

3D-Deskriptoren für Aufgaben der Rekonstruktion und Objekterkennung

Christian Lengert

SEMINAR "‘Rechnersehen’"

Computervision Group · FSU Jena
20. Juni 2017

Vortragsgliederung

Einführung

- 3D-Deskriptor
- Objekterkennung
- Rekonstruktion

Eigenschaften

- Struktur
- Schwierigkeiten

Auswahl

- Spin Images
- Point Signatures
- Exponential Mapping
- Exponential Mapping
- SHOT

Vergleich

- Bewertung
- Ergebnisse

Unique Signatures of Histograms for Local Surface Description

- Federico Tombari
- Samuele Salti
- Luigi Di Stefano
- University of Bologna
- 2010

Unique Signatures of Histograms for Local Surface Description

Federico Tombari, Samuele Salti, and Luigi Di Stefano

CVLab - DEIS, University of Bologna,

Viale Risorgimento, 2 - 40135 Bologna, Italy

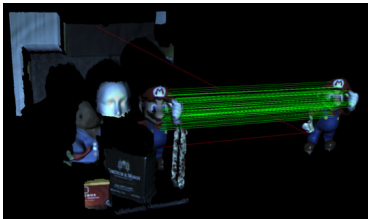
`{federico.tombari,samuele.salti,luigi.distefano}@unibo.it`

<http://www.vision.deis.unibo.it>

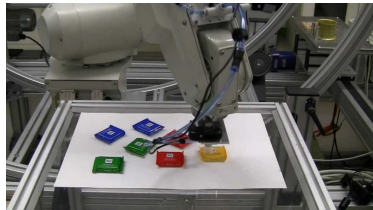
Objekterkennung

Finde bekanntes Objekt in einer Szene:

1. Berechne Deskriptoren für Modell
2. Berechne Deskriptoren für Szene
3. Vergleiche berechnete Deskriptoren



(a) Finde Objekt



(b) Bestimme Lage.

Rekonstruktion

Genauigkeit von verwendeten Verfahren nicht ausreichend.

Textur ist von entscheidender Bedeutung

Interpolation von gewonnenen Bildpunkten.

Besseres Modell der Umgebung

- Automatisierte Baumaschinen
- Automatische Landung von Raumsonden

Daten von mehreren Sensoren/Verfahren.

Kombination zu einer einzigen Punktwolke

Einführung

3D-Deskriptor

Objekterkennung

Rekonstruktion

Eigenschaften

Struktur

Schwierigkeiten

Auswahl

Spin Images

Point Signatures

Exponential Mapping

Exponential Mapping

SHOT

Vergleich

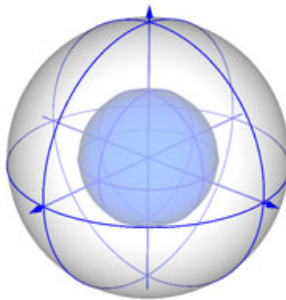
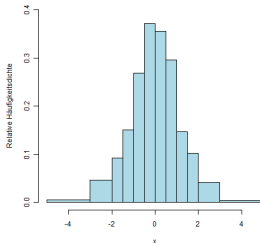
Bewertung

Ergebnisse

Was gehört dazu?

Feature Selection Welche Punkte sind *repräsentativ* für das Objekt/die Szene?

1. **Reference Frame/Axis** Welche *Referenz* wird für die Nachbarschaft gewählt
2. **Histogramm/Signatur** Welche *Berechnungsvorschrift* wird ausgeführt?
3. **Matching-Phase** Wie werden berechnete Deskriptoren verglichen?



Was sind die Schwierigkeiten?

- Geometrische Transformationen** Rotation und Translation sollen möglichst geringen Einfluss auf das Ergebnis haben.
- Skalierung** Ein in der Größe skaliertes Objekt soll die selbe Deskription erhalten.
- Punktdichte** Unterschiedliche Sensoren und Blickwinkel führen zu Schwankungen.
- Clutter** Viele Objekte, ein Durcheinander
- Verdeckung** Objekte verdecken andere
- Vorzeichen** Eindeutigkeit des Referenzsystems.

Einführung

3D-Deskriptor

Objekterkennung

Rekonstruktion

Eigenschaften

Struktur

Schwierigkeiten

Auswahl

Spin Images

Point Signatures

Exponential Mapping

Exponential Mapping

SHOT

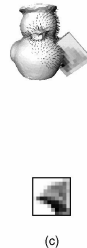
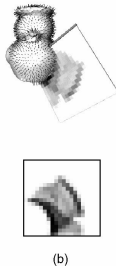
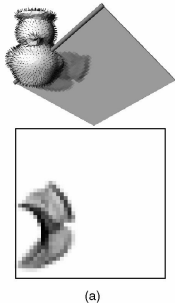
Vergleich

Bewertung

Ergebnisse

Spin Images (1999) Johnson & Herbert

- Berechne Oberflächennormale im Zielpunkt → Referenzachse
- Spanne Zylinder $z = (r, h)$ um RA auf
- rotiere **Histogramm** um RA
- Zähle Punkte auf “Umlaufbahn” (r, h) → Spin-Image
- Wähle dabei nur Punkte, deren Normale maximal einen gewählten Winkel von der Punktnormale abweicht



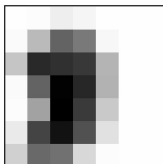
Spin Images (1999) Johnson & Herbert

Parameter Zylinderradius und -höhe, Normalenschwellenwert, Histogrammauflösung

Referenz

- Referenzachse in Punktnormale
- Nicht eindeutig aufgrund des Vorzeichens

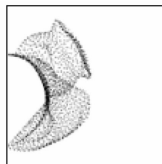
Berechnungsmethode Histogramm



(a)



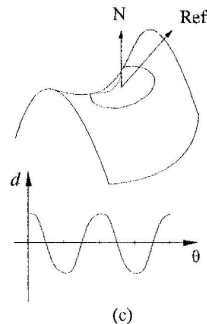
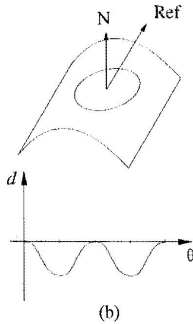
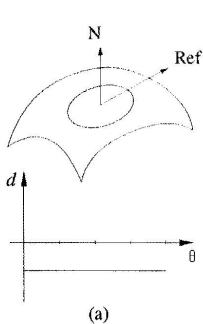
(b)



(c)

Point Signatures (1996) Chua & Jarvis

- Berechne Oberflächennormale im Zielpunkt $p \rightarrow N$
- Lege Sphäre mit Radius r um p
- Schneide Sphäre mit Oberfläche \rightarrow 3D-Kurve C
- Approximiere tangentielle Ebene an $p \rightarrow P'$
- Projiziere C auf $P' \rightarrow$ planare Kurve C'
- Wähle Referenzwinkel Θ_0 nach dem höchsten Wert in C'



Point Signatures (1996) Chua & Jarvis

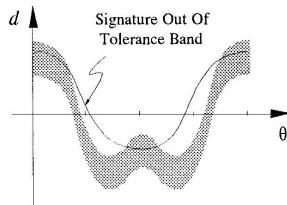
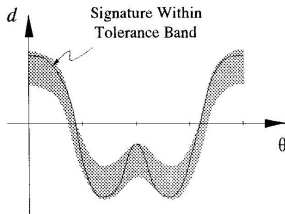
Parameter Sphärenradius, Schwellenwert

Referenz • Referenzrahmen, Normale und Startwinkel,
Anzahl der Skalen

• Variant gegenüber Skalierung, da fester Radius
→ berechne mit mehreren Radien pro Modell

Berechnungsmethode Signatur

Vergleich $|d_1(\Theta_i) - d_2(\Theta_i)| > \epsilon$



Exponential Mapping (2008) Novatnack & Nishino

- Wähle eine sphärische Nachbarschaft mit Radius σ für den Zielpunkt p
- Berechne für jeden Nachbarn die geodätischen Koordinaten $\mathbb{G}(u, v) = (d_g(u, v), \Theta_\tau(u, v))$
- Fasse die für jeden Nachbarn berechneten Tupel als skalenabhängigen Deskriptor \mathbb{G}_p^σ zusammen.
- Berechne \mathbb{G}_p^σ für mehrere σ pro Punkt um skalenunabhängigen Deskriptor zu erzeugen.



Signatures of Histogramms of Orientations

- Wähle eine sphärische Nachbarschaft mit Radius R für den Zielpunkt $p \rightarrow$ Menge von Nachbarn p_i
- Berechne Hauptachsen der Matrix M als Referenzsystem via EVD
- $M = \frac{1}{\sum_{i:d_i \geq R}} \sum_{i:d_i \geq R} (R - \|p_i - p\|_2)(p_i - p)(p_i - p)^T$
- Wähle als Achsen x, y, z die Eigenvektoren zu den ersten drei, der absteigend geordneten Eigenwerte
- Wähle Vorzeichen der Achsen nach:

$$S_x^+ = \{i : d \geq R \wedge (p_i - p) * x^+ \geq 0\}$$

$$S_x^- = \{i : d \geq R \wedge (p_i - p) * x^- \geq 0\}$$

$$x = \begin{cases} x^+, & \text{wenn } |S_x^+| \geq S_x^- \\ x^-, & \text{sonst} \end{cases}$$

- Wähle Vorzeichen für z analog und ermittle $y = z \times x$

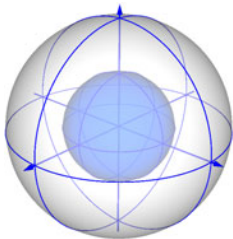
SHOT (2010) Tombari, Salti & Stefano

Idee

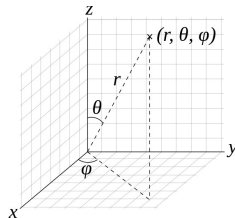
- Unterteile Nachbarschaft in Bereiche in sphärischem Koordinatensystem
- Bilde Histogramm über die auftretenden Winkel zwischen Normalen aller Punkte pro Bereich
- Vereine alle Histogramme zu einem Deskriptor

Aufteilung

durch radiale Distanz r , polaren Winkel Θ und Azimuthwinkel Φ



(a) Sphärisches Koordinatensystem



(b) Benennung

SHOT (2010) Tombari, Salti & Stefano

- Parameter** Anzahl der Auteilungen (r, Θ, Φ) für das sphärische Koordinatensystem, Anzahl der Klassen für Winkel zwischen Punktnormalen
- Referenz**
- Referenzrahmen und Referenzachse
 - Variant gegenüber Skalierung, da fester Radius
→ berechne mit mehreren Radien pro Modell
- Berechnungsmethode** Signatur von Histogrammen

Einführung

3D-Deskriptor

Objekterkennung

Rekonstruktion

Eigenschaften

Struktur

Schwierigkeiten

Auswahl

Spin Images

Point Signatures

Exponential Mapping

Exponential Mapping

SHOT

Vergleich

Bewertung

Ergebnisse

Im Experiment

Feature Points per Model 1000

Versuch 1

- 6 Modelle aus Stanford 3D Scanning Repository
- Mit jeweils einigen Modellen 45 Szenen erzeugt
- 45 Szenen mit Gaussrauschen versetzt ($\sigma \in 0.1, 0.2, 0.3$).

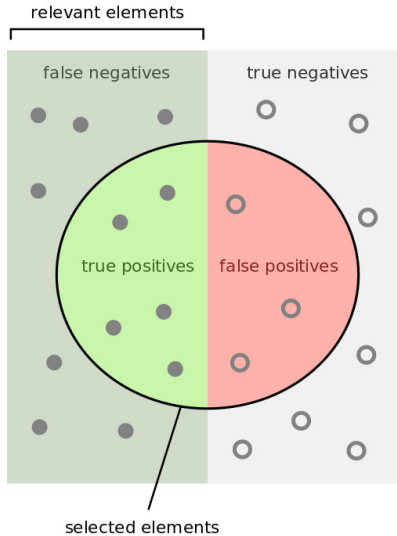
Versuch 2

- Szenen aus Versuch 1
- Subsampling $f = \frac{1}{8}$

Versuch 3

- 8 Modelle, im Labor erzeugt mit Spacetime-Stereo.
- 15 Szenen, die jeweils zwei der acht Objekte enthalten.

False-Positives?



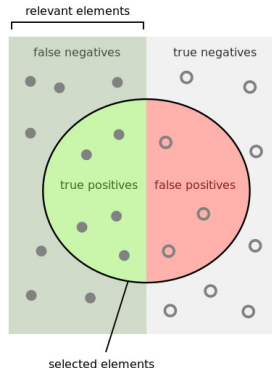
Die Maße: Precision und Recall

Wie viele der gelieferten
Muster sind relevant?

$$Precision = \frac{|TP|}{|TP| + |FP|}$$

Wie viele der richtigen Muster
wurden geliefert?

$$Recall = \frac{|TP|}{|TP| + |FN|}$$



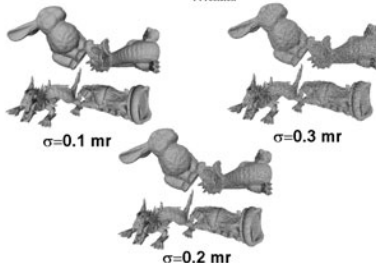
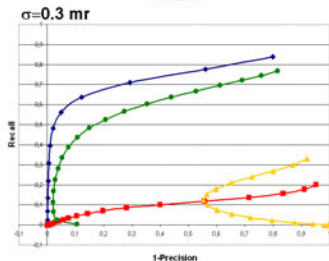
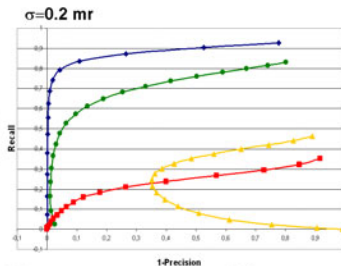
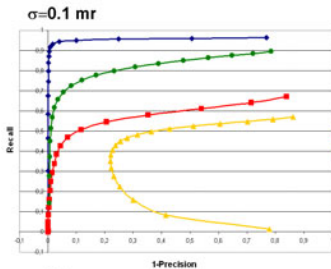
How many selected
items are relevant?



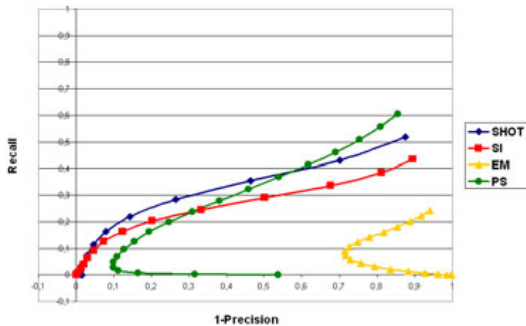
How many relevant
items are selected?



Ergebnis: Versuch 1



Ergebnis: Versuch 2



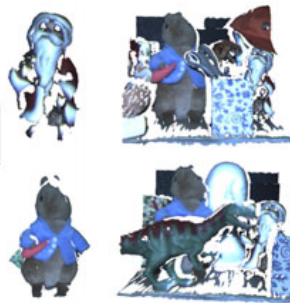
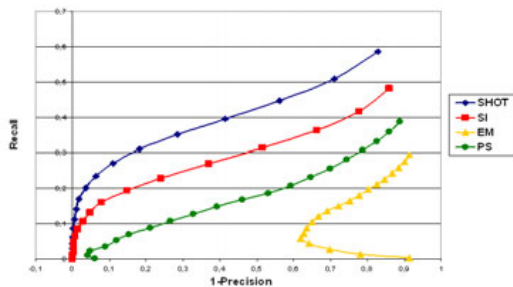
ORIGINAL



SUB-SAMPLED



Ergebnis: Versuch 3



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit