

Studie zum Einsatz einer Game Engine zur Auswertung von Lawinenmessdaten

Ein Ansatz zur physikbasierten Pfadrekonstruktion mittels einer Game Engine

Diplomand



Mike van den Engel

Ausgangslage: Im Rahmen des Forschungsprojekts Alpine Guard wurde eine kostengünstige Sensorplattform (AvaNode) zur Analyse von Lawinendynamiken entwickelt. Eine zentrale Herausforderung ist dabei die Verarbeitung der Daten des verbauten MEMS-Inertialsensors (IMU). Dessen Rohdaten sind fehlerbehaftet und die interne Sensorfusion ist unzureichend. Diese Bachelorarbeit untersucht, wie eine realitätsnahe Rekonstruktion der Sondenbewegung in der Unreal Engine 5 durch Kräfte realisiert werden kann. Anstatt gängige Filter zu nutzen, wird das Potenzial der "Chaos"-Physik-Engine genutzt. Ziel ist die Entwicklung eines Frameworks, das rohe IMU-Daten verarbeitet, die 3D-Orientierung schätzt und den Drift mittels GPS korrigiert, um eine physikalisch plausible Simulation zu erzeugen.

Vorgehen: Iterative Entwicklung: Das C++ Framework wurde schrittweise aufgebaut. Dies umfasste den Datenimport, die Implementierung der Kernlogik (Rotation, Translation) und die Erweiterung um eine GPS-basierte Driftkorrektur (PBD). Jeder Schritt wurde mit generierten Testdaten verifiziert.

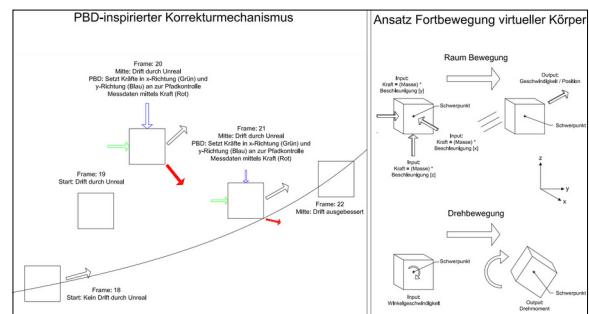
Finale Validierung: Das fertige System wurde mit den realen Felddaten des AvaNode getestet. Ziel war die Analyse der Simulationsdynamik sowie die Identifikation der Limitationen von Sensorhardware und dem Simulationsansatz.

Fazit: Die Tests zeigten, dass das entwickelte Framework an sich funktionstüchtig ist und selbst mit leicht verrauschten, generierten Testdaten eine stabile, physikalisch plausible Rekonstruktion ermöglicht. Insbesondere der PBD-inspirierte Mechanismus erwies sich dabei als prinzipiell funktionstüchtig, um Drift bei moderaten Abweichungen auszugleichen. Die realen Felddaten zeigten jedoch, dass die Chaos Physics Engine allein überfordert ist und ein Sensorfusions-Algorithmus wie der implementierte Mahony-Filter zur Orientierungsschätzung unerlässlich ist. Im Feldversuch versagte diese Orientierungsschätzung bei schnellen Rotationen, was eine korrekte Gravitationskompensation verunmöglichte und fehlerhafte Beschleunigungswerte in das dynamische Modell hineinliefert. Eine wesentliche Ursache dürfte in den Limitationen der Hardware liegen. Die Inertialsensorik (Gyroskop, Beschleunigungssensoren) sättigte bei hohen Rotationen und Stößen, während das GPS-Modul unplaubliche Referenzpunkte lieferte, was auch die PBD-Driftkorrektur wirkungslos machte. Die zentrale Erkenntnis ist, dass die Qualität der Datenerfassung die absolute Grundlage bildet und die unzureichende Hardware ein Post-Processing der Daten zwingend erfordert.

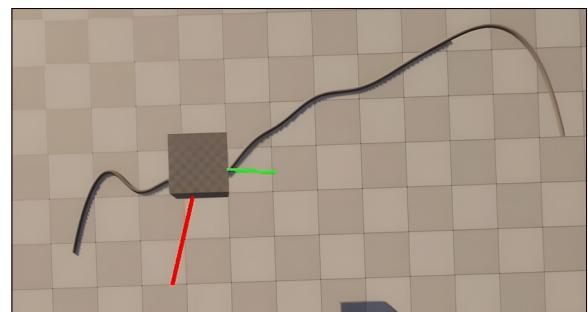
Der Ansatz, eine dynamische Simulation durch

diktierte, kinematische Messdaten aufzubauen, ist nur begrenzt sinnvoll. Jede Interaktion mit dem Pfad macht die aufgezeichneten Folgedaten sofort ungültig und degradiert die Simulation zu einer reinen Visualisierung. Die eigentliche Stärke einer Physik-Engine liegt im Generieren neuer, simulierter Daten durch die autonome Berechnung von physikalischen Randbedingungen, nicht im Befolgen eines Pfades. Für allgemeine physikalische Analysen wäre es daher zielführender, die reale Umgebung in die Simulation einzuladen und die Lawinendynamik Stück für Stück aufzubauen, um eine vollständig autonome Berechnung zu ermöglichen.

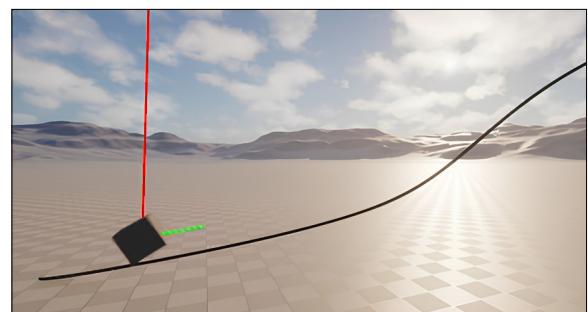
Links: Skizze Funktionsweise PBD zur Driftkorrektur; Rechts: Ansatz Fortbewegung Simulationskörper Eigene Darstellung



Bewegung in 2D zum Soll-Pfad (Spline). Rot: angreifende Kraft, Grün: resultierende Geschwindigkeit.
Eigene Darstellung



Bewegung & Rotation in 3D zum Soll-Pfad (Spline). Rot: angreifende Kraft, Grün: resultierende Geschwindigkeit.
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Felix Nyffenegger

Korreferent
Marco Egli, Intelliact AG, Zürich, ZH

Themengebiet
Sensorik,
Maschinenbau-
Informatik