

Aw1 - Vortrag "3D-Objekterkennung im Kontext eines Assistenzroboters"

Benjamin Wagner

Department Informatik
Fakultät Technik und Informatik
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

6. Januar 2009

Inhalt

- 1 Ausgangssituation
- 2 Grundlagen
- 3 Verfahren für 3D-Objekterkennung
- 4 Ausblick

- Ziel: Der Katana-Greifarm soll Objekte autonom identifizieren und greifen können.

Katana-Greifarm:



- 6-Gelenk-Knickarm-Roboter mit Videokamera an seiner Hand

- Ziel: Der Katana-Greifarm soll Objekte autonom identifizieren und greifen können.

Katana-Greifarm:



- 6-Gelenk-Knickarm-Roboter mit Videokamera an seiner Hand
- Sendet Grauwertbilder der Videokamera zur Auswertung an einen externen PC
- Steuerung des Greifarms durch den PC auf Basis der Kamerabilder

- Ziel: Der Katana-Greifarm soll Objekte autonom identifizieren und greifen können.

Katana-Greifarm:



- 6-Gelenk-Knickarm-Roboter mit Videokamera an seiner Hand
- Sendet Grauwertbilder der Videokamera zur Auswertung an einen externen PC
- Steuerung des Greifarms durch den PC auf Basis der Kamerabilder
- Nutzlast des Arms beträgt 500 Gramm. Somit nur Greifen von kleinen leichten Gegenständen
- Keine Verletzungsgefahr für Personen, da der Roboter klein und nicht stark ist

- Ziel: Der Katana-Greifarm soll Objekte autonom identifizieren und greifen können.
- Wozu: Einsatz als Assistenzroboter

- Ziel: Der Katana-Greifarm soll Objekte autonom identifizieren und greifen können.
- Wozu: Einsatz als Assistenzroboter
- Beispiele für die Verwendung in der Praxis:
 - Autonomes Greifen von Werkstücken in Gefahrenzonen
 - Bar-Roboter, welcher auf Wunsch Getränke serviert
 - Assistenz-Roboter im Pflegebereich für das Zureichen von Gegenständen

- Ziel: Der Katana-Greifarm soll Objekte autonom identifizieren und greifen können.
- Wozu: Einsatz als Assistenzroboter
- Beispiele für die Verwendung in der Praxis:
 - Autonomes Greifen von Werkstücken in Gefahrenzonen
 - Bar-Roboter, welcher auf Wunsch Getränke serviert
 - Assistenz-Roboter im Pflegebereich für das Zureichen von Gegenständen
- Assistenzaufgaben:
 - Enthalten mehr Problematiken als nur die Identifikation und das Greifen von Gegenständen
 - Diese zusätzlichen Probleme sollen erstmal nicht berücksichtigt werden.

- Ziel: Der Katana-Greifarm soll Objekte autonom identifizieren und greifen können.
- Teilprobleme:
 - ① Festlegung von zu greifenden Gegenständen zum Beispiel via Sprachkommandos
 - ② Identifikation und Bestimmung der Lage von Gegenständen auf Basis der Videobilder
 - ③ Greifen von erkannten Gegenständen

- Ziel: Der Katana-Greifarm soll Objekte autonom identifizieren und greifen können.
- Teilprobleme:
 - ① Festlegung von zu greifenden Gegenständen zum Beispiel via Sprachkommandos
 - ② Identifikation und Bestimmung der Lage von Gegenständen auf Basis der Videobilder
 - ③ Greifen von erkannten Gegenständen
- Teilproblem 2 ist im Folgenden der Schwerpunkt. Was ist zu tun:
 - Bereitstellung von Referenzdaten für zu erkennende Objekte
 - Bildabhängige Identifikation von Objekten aus einer beliebigen Perspektive
 - Bestimmung der Pose von identifizierten Objekten

- Hohe Schnelligkeit und Qualität der Wiedererkennung von Objekten gefordert
- Es soll nur ein Objekt zur Zeit identifiziert werden können.

- Hohe Schnelligkeit und Qualität der Wiedererkennung von Objekten gefordert
- Es soll nur ein Objekt zur Zeit identifiziert werden können.
- Wenn ein Gegenstand nicht im Bild vorhanden ist, dann soll eine Suche durch die Bewegung des Greifarms ermöglicht werden. Dies soll allerdings erst später realisiert werden.

- Hohe Schnelligkeit und Qualität der Wiedererkennung von Objekten gefordert
- Es soll nur ein Objekt zur Zeit identifiziert werden können.
- Wenn ein Gegenstand nicht im Bild vorhanden ist, dann soll eine Suche durch die Bewegung des Greifarms ermöglicht werden. Dies soll allerdings erst später realisiert werden.
- Keine Identifikation von deformierbaren Gegenständen
- Keine Identifikation von Objekten die in einem Bild mehrfach vorkommen oder partiell verdeckt sind

- Markante Bildpunkte sind visuell deutlich unterscheidbare Pixel.
- Wozu: Bildabhängige Identifikation von Gegenständen ist mit Hilfe von markanten Bildpunkten möglich

- Markante Bildpunkte sind visuell deutlich unterscheidbare Pixel.
- Wozu: Bildabhängige Identifikation von Gegenständen ist mit Hilfe von markanten Bildpunkten möglich
- Einige Verfahren zur Detektion und Beschreibung von markanten Bildpunkten:
 - Scale Invariant Feature Transform (SIFT) von David G. Lowe
 - Speeded Up Robust Features (SURF) von Herbert Bay et al.

- Einzelschritte des Verfahrens(vereinfacht):
 - 1 Detektion von markanten Bildpunkten
 - 2 Beschreibung von markanten Bildpunkten durch SIFT-Merkmalsvektoren
- SIFT-Merkmalsvektoren können für eine Korrespondenzsuche zwischen einem Referenzbild und einer aufgenommenen Szene verwendet werden.

Scale Invariant Feature Transform (SIFT)

- Das Hamburger Rathaus aus zwei verschiedenen Perspektiven. Die weißen Kreuze kennzeichnen die markanten Bildpunkte.



(a)



(b)

Quelle: Lange (2008)

- Übereinstimmende markante Bildpunkte der Bilder der vorigen Folie



Quelle: Lange (2008)

- SURF basiert auf dem gleichen Prinzip wie SIFT
- SURF-Merkmalvektoren besitzen ähnliche Eigenschaften wie SIFT-Merkmalvektoren

- SURF basiert auf dem gleichen Prinzip wie SIFT
- SURF-Merkmalvektoren besitzen ähnliche Eigenschaften wie SIFT-Merkmalvektoren
- Qualität der Wiedererkennung im Vergleich zu SIFT in manchen Fällen um bis zu 10% besser
- Bestimmung von Merkmalvektoren doppelt so schnell wie SIFT
- SURF-Merkmalvektoren sind nur halb so groß wie SIFT-Merkmalvektoren

- Zum Beispiel zur Bestimmung von Eigenschaften der verwendeten Kamera auf Basis eines Kameramodells.
- Eigenschaften einer Kamera:
 - innere Kameraparameter: zum Beispiel Brennweite
 - äußere Kameraparameter: Position und Orientierung in einem Weltkoordinatensystem(kurz: Kamerapose)

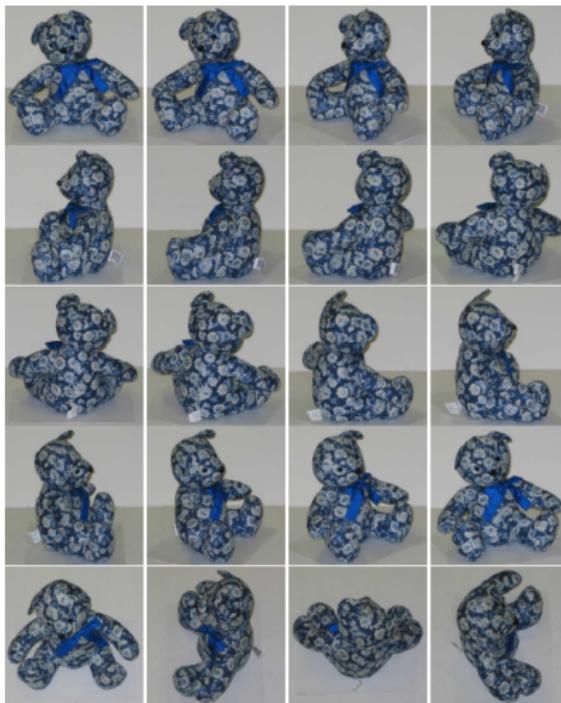
- Zum Beispiel zur Bestimmung von Eigenschaften der verwendeten Kamera auf Basis eines Kameramodells.
- Eigenschaften einer Kamera:
 - innere Kameraparameter: zum Beispiel Brennweite
 - äußere Kameraparameter: Position und Orientierung in einem Weltkoordinatensystem(kurz: Kamerapose)
- Kameramodell: Beschreibt die Abbildung von Raumpunkten $\in \mathbb{R}^3$ eines Weltkoordinatensystems auf Bildpunkte $\in \mathbb{R}^2$

- Zum Beispiel zur Bestimmung von Eigenschaften der verwendeten Kamera auf Basis eines Kameramodells.
- Eigenschaften einer Kamera:
 - innere Kameraparameter: zum Beispiel Brennweite
 - äußere Kameraparameter: Position und Orientierung in einem Weltkoordinatensystem(kurz: Kamerapose)
- Kameramodell: Beschreibt die Abbildung von Raumpunkten $\in \mathbb{R}^3$ eines Weltkoordinatensystems auf Bildpunkte $\in \mathbb{R}^2$
- Wozu Kamerakalibrierung:
 - Berechnung der Kamerapose
 - Die Pose eines identifizierten Gegenstandes erschließt sich aus der berechneten Kamerapose.

- Verfahren von Rothganger et al.
- 3D-Objektmodell als Referenz für einen zu identifizierenden Gegenstand:
 - Für die Modellierung werden in der Regel 20 Bilder aus unterschiedlichen Perspektiven von einem Objekt erstellt.

- Verfahren von Rothganger et al.
- 3D-Objektmodell als Referenz für einen zu identifizierenden Gegenstand:
 - Für die Modellierung werden in der Regel 20 Bilder aus unterschiedlichen Perspektiven von einem Objekt erstellt.
 - Die Wiedererkennung eines Objekts in einer aufgenommenen Szene ist aus fast allen Aufnahmestandpunkten möglich.

- Modellierung eines Teddybärs: 16 Bilder mittig, 4 oben



Quelle: Rothganger et al. (2006)

- Erstellung eines 3D-Objektmodells:
 - Berechnung von SIFT-Merkmalvektoren für 20 Bilder eines Gegenstandes
 - Korrespondenzsuche für jeweils 2 überlappende Bilder. => Teilmodell aus den korrespondierenden Merkmalsvektoren

- Erstellung eines 3D-Objektmodells:
 - Berechnung von SIFT-Merkmalsvektoren für 20 Bilder eines Gegenstandes
 - Korrespondenzsuche für jeweils 2 überlappende Bilder. => Teilmodell aus den korrespondierenden Merkmalsvektoren
 - Vereinigung der Teilmodelle zu einem 3D-Objektmodell bestehend aus SIFT-Merkmalsvektoren, die markante Raumpunkte in einem Objektkoordinatensystem beschreiben

- Erstellung eines 3D-Objektmodells:
 - Berechnung von SIFT-Merkmalvektoren für 20 Bilder eines Gegenstandes
 - Korrespondenzsuche für jeweils 2 überlappende Bilder. => Teilmodell aus den korrespondierenden Merkmalsvektoren
 - Vereinigung der Teilmodelle zu einem 3D-Objektmodell bestehend aus SIFT-Merkmalvektoren, die markante Raumpunkte in einem Objektkoordinatensystem beschreiben
- Identifizierung eines Gegenstandes auf Basis eines Vergleichs von SIFT-Merkmalvektoren eines aufgenommenen Bildes mit denen des Objektmodells

- Erstellung eines 3D-Objektmodells:
 - Berechnung von SIFT-Merkmalvektoren für 20 Bilder eines Gegenstandes
 - Korrespondenzsuche für jeweils 2 überlappende Bilder. => Teilmodell aus den korrespondierenden Merkmalsvektoren
 - Vereinigung der Teilmodelle zu einem 3D-Objektmodell bestehend aus SIFT-Merkmalvektoren, die markante Raumpunkte in einem Objektkoordinatensystem beschreiben
- Identifizierung eines Gegenstandes auf Basis eines Vergleichs von SIFT-Merkmalvektoren eines aufgenommenen Bildes mit denen des Objektmodells
- Berechnung der Objektpose mit Hilfe der Kamerapose

- Experimentelle Ergebnisse:
 - Wiedererkennungsrate von 88% in einer Testreihe
 - Vergleich zwischen einem Bild und einem Referenzmodell dauert durchschnittlich 6,7 Minuten

● Experimentelle Ergebnisse:

- Wiedererkennungsrate von 88% in einer Testreihe
- Vergleich zwischen einem Bild und einem Referenzmodell dauert durchschnittlich 6,7 Minuten
- Tests unter Verwendung eines PC's mit einer Rechenleistung von 3Ghz
- Verringerung der Dauer führt zu Einbußen bei der Wiedererkennungsrate

- Experimentelle Ergebnisse:
 - Wiedererkennungsrate von 88% in einer Testreihe
 - Vergleich zwischen einem Bild und einem Referenzmodell dauert durchschnittlich 6,7 Minuten
 - Tests unter Verwendung eines PC's mit einer Rechenleistung von 3Ghz
 - Verringerung der Dauer führt zu Einbußen bei der Wiedererkennungsrate
- Fazit:
 - Das Verfahren bietet zwar eine hohe Wiedererkennungsrate, aber es ist zu langsam.

- Experimentelle Ergebnisse:

- Wiedererkennungsrate von 88% in einer Testreihe
- Vergleich zwischen einem Bild und einem Referenzmodell dauert durchschnittlich 6,7 Minuten
- Tests unter Verwendung eines PC's mit einer Rechenleistung von 3Ghz
- Verringerung der Dauer führt zu Einbußen bei der Wiedererkennungsrate

- Fazit:

- Das Verfahren bietet zwar eine hohe Wiedererkennungsrate, aber es ist zu langsam.
- Man könnte versuchen die Wiedererkennung zu beschleunigen. Allerdings besteht das Risiko, dass diese Erweiterung nicht erreicht werden kann.
- Das Verfahren scheidet somit aus.

- Verfahren von Hornung und Heimann
- Eigenschaften des Verfahrens:
 - Speziell für bewegbare Roboterarme ausgelegt, die über eine Videokamera am Endeffektor verfügen.

- Verfahren von Hornung und Heimann
- Eigenschaften des Verfahrens:
 - Speziell für bewegbare Roboterarme ausgelegt, die über eine Videokamera am Endeffektor verfügen.
 - Es wird nicht die Pose eines identifizierten Gegenstandes ermittelt.
 - Stattdessen nähert sich ein Roboterarm einem identifizierten Objekt mit Hilfe eines Regelungsverfahrens bis zu einer bekannten Zielposition.

- Verfahren von Hornung und Heimann
- Eigenschaften des Verfahrens:
 - Speziell für bewegbare Roboterarme ausgelegt, die über eine Videokamera am Endeffektor verfügen.
 - Es wird nicht die Pose eines identifizierten Gegenstandes ermittelt.
 - Stattdessen nähert sich ein Roboterarm einem identifizierten Objekt mit Hilfe eines Regelungsverfahrens bis zu einer bekannten Zielposition.
 - Wenn die Zielposition erreicht wurde, dann kann der Roboterarm den Gegenstand manipulieren. Dieser Aspekt ist allerdings erstmal uninteressant.
 - Die Wiedererkennung eines Objekts in einer aufgenommenen Szene ist aus allen Aufnahmestandpunkten möglich.

- Erstellung eines Referenzmodells:
 - Es werden 64 Bilder aus unterschiedlichen Perspektiven auf einer ringförmigen Bahn um ein Objekt aufgenommen.
 - Für jedes Bild werden Merkmalsvektoren berechnet. Welches Verfahren dafür verwendet wird, wurde nicht dokumentiert.

- Erstellung eines Referenzmodells:
 - Es werden 64 Bilder aus unterschiedlichen Perspektiven auf einer ringförmigen Bahn um ein Objekt aufgenommen.
 - Für jedes Bild werden Merkmalsvektoren berechnet. Welches Verfahren dafür verwendet wird, wurde nicht dokumentiert.
 - Auf die weiteren Berechnungsschritte wird hier nicht eingegangen. Für die folgende Beschreibung reicht die Kenntnis über die 64 Bilder pro Objektmodell aus.

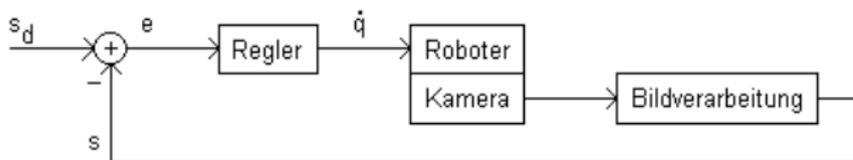
- Erstellung eines Referenzmodells:
 - Es werden 64 Bilder aus unterschiedlichen Perspektiven auf einer ringförmigen Bahn um ein Objekt aufgenommen.
 - Für jedes Bild werden Merkmalsvektoren berechnet. Welches Verfahren dafür verwendet wird, wurde nicht dokumentiert.
 - Auf die weiteren Berechnungsschritte wird hier nicht eingegangen. Für die folgende Beschreibung reicht die Kenntnis über die 64 Bilder pro Objektmodell aus.
- Wiedererkennung eines Gegenstandes in einem Bild:
 - Vergleich mit welchem der 64 Bilder des Referenzmodells das aktuelle Bild hinsichtlich der Merkmalsvektoren übereinstimmt.

- Erstellung eines Referenzmodells:
 - Es werden 64 Bilder aus unterschiedlichen Perspektiven auf einer ringförmigen Bahn um ein Objekt aufgenommen.
 - Für jedes Bild werden Merkmalsvektoren berechnet. Welches Verfahren dafür verwendet wird, wurde nicht dokumentiert.
 - Auf die weiteren Berechnungsschritte wird hier nicht eingegangen. Für die folgende Beschreibung reicht die Kenntnis über die 64 Bilder pro Objektmodell aus.
- Wiedererkennung eines Gegenstandes in einem Bild:
 - Vergleich mit welchem der 64 Bilder des Referenzmodells das aktuelle Bild hinsichtlich der Merkmalsvektoren übereinstimmt.
 - Das korrespondierende Bild des Referenzmodells wird als Zielbild festgelegt.

- Annäherung des Roboterarms an ein identifiziertes Objekt:
 - Der Roboterarm wird über eine Regelung solange bewegt, bis die Koordinaten der markanten Bildpunkte der aufgenommenen Szene mit denen des Zielbildes übereinstimmen.

- Annäherung des Roboterarms an ein identifiziertes Objekt:
 - Der Roboterarm wird über eine Regelung solange bewegt, bis die Koordinaten der markanten Bildpunkte der aufgenommenen Szene mit denen des Zielbildes übereinstimmen.
 - Anschließend befindet sich der Roboterarm in der gleichen Pose in der das Zielbild aufgenommen wurde.
 - Dabei reichen 4 markante Bildpunkte aus, die zu Beginn erkannt und anschließend verfolgt werden müssen.

- Annäherung des Roboterarms an ein identifiziertes Objekt:
 - Der Roboterarm wird über eine Regelung solange bewegt, bis die Koordinaten der markanten Bildpunkte der aufgenommenen Szene mit denen des Zielbildes übereinstimmen.
 - Anschließend befindet sich der Roboterarm in der gleichen Pose in der das Zielbild aufgenommen wurde.
 - Dabei reichen 4 markante Bildpunkte aus, die zu Beginn erkannt und anschließend verfolgt werden müssen.
 - Auf dem Weg zum Zielbild wird der Verarbeitungsschritt aus der unteren Grafik in einer Schleife ausgeführt.



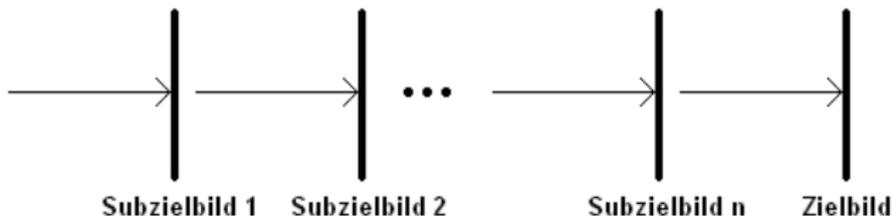
- Die bisher beschriebene Vorgehensweise wird in der Literatur als Image Based Visual Servoing (IBVS) bezeichnet.
- Führt bei einer Kamera, welche nicht kalibriert ist, zu Stabilitätsproblemen

- Die bisher beschriebene Vorgehensweise wird in der Literatur als Image Based Visual Servoing (IBVS) bezeichnet.
- Führt bei einer Kamera, welche nicht kalibriert ist, zu Stabilitätsproblemen
- Deshalb Erweiterung des Verfahrens um eine Bildtrajektorie. Image Trajectory Based Visual Servoing (ITBVS)

- Die bisher beschriebene Vorgehensweise wird in der Literatur als Image Based Visual Servoing (IBVS) bezeichnet.
- Führt bei einer Kamera, welche nicht kalibriert ist, zu Stabilitätsproblemen
- Deshalb Erweiterung des Verfahrens um eine Bildtrajektorie. Image Trajectory Based Visual Servoing (ITBVS)
- Annäherung des Roboterarms mit Hilfe einer Bildtrajektorie:
 - Um zu einem Zielbild zu gelangen stehen nun mehrere Sub-Zielbilder zur Verfügung

- Annäherung des Roboterarms mit Hilfe einer Bildtrajektorie(Fortsetzung):
 - Das erste Sub-Zielbild befindet sich dabei am weitesten vom Zielbild entfernt.
 - Folgende Sub-Zielbilder sind immer etwas dichter an dem Zielbild.

- Annäherung des Roboterarms mit Hilfe einer Bildtrajektorie(Fortsetzung):
 - Das erste Sub-Zielbild befindet sich dabei am weitesten vom Zielbild entfernt.
 - Folgende Sub-Zielbilder sind immer etwas dichter an dem Zielbild.
 - Das Regelungsverfahren wird nun sukzessive für Sub-Zielbilder ausgeführt, bis das eigentliche Zielbild erreicht wird.
 - Durch eine geringe Bewegung zwischen den Sub-Zielbildern, wird das Verfahren stabil für Kameras die nicht kalibriert sind.



- Experimentelle Ergebnisse:
 - Gegenstand aus einer Entfernung von ungefähr 1 Meter erkannt und von einem Roboterarm gegriffen
 - Annäherung an das Zielbild dauerte dabei 15 Sekunden
 - Plattform für Berechnungen wurde nicht angegeben

- Fazit:

- Die Wiedererkennung eines Objekts in einer aufgenommenen Szene ist aus allen Aufnahmestandpunkten möglich.
- Das Verfahren beinhaltet bereits eine Annäherung an ein erkanntes Objekt bis zu einer vordefinierten Zielposition.

- Fazit:

- Die Wiedererkennung eines Objekts in einer aufgenommenen Szene ist aus allen Aufnahmestandpunkten möglich.
- Das Verfahren beinhaltet bereits eine Annäherung an ein erkanntes Objekt bis zu einer vordefinierten Zielposition.
- Die Annäherung an ein Zielbild ist langsam. Hier liegt ein Verbesserungsbedarf vor.
- Die Wiedererkennungsrates wurde nicht dokumentiert.
- Da Merkmalsvektoren verwendet werden, spricht allerdings nichts gegen eine hohe Qualität hinsichtlich der Wiedererkennung.

● Fazit:

- Die Wiedererkennung eines Objekts in einer aufgenommenen Szene ist aus allen Aufnahmestandpunkten möglich.
- Das Verfahren beinhaltet bereits eine Annäherung an ein erkanntes Objekt bis zu einer vordefinierten Zielposition.
- Die Annäherung an ein Zielbild ist langsam. Hier liegt ein Verbesserungsbedarf vor.
- Die Wiedererkennungsrates wurde nicht dokumentiert.
- Da Merkmalsvektoren verwendet werden, spricht allerdings nichts gegen eine hohe Qualität hinsichtlich der Wiedererkennung.
- Das Verfahren eignet sich insgesamt für die vorliegende Problemstellung.

- **Aufgaben:**

- Einarbeitung in das Verfahren "Regelung auf Basis einer Bildtrajektorie"
- Schrittweise Entwicklung von Modulen

Umsetzung des gewählten Verfahrens

- **Aufgaben:**

- Einarbeitung in das Verfahren "Regelung auf Basis einer Bildtrajektorie"
- Schrittweise Entwicklung von Modulen

- **Zu entwickelnde Module:**

- 1 Modul zur Erstellung von Referenzmodellen für Gegenstände an die sich ein Roboterarm annähern können soll
- 2 Modul zur bildabhängigen Identifikation von Objekten aus einer beliebigen Ansicht

- **Aufgaben:**

- Einarbeitung in das Verfahren "Regelung auf Basis einer Bildtrajektorie"
- Schrittweise Entwicklung von Modulen

- **Zu entwickelnde Module:**

- ① Modul zur Erstellung von Referenzmodellen für Gegenstände an die sich ein Roboterarm annähern können soll
- ② Modul zur bildabhängigen Identifikation von Objekten aus einer beliebigen Ansicht
- ③ Modul zur Annäherung an einen identifizierten Gegenstand bis zu einer durch das Referenzmodell vorgegebenen Zielposition

Umsetzung des gewählten Verfahrens

- **Aufgaben:**
 - Einarbeitung in das Verfahren "Regelung auf Basis einer Bildtrajektorie"
 - Schrittweise Entwicklung von Modulen
- **Zu entwickelnde Module:**
 - ① Modul zur Erstellung von Referenzmodellen für Gegenstände an die sich ein Roboterarm annähern können soll
 - ② Modul zur bildabhängigen Identifikation von Objekten aus einer beliebigen Ansicht
 - ③ Modul zur Annäherung an einen identifizierten Gegenstand bis zu einer durch das Referenzmodell vorgegebenen Zielposition
- **Daraufhin Evaluierung des Verfahrens: Qualität der Wiedererkennung und Schnelligkeit der Annäherung**

- Optimierung des Verfahrens:
 - Beschleunigung der Annäherung an ein identifiziertes Objekt

- Optimierung des Verfahrens:
 - Beschleunigung der Annäherung an ein identifiziertes Objekt
 - Suche nach einem Gegenstand der nicht im Bild vorhanden ist durch die Bewegung des Roboterarms
 - Mehrfach vorhandene oder partiell verdeckte Gegenstände berücksichtigen

- Optimierung des Verfahrens:
 - Beschleunigung der Annäherung an ein identifiziertes Objekt
 - Suche nach einem Gegenstand der nicht im Bild vorhanden ist durch die Bewegung des Roboterarms
 - Mehrfach vorhandene oder partiell verdeckte Gegenstände berücksichtigen

- Zeitliches Risiko:
 - Zeit für die Erstellung der einzelnen Module reicht bis zur Masterarbeit unter Umständen nicht aus
 - In diesem Fall: Umsetzung eines fehlenden Moduls in der Masterarbeit und direkte Optimierung dieses Moduls

Danke für die Aufmerksamkeit!

Fragen?

- [Bay et al. 2006] BAY, H. ; TUYTELAARS, T. ; GOOL, L. V.: *Speeded Up Robust Features*. 2006. – URL <http://www.vision.ee.ethz.ch/~surf/eccv06.pdf>. – Zugriffsdatum: 3.12.2008
- [Hartley und Zisserman 2003] HARTLEY, R. ; ZISSERMAN, A.: *Multiple View Geometry in Computer Vision*. 2. Auflage. Cambridge University Press, 2003. – ISBN 0-521-54051-8
- [Hornung und Heimann 2005] HORNUNG, O. ; HEIMANN, B.: A model-based approach for visual guided grasping with uncalibrated system components. In: *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (2005)*, S. 226 – 232
- [Lange 2008] LANGE, E.: *Verfolgung markanter Raumpunkte in Videobildsequenzen anhand skalierungs- und rotationsinvarianter Merkmale*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Fakultät Technik und Informatik, Department Informatik, Bachelorarbeit, 2008. – URL

http://opus.haw-hamburg.de/volltexte/2008/611/pdf/bachelorarbeit_emmanuel_lange.pdf. –
Zugriffsdatum: 18.11.2008

[Lowe 2004] LOWE, D. G.: *Distinctive image features from scale-invariant keypoints*. 2004. – URL
<http://www.cs.ubc.ca/~lowe/papers/ijcv04.pdf>.
– Zugriffsdatum: 18.11.2008

[Meisel 2008] MEISEL, A.: *Skript zu 3D-Bildverarbeitung*. 2008. – URL http://www.informatik.haw-hamburg.de/uploads/media/AW_3DBV_V02.pdf. – Zugriffsdatum: 18.11.2008

[Rothganger et al. 2006] ROTHGANGER, F. ; LAZEBNIK, S. ; SCHMID, C. ; PONCE, J.: Object modeling and recognition using local affine-invariant image descriptors and multi-view spatial constraints. In: *International Journal of Computer Vision* 66 (2006), Nr. 3. – URL

<http://lear.inrialpes.fr/pubs/2006/RLSP06>. –
Zugriffsdatum: 18.11.2008