

Testprotokoll

Scan-Prozess

Testen des Scan-Prozesses bei verschiedenen Bedingungen. Es wird dabei immer ein Scanvorgang durchgeführt (inkl. Triangulationsrechnung) und anschließend werden die Positionen aller Haken angefahren. Dort werden die Abweichungen zu einer „optimalen“ Positionierung gemessen und dokumentiert. Abweichungen sind prinzipiell erlaubt. Sie sollten für ein „erfolgreiches“ Ergebnis jedoch bei jeder Testiteration gleich groß sein.

Triangulationsmethoden

Es werden die horizontale, die vertikale und die kombinierte Triangulation getestet. Für jede Methode gibt es ein separates Programm. Die Zeitwerte der Wartezeiten müssen für alle drei Methoden gleich sein.

Für den Test der Genauigkeit werden für jede Triangulationsmethode zwei Scanvorgänge durchgeführt. Für den ersten Scan wird eine Distanz zwischen Kamera und Haken von 300mm eingestellt – für den zweiten eine Distanz von 200mm. Die Differenz der Werte beider Vorgänge sollten damit 100mm betragen.

1. **Horizontale Triangulation**
 1. **Scan mit d=300mm (Kamera → Haken)**
 2. **Scan mit d=200mm**
 3. **Berechnung der Differenz aller Werte**
 4. *Aufbereitung in einer Tabelle*
2. **Vertikale Triangulation**
 1. **Scan mit d=300mm (Kamera → Haken)**
 2. **Scan mit d=200mm**
 3. **Berechnung der Differenz aller Werte**
 4. *Aufbereitung in einer Tabelle*
3. **Kombinierte Triangulation**
 1. **Scan mit d=300mm (Kamera → Haken)**
 2. **Scan mit d=200mm**
 3. **Berechnung der Differenz aller Werte**
 4. *Aufbereitung in einer Tabelle*

Wichtige Fragen zur Testreihe:

- Wie groß sind die Abweichungen?
- Lässt sich ein Vorzeichen bei den Abweichungen in Zusammenhang mit der Triangulationsmethode feststellen?
- Wie viele Fehlmessungen gibt es?
- Hängen die Fehlmessungen von der Triangulationsmethode ab?

Geschwindigkeit

Es werden mehrere Scanvorgänge bei unterschiedlichen translatorischen Geschwindigkeiten durchgeführt. Die Zeitwerte für die Wartezeiten sollten für jede Iteration gleich groß sein.

Für jede Geschwindigkeit wird ein Scanvorgang mit horizontaler Triangulation bei bekanntem Distanz-Standardwert durchgeführt.

1. $v=5\text{mm/s}$
2. $v=10\text{mm/s}$
3. $v=15\text{mm/s}$
4. $v=20\text{mm/s}$
5. $v=25\text{mm/s}$
6. $v=30\text{mm/s}$

Die Ergebnisse werden in einer Tabelle dokumentiert.

Wichtige Fragen zur Testreihe:

- *Bleiben die Werte für alle Geschwindigkeiten gleich?*
- *Ergeben sich Schwierigkeiten/Verzögerungen bei den Stopps bzw. der Detektion neuer Haken im rechten Randbereich?*
- *Wie viele Fehlmessungen gibt es in Abhängigkeit zur Geschwindigkeit?*

Helligkeit Ringlicht

Es werden mehrere Scanvorgänge (horizontale Triangulation) bei unterschiedlicher Helligkeit des Ringlichts durchgeführt.

1. Mit Helligkeitsregelung (normaler Vorgang)
2. Licht aus
3. 20%
4. 40%
5. 60%
6. 80%
7. 100%

Die Ergebnisse werden in einer Tabelle (für 5 ausgewählte Haken) dokumentiert.

Wichtige Fragen zur Testreihe:

- *Gibt es Unterschiede in der Genauigkeit der Werte für den gleichen Haken?*
- *Wie viele Fehlmessungen gibt es in Abhängigkeit des Helligkeitswerts?*
- *Führt eine Über- oder Unterbelichtung zu größeren Abweichungen in den Pixelkoordinaten (NN-Output) ?*
- *Einschätzung: Wie schlimm ist ein Ausfall der Beleuchtung bzw. wie stark hängen die Ergebnisse von einer Abweichung in der Helligkeit ab?*
- *Gibt es Fehldetektionen im Output des neuronalen Netzes bei unüblichen Helligkeitseinstellungen?*

Hakenmodell

Es werden mehrere Scanvorgänge (horizontale Triangulation) für jedes Hakenmodell durchgeführt. Anschließend an den Scanvorgang wird jeder Haken mit einer Schablone angefahren und die Abweichungen zu „optimalen“ Position werden gemessen.

1. **Modell A – Horizontale Triangulation – Standard-Distanz**
2. **Modell B – Horizontale Triangulation – Standard-Distanz**
3. **Modell C – Horizontale Triangulation – Standard-Distanz**
4. **Modell D – Horizontale Triangulation – Standard-Distanz**

Jeder Haken wird mit der Schablone angefahren und Abweichungen gemessen.

Wichtige Fragen zur Testreihe:

- *Wie gut funktioniert die Verarbeitung unterschiedlicher Hakenmodelle?*
- *Abweichungen in Abhängigkeit von Hakenmodelle*
- *Theorie: Bezugnahme zu Trainings-Datenset NN – Lassen sich die Anteile des Datensets hier auch beobachten?*

Kameraposition

Es werden mehrere Scanvorgänge (horizontale Triangulation) für verschiedene Kamerapositionen am Roboter ausprobiert. Je nach Kameraposition lassen sich perspektivische Verzerrungen verkleinern bzw. möglicherweise vollständig eliminieren.

Für jede Position werden alle 4 Hakenmodelle eingescannt. Für jedes Hakenmodell wird anschließend an den Scan ein Positionstest mit der Schablone durchgeführt.

1. Frontale Position (Standard)

1. Hakenmodell 1

1. Scan
2. Positionstest mit Schablone für 5 Haken
3. *Dokumentation der Abweichungen für jeden Haken*

2. Hakenmodell 2

1. Scan
2. Positionstest mit Schablone für 5 Haken
3. *Dokumentation der Abweichungen für jeden Haken*

3. Hakenmodell 4

1. Scan
2. Positionstest mit Schablone für 5 Haken
3. *Dokumentation der Abweichungen für jeden Haken*

2. 30-Grad von links

1. Hakenmodell 1
2. Hakenmodell 2
3. Hakenmodell 4

3. 30-Grad von rechts

1. Hakenmodell 1
2. Hakenmodell 2
3. Hakenmodell 4

4. 30/20-Grad von links

1. Hakenmodell 1
2. Hakenmodell 2
3. Hakenmodell 4

5. 30/20-Grad von rechts

1. Hakenmodell 1
2. Hakenmodell 2
3. Hakenmodell 4

Jeder Haken wird mit der Schablone angefahren und Abweichungen gemessen.

Wichtige Fragen zur Testreihe:

- *Für jede Hakenleiste gesondert zu betrachten*
 - *Welche Kameraposition ergibt die kleinsten Abweichungen bei der Positionierung?*
 - *Gibt es Unterschiede zwischen Spitze und Senke in Bezug auf die Kameraposition?*
- *Welche Position bietet den besten Kompromiss?*
- *Gibt es Probleme mit Singularitäten oder Trajektorien bei bestimmten Kamerapositionen?*

Einfädel-Prozess

Testen der Einfädelung des Bauteils am Haken über die fest berechnete Trajektorie.

Variieren des Hakens (im gleichen Modell)

Es wird ein Scanvorgang für ein Hakenmodell durchgeführt und anschließend wird der Einfädelprozess bei mehreren Haken durchgeführt. Dieser wird bei unterschiedlichen Haken (des gleichen Modells) getestet. Die Haken sollten so gewählt sein, dass sie möglichst „unterschiedlich“ sind – Verbiegungen, Haken-Dicke, ...

1. **Hakenmodell 1**
 1. **Dokumentation der ausgewählten Haken (Bilder)**
 2. **Scan-Vorgang**
 3. **für jeden ausgewählten Haken**
 1. **Anfahren und Einfädeln (Step-for-step)**
 2. **Dokumentation jedes Trajektorien-Punkts**
 1. **Bild**
 2. **Abweichungen (gemessen)**
 3. **Dokumentation der Regler-Stellgrößen**
 4. **Zusammentragen aller ausgewählten Haken**
 1. **Hakenbild**
 2. **Trajektorien-Bilder**
 3. **Abweichungen**
2. **Hakenmodell 2**
 1. **(...)**
3. **Hakenmodell 3**
 1. **(...)**
4. **Hakenmodell 4**
 1. **(...)**

Wichtige Fragen zur Testreihe:

- *Funktioniert das Einfädeln generell?*
- *Betrachtung der rotatorischen Regelung*
- *Betrachtung der translatorischen Regelung*
- *Funktioniert die Anpassung der Trajektorie an verschiedenen Haken – Test der Reaktion auf Abweichungen in den Haken?*
- *Welches Hakenmodell funktioniert am besten?*

Länge der Path Points

Vergleichbar mit den Tests zuvor – Die Länge des Pfads zwischen Spitze und Senke wird hier variiert – nur für einen ausgewählten Haken.

1. **N = 0 – direkte Gerade durch Spitze und Senke**
 1. **Hakenmodell 1**
 1. *Scan-Werte können von vorher genutzt werden*
 2. **für ausgewählte Haken**
 1. **Anfahren und Einfädeln**
 2. **Dokumentation jedes Trajektorien-Punkts (Spitze und Senke)**
 1. **Bild**
 2. **Abweichungen (Messung)**
 3. **Dokumentation der Regler-Stellgrößen**
 2. **Hakenmodell 2**
 1. (...)
 3. **Hakenmodell 4**
 1. (...)
2. **N = 1 - ein Zwischenpunkt**
 1. **Hakenmodell 1**
 1. (...)
 2. **Hakenmodell 2**
 1. (...)
 3. **Hakenmodell 4**
 1. (...)
3. **N = 3 – drei Zwischenpunkte**
 1. **Hakenmodell 4**
 1. (...)
4. **N = 5 – fünf Zwischenpunkte**
 1. **Hakenmodell 4**
 1. (...)
5. **N = 10 – zehn Zwischenpunkte**
 1. **Hakenmodell 4**
 1. (...)

Wichtige Fragen zur Testreihe:

- *Kompromiss - Wie viele Punkte müssen es mindestens sein, um mit akzeptabler Genauigkeit einzufädeln?*
- *Betrachtung der rotatorischen Regelung*
- *Betrachtung der translatorischen Regelung*

Suchverfahren für Pfad zwischen Spitze und Senke

Vergleichbar mit den Tests zuvor – Unterschied zwischen BFS und A* zum Finden des Pfads zwischen Spitze und Senke.

1. **Breitensuche BFS**
 1. Scan-Dict kann von vorher genutzt werden
2. **Finden von N Zwischenpunkten**
 1. N=1
 2. N=5
 3. N=10
 4. N=20
3. **Messung der Berechnungszeit**
 - 4.
2. **A***
 1. (...)

Wichtige Fragen zur Testreihe:

- Betrachtung der Zeitwerte?
- Gegenüberstellung von BFS und A*
- Welche Methode ist besser in Abhängigkeit zur Punktzahl?
- Wir brauchen max. 10 Punkte (vgl. mit Messung zuvor) – Welche Methode ist besser?
- Welche Methode liefert kontinuierlichere Werte?

Taktzeitbetrachtung

Tests zur Taktzeitbetrachtung in Bezug auf den vollständigen Prozess.

1. Scan-Prozess
 1. Horizontale Triangulation
 1. kumulierte Zeit der Fahrwege
 2. kumulierte Zeit für Triangulationsrechnung
 2. Vertikale Triangulation
 1. (...)
 3. Kombinierte Triangulation
 1. (...)
2. Positionieren
 1. Hakenmodell 1
 2. Hakenmodell 2
 3. Hakenmodell 3
 4. Hakenmodell 4
3. Einfädeln
 1. Hakenmodell 1
 1. Path Points N=1
 2. Path Points N=5
 3. Path Points N=20
 2. Hakenmodell 4
 1. Path Points N=1
 2. Path Points N=5
 3. Path Points N=20
4. vollständiger Prozess – 1 Zyklus (1 Teil einhängen)
 1. Scan – Horizontale Triangulation
 2. Positionierung
 3. Teil greifen
 4. Positionieren
 5. Einfädeln
 6. Teil loslassen
 7. Zurückfahren zum nächsten Teil
 8. Stopp
5. vollständiger Prozess für alle Haken
 1. (...)

Wichtige Fragen zur Testreihe:

- Welche Prozesse dauern besonders lange?
- Können lange Prozesse evtl. verkürzt werden?
- Wie wirken sich Verkürzungen auf die Genauigkeit aus?