit und Medien-Umsetzung Speicherformatunabhängigkeit und Speicherformatumwandlung Metadaten zur Interpretation
komplexe Multimedia-Objekte	Zerlegung und Rekonstruktion Strukturdaten Segmentierung
Ein-/Ausgabegeräte	Nutzer- und Hardware-Profile Nutzerpräferenzen Anfrageformulierung Darstellbarkeit Optimierung

Overview

Besonderheiten

Ablauf

Daten

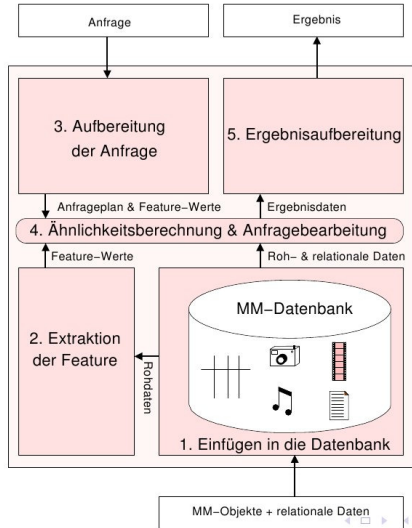
Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- 1 Besonderheiten der Verwaltung und des Retrievals
- 2 Ablauf des Multimedia-Information-Retrievals**
- 3 Daten eines Multimedia-Retrieval-Systems
- 4 Feature
- 5 Eignung verschiedener Retrieval-Modelle
- 6 Multimedia-Ähnlichkeitsmodell

Ablauf des MM-Information-Retrievals



Besonderheiten

Ablauf

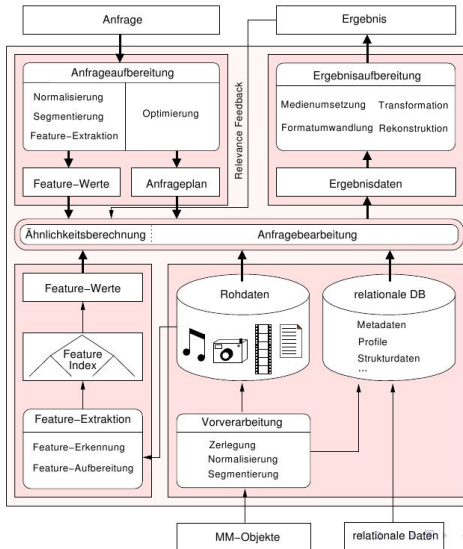
Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

Detaillierter Ablauf des MM-Information-Retrievals



Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

Fünf Aktionen

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

Die Verwaltung und das Retrieval von MM-Daten wird grob in 5 Aktionen unterteilt:

1. Einfügen in die MM-Datenbank
2. Extraktion der Feature-Werte
3. Aufbereitung der Anfrage
4. Anfragebearbeitung und Ähnlichkeitsberechnung
5. Ergebnisaufbereitung

Aktion 1: Einfügen in die MM-Datenbank

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- Unterscheidung: MM-Objekte, Metadaten, Strukturdaten, relationale Daten
- Metadaten: Medien-Typ, Speicherformat, Profildaten
- relationale Daten: etwa Namen abgebildeter Personen, Aufzeichnungszeitpunkt
- Zerlegung komplexer MM-Objekte in nichtkomplexe Medien-Objekte und Strukturdaten
- Normalisierung der MM-Objekte zur Unterdrückung von Störfaktoren
- Segmentierung der Medien-Objekte

Aktion 2: Extraktion der Feature-Werte

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- Feature-Erkennung: Algorithmen zur Ableitung von Feature-Werten
- Feature-Aufbereitung
- Ablegen im Feature-Index

Aktion 3: Aufbereitung der Anfrage

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- Anfrage zerlegbar in klassische Ähnlichkeitsanfrage
- Optimierung der klassischen Anfrage
- Ähnlichkeitsanfrage anhand Anfrageobjekt: Schritte wie beim Einfügen in Datenbank und Extraktion

Aktion 4: Anfragebearbeit. & Ähnlichkeitsberech.

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- Ähnlichkeitsanfrage: Berechnung der ähnlichen Objekte anhand Ähnlichkeitsfunktion unter Ausnutzung von Feature-Index
- bei komplexen Ähnlichkeitsanfragen: Zerlegung und anschließende Kombination der Ergebnissequenzen
- Kombination auch mit Ergebnis der klassischen Datenbankanfrage

Aktion 5: Ergebnisaufbereitung

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

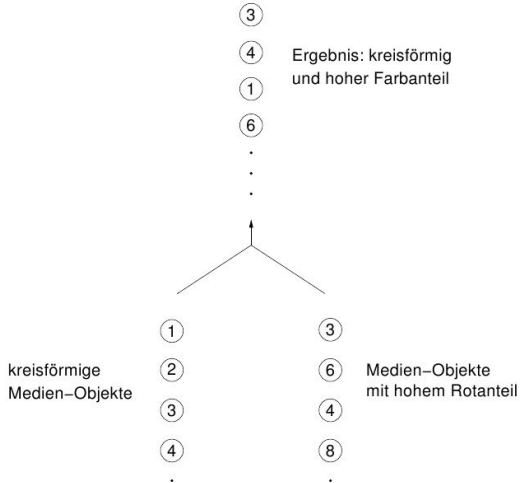
Eignung

Ähnlichkeit

- Anpassung an Vorgaben des Anwenders (Nutzer- und Geräteprofile)
- Medienumsetzung, Formatumwandlung, Transformationen
Rekonstruktion komplexer Objekte
- Optimierung
- zeitliche und räumliche Anordnung der Ergebnisobjekte
- Interaktion mit Nutzer

Kombination von Ergebnissequenzen

Suche nach
Bildern mit
Sonnenuntergang



Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

Overview

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- 1 Besonderheiten der Verwaltung und des Retrievals
- 2 Ablauf des Multimedia-Information-Retrievals
- 3 Daten eines Multimedia-Retrieval-Systems**
- 4 Feature
- 5 Eignung verschiedener Retrieval-Modelle
- 6 Multimedia-Ähnlichkeitsmodell

Klassifikation der Daten

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

Klassifikation	Daten	Beispiele
Multimedia-Objekt (Strukturdaten)	nicht-textuell	Graphen
	textuell	XML, HTML, VRML, X3D
Medien-Objekt	Dokument	Freitext, XML, HTML, VRML, X3D
	nicht-textuell	Videos, Bilder, Audio-Daten
weitere Daten	Nutzerprofil	Präferenzen
	Geräteprofil	Geräteauflösung, Gamma-Werte

Klassifikation der Daten

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- *Medien-Objekt*: Daten eines Medien-Typs (textuell oder nicht-textuell)
- *Multimedia-Objekt*: Kombination mehrerer Medien-Objekte (Zerlegung in Medien-Daten und Strukturdaten sinnvoll)
- *Strukturdaten*: nicht-textuell durch Graphen oder textuell
- *weitere Daten*

Klassifikation der Metadaten

Klassifikation	Metadaten	Beispiele
inhaltsbeschreibend (interpretierend)	kontextbeschreibend	Indexvokabular, Ontologien, Thesaurus
	kontextbezogen	Identifikation, Raum- und Zeitdaten
	objektbeschreibend, nicht-textuell	Gegenstände, Personen, Eindrücke, Aktivitäten, Titel
	objektbeschreibend, textuell	Annotation, Drehbuch, Untertitel
inhaltsbezogen (nicht interpretierend)	Feature	Farbverteilung, Textur, Klangdynamik, Form
	Segmentspezifikation	Anfang und Ende einer Video-Szene, Umriss eines Bildausschnitts
inhaltsunabhängig	präsentationsbezogen	QoS, Auflösung, Layout
	aufnahmebezogen	Urheber, Aufnahmegerät
	speicherungsbezogen	Medien-Typ, Speicherformat, Speicherort

Klassifikation der Metadaten

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- *inhaltsunabhängig*: wichtig für Verwaltung und Interpretation
- *inhaltsbezogen*: Semantik auf niedriger Abstraktionsstufe, aber automatisch extrahierbar
- *inhaltsbeschreibend*: Semantik auf hoher Abstraktionsstufe, kaum automatisch extrahierbar
 - *objektbeschreibend*: Beschreibung einzelner Medien-Objekte
 - *kontextbezogen*: Beschreibung von Medien-Objekten bezogen auf Kollektion von Medien-Objekten
 - *kontextbeschreibend*: Beschreibung einer Kollektion von Medien-Objekten

Overview

Besonderheiten

Ablauf

Daten

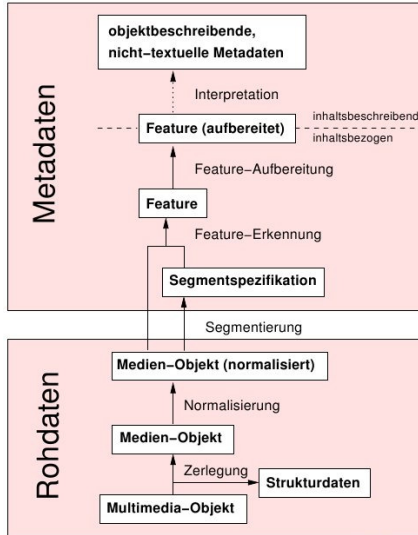
Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- 1 Besonderheiten der Verwaltung und des Retrievals
- 2 Ablauf des Multimedia-Information-Retrievals
- 3 Daten eines Multimedia-Retrieval-Systems
- 4 Feature**
- 5 Eignung verschiedener Retrieval-Modelle
- 6 Multimedia-Ähnlichkeitsmodell

Metadaten auf verschiedenen Abstraktionsebenen



Besonderheiten
Ablauf
Daten
Feature
Eignung
Ähnlichkeit

Semantische Lücke

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- begrenzte semantische Ausdruckskraft automatisch extrahierter Feature-Werte
- Lücke zwischen menschlicher Inhaltsbeschreibung und Ausdruckskraft automatisch abgeleiteter Features
- Beispiel: Bildsuche nach Fliegenpilz anhand Farbverteilung und Form von Bildsegmenten; Fehler bei rot-weißem Spielball
- Fazit: Feature repräsentieren i. All. low-level-Semantik

Anforderungen an Feature-Extraktion

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- *Adäquatheit*: Werte müssen Eigenschaft angemessen ausdrücken
- *effiziente Berechnung*
- *Berücksichtigung von Invarianzen*: Unabhängigkeit von ungewollten Eigenschaften
- *Minimalität*: minimale Anzahl von Feature-Werten
- *Orthogonalität*: orthogonale Feature-Werte

Anforderungen an Feature-Extraktion

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

Feature-Extraktion = Feature-Erkennung + Feature-Aufbereitung

Feature-Extraktion	Anforderung
Feature-Erkennung	Adäquatheit Effizienz Invarianzen
Feature-Aufbereitung	Minimalität Orthogonalität

Häufige Feature-Datentypen

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- Punkt: $\text{array}[1 \dots n]$ (real)
- Binärdaten: $\text{array}[1 \dots n]$ (boolean)
- Intervall: $\text{array}[1 \dots n]$ (tuple - unten: real, oben: real)
- 2-dimensionale Region: $\text{list}(\text{tuple}(x : \text{real}, y : \text{real}))$
- Histogramm

Feature-Aufbereitung, Motivation

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- fehlende Minimalität:
 - hoher Speicherplatzverbrauch
 - hoher Berechnungsaufwand
 - ineffiziente Indexstrukturen (Fluch der hohen Dimensionen)
- fehlende Orthogonalität:
 - Abhängigkeiten innerhalb Feature-Werte möglich
 - Problem: keine Manipulation von Werten isoliert möglich

Overview

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- 1 Besonderheiten der Verwaltung und des Retrievals
- 2 Ablauf des Multimedia-Information-Retrievals
- 3 Daten eines Multimedia-Retrieval-Systems
- 4 Feature
- 5 Eignung verschiedener Retrieval-Modelle**
- 6 Multimedia-Ähnlichkeitsmodell

Boolesches Modell, Eignung

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- basiert auf Mengentheorie und Boolescher Algebra
- keine Unterstützung gradueller Ähnlichkeitswerte
- Semantik ist für viele Anwendungen zu scharf
- Negativbeispiel: Bildähnlichkeitssuche
- Vorteil: Konstruktion komplexer Anfragen mittels Boolescher Junktoren

Fuzzy-Modell, Eignung

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- Verallgemeinerung Boolesches Modell um graduelle Zugehörigkeitswerte (Ähnlichkeitswerte)
- Junktoren auf Zugehörigkeitswerten ermöglichen Konstruktion komplexer Anfragen
- Import von Zugehörigkeitswerten (Ähnlichkeitswerten) aus Vektorraummodell
- ermöglicht Einbindung relationaler Anfragen

Vektorraummodell

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- Feature-Werte von Medienobjekten als geometrische Objekte im Vektorraum
- Verfahren der linearen Algebra für Retrieval einsetzbar
- gute Grundlage zur Ermittlung von Ähnlichkeitswerten (viele Distanz- und Ähnlichkeitsfunktionen verfügbar)

Overview

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- 1 Besonderheiten der Verwaltung und des Retrievals
- 2 Ablauf des Multimedia-Information-Retrievals
- 3 Daten eines Multimedia-Retrieval-Systems
- 4 Feature
- 5 Eignung verschiedener Retrieval-Modelle
- 6 **Multimedia-Ähnlichkeitsmodell**

Multimedia-Ähnlichkeitsmodell

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

- viele Möglichkeiten zur Berechnung von Ähnlichkeitswerten
- hier vereinfachtes, verallgemeinertes MM-Ähnlichkeitsmodell
- Voraussetzungen:
 - Feature-Werte gruppiert nach Feature und Extraktionsverfahren
 - Ähnlichkeitswert (RSV für *retrieval status value*): pro Medienobjekt und Ähnlichkeitsanfrage ein Ähnlichkeitswert aus $[0, 1]$
 - mehrere Feature-Gruppen: Anfrage mit mehreren Gruppen
 - mehrere Anfrageobjekte
z. B. aufgrund Nutzerprofil, positiv bewertete Objekte bei Anfrage-Iteration

Multimedia-Ähnlichkeitsmodell

Besonderheiten

Ablauf

Daten

Feature

Eignung

Ähnlichkeit

