

Pflichtenheft für das Thema „3D-Punktwolkenregistrierung mit Festkomma-Arithmetik“

Betreuer: *Andreas Nüchter*

Tom Fleischmann, Jonas Wiesner, Yannik Winzer

20.05.2025

1 Zielbestimmung

Folgende Funktionalitäten werden im Rahmen des Projektes 3D-Punktwolkenregistrierung mit Festkomma-Arithmetik festgehalten:

1.1 Muss-Kriterien

1. Auschecken eines eigenen Branches des 3DTK in GitHub zur Entwicklung, Codeverfolgbarkeit und Kollaboration
2. Erstellung einer Datei für den ICP-Algorithmus in C++, Modifikation der CMake-List, sodass diese Datei bei Ausführung des Projekts gebaut wird
3. Implementierung einer einfachen Variante des ICP-Algorithmus. Dies beinhaltet ...
 - a) ... die Suche des nächsten Nachbarn nach der *Brute Force*-Methode
 - b) ... das Lösen des Minimalproblems mithilfe der *Approximations*-Methode
4. Entwicklung der Funktionalitäten mit Festkomma-Arithmetik und Anpassung aller Abhängigkeiten auf die Festkomma-Arithmetik mit der SystemC-Library
5. Erstellung eines Entwicklerhandbuchs
6. Erstellung von Hilfe-Anweisungen und einer Man-Page

1.1.1 Halbzeit-Ziele

Die folgenden Muss-Kriterien aus 1.1 werden spätestens zur Halbzeit (18.07.2025) garantiert:

- Punkt 1 vollständig
- Punkt 2 vollständig
- Punkt 3 in Teilen
- Die Hilfestellungen und das Entwicklerhandbuch werden prozessbegleitend erstellt, enthalten also zur Halbzeit des Projektes die Informationen zum aktuellen Funktionsstand

1.1.2 Zuständigkeiten

- Innerhalb des Projektes werden keine fixen Zuständigkeiten bzgl. der Programmierung verteilt. Das liegt an der Wahl des agilen Projektmanagement-Ansatzes SCRUM. Im Rahmen von zweiwöchentlichen Sprints werden die Aufgaben dynamisch neu verteilt.
- Aufgaben, bei denen eine Zuständigkeitsbestimmung dennoch Sinn ergibt, sind wie folgt verteilt:
 - (Git) Branch Management: Jonas Wiesner
 - Scrum Master & Project Management: Yannik Winzer
 - Product Owner: Andreas Nüchter
 - Entwicklerhandbuch: Jonas Wiesner
 - Hilfe-Anweisungen und Man-Page: Tom Fleischmann

1.2 Kann-Kriterien

- Austesten verschiedener Längen (Anzahl der Vorkomma- und Nachkommastellen) der Festkomma-Zahlen zur Ergebnisvalidierung

1.3 Abgrenzungskriterien

- Die Festkomma-Arithmetik soll nur bezüglich des ICP-Algorithmus eingesetzt werden; alle anderen Funktionalitäten bleiben auf der Fließkomma-Arithmetik
- Implementierung weiterer Varianten des ICP-Algorithmus, die ...
 - ... die Suche des nächsten Nachbarn mithilfe eines k-dimensionalen Baums (k-d-Baum), mit Approximate Nearest Neighbors (ANN) oder Octree durchführen und
 - ... das Minimalproblem über Singulärwert- bzw. Eigenwertverfahren lösen
- Eine intensive Validierung des Programmcodes in Bezug auf Laufzeitmessungen ist nicht Teil des Projektes

2 Einsatz

2.1 Anwendungsbereiche

Der ICP-Algorithmus wird vor allem dort eingesetzt, wo 3D-Daten bestehend aus Punktwolken verglichen und ausgerichtet bzw. zusammengeführt werden müssen. Daher liegt das primäre Anwendungsgebiet in der Robotik und der Sensorik.

2.2 Zielgruppe

Durch die Festkomma-Arithmetik ist es möglich, den Algorithmus auf Platineebene einzusetzen. Als Zielgruppe kristallisieren sich deshalb alle Industrien heraus, die eine hardwarenahe Verarbeitung der 3D-Daten von Sensoren benötigen. Als Beispiel lässt sich die Automobilindustrie nennen mit einem Use Case im autonomen Fahren.

Im Konkreten ist die Zielgruppe des Projekts der Informatik-Lehrstuhl 17 (Robotics) der Universität Würzburg.

3 Umgebung

3.1 Software

Versionsnummern beziehen sich auf die Mindestversion. Höhere Versionen können auch in Betracht gezogen werden.

- 3D Toolkit (3DTK): <https://github.com/JMUWRobotics/3DTK>
- Programmiersprache: C++
- Entwicklungsumgebung: emacs (v27.1) mit Compiler: g++ (v11.4)
- SystemC (<https://github.com/accelera-official/systemc>)
- Versionsverwaltung: git (v2.34.1)
- Betriebssystem: Linux (zusätzliche grafische Oberfläche mit Ubuntu / Xubuntu (v22) möglich)

3.2 Hardware

Die Hardware muss allen Anforderungen der im vorherigen Punkt genannten Software genügen.

4 Funktionalität

In Kapitel 2 wurden bereits Einsatzgebiete des Projektergebnisses erläutert. Nachdem das Projekt-Ergebnis auf Verwertbarkeit überprüft wurde, kann der umgeschriebene Algorithmus schließlich auf Hardware (Bauen eines Chips) übertragen werden. Die entstandene Hardware kann in Sensornähe zum direkten Ausrichten und Zusammenführen verschiedener Punktwolken fungieren.

5 Daten

Es werden keine eigenen Daten erfasst. Entsprechende Punktwolken-Datensätze zur Verwendung und Validierung sind vorhanden. Der Algorithmus richtet vermeintlich verschiedene Punktwolken in ein gemeinsames Koordinatensystem aus. Das Resultat des Algorithmus ist also die errechnete Rotation und Translation der Punktwolken.

6 Leistungen

Die Implementierung des ICP-Algorithmus sowie der Festkomma-Arithmetik soll weitestgehend performant sein und spätestens am 19.09.2025 übergeben werden.

7 Qualitätsziele

Der Code soll gut kommentiert und klar strukturiert sein, sodass sich neue Entwicklerinnen und Entwickler gut in dem Projekt zurechtfinden und es leicht erweitern und ändern können. Um dies zu erleichtern, wird außerdem ein Entwicklerhandbuch erstellt.

Das Ergebnis des Projekts soll eine hohe Benutzerfreundlichkeit haben und für Anwenderinnen und Anwender wird zusätzlich eine Hilfe-Funktion sowie eine Man-Page bereitgestellt.