

Alpine Guard - Digital Shadow

Bewegungsrekonstruktion des AvaNode mittels kalibrierter Sensorfusion

Diplomand



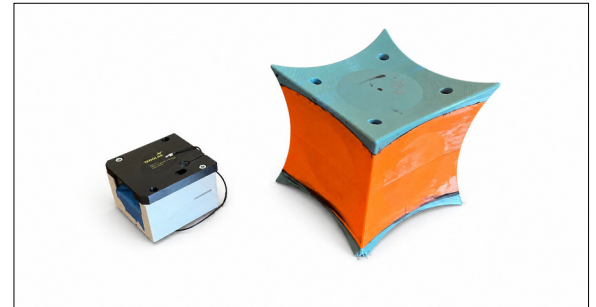
Dominik Hilber

Ausgangslage: Im Forschungsprojekt AlpineGuard werden AvaNodes eingesetzt, um die Bewegung einzelner Sensorknoten (AvaNodes) innerhalb von Schneelawinen zu erfassen. Dafür zeichnen sie Daten einer inertialen Messeinheit (IMU), eines Magnetometers und eines GNSS-Empfängers auf. Für die spätere Simulation und Analyse eines Lawinenabgangs müssen sowohl die Trajektorie als auch die Eigenrotation der AvaNode rekonstruiert werden. Diese Bewegungsdaten tragen dazu bei, die Dynamik innerhalb der Lawine besser zu verstehen und eine belastbare Grundlage für die weitere Lawinenforschung zu schaffen. Da die Rohdaten unterschiedliche Einheiten, Messfehler, Rauschen und Drift enthalten, müssen sie aufbereitet und miteinander kombiniert werden. Daraus entsteht ein Digitaler Schatten, der die Bewegung des AvaNode realitätsnah abbildet.

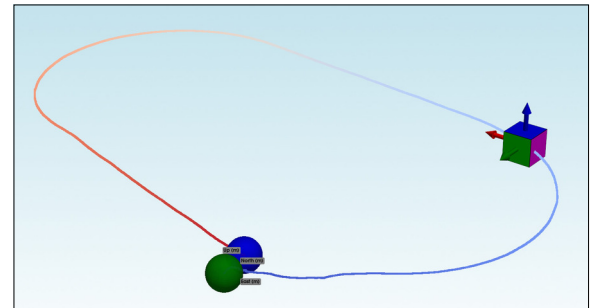
Vorgehen / Technologien: Die Sensordaten werden in einer modularen Software-Pipeline verarbeitet. Zunächst werden die Rohdaten strukturiert und in physikalische Einheiten umgerechnet. Für die Kalibrierung werden Stillstands-, Sechsstellungen-, Rotations- und Kugeltests ausgewertet. Daraus werden Biasvektoren, Kalibriermatrizen sowie Hard- und Soft-Iron-Korrekturen für Beschleunigungssensor, Gyroskop und Magnetometer bestimmt und auf die Messdaten angewendet. Anschliessend werden die kalibrierten Sensorsignale gefiltert, um Rauschen und Ausreisser zu reduzieren. Die aufbereiteten IMU- und Magnetometerdaten werden mit verschiedenen Sensorfusionsalgorithmen verarbeitet. Daraus wird die Orientierung des AvaNode als Quaternion bestimmt und gemeinsam mit den GNSS-Daten zur Rekonstruktion und Visualisierung der Bewegung verwendet.

Ergebnis: Die entwickelte Software-Pipeline funktioniert zuverlässig und ermöglicht die automatisierte Verarbeitung, Kalibrierung, Filterung und Sensorfusion der AvaNode-Messdaten. Sowohl der Madgwick-Filter als auch der EKF bilden die ausgeführten Rotationen grundsätzlich korrekt ab, weisen jedoch einen zeitabhängigen Orientierungsdrift auf. Zusätzlich konnte die Pipeline in verschiedenen Tests erfolgreich angewendet

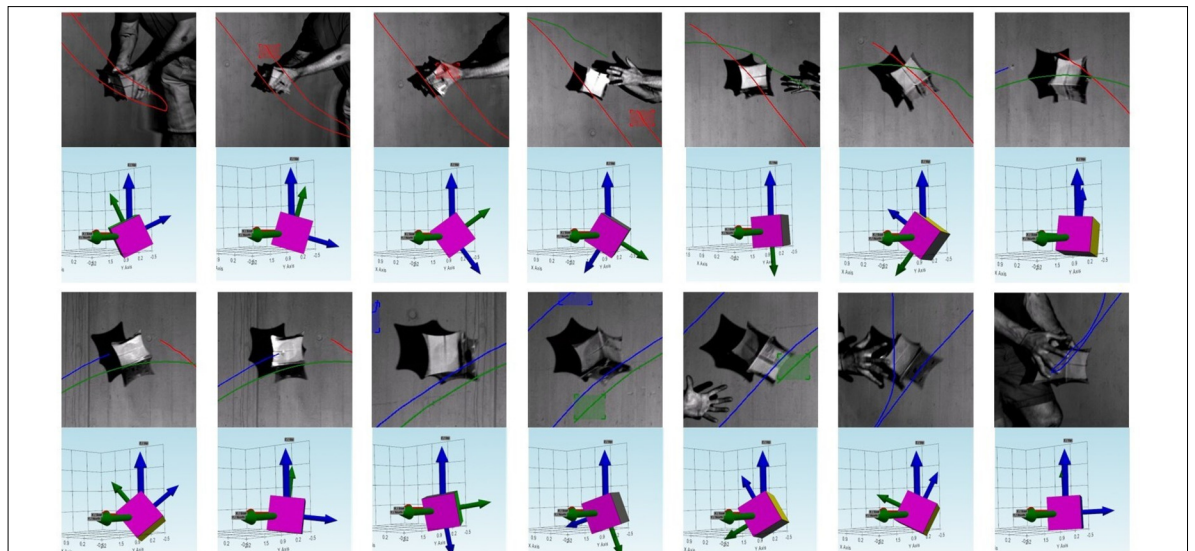
AvaNode-Sensorknoten (links) und Schutzgehäuse für den Einsatz in Schneelawinen (rechts).
Eigene Darstellung



Visualisierung des Digitalen Schattens mit rekonstruierter Trajektorie und Orientierung des AvaNode.
Eigene Darstellung



Verlauf des Wurftests mit rekonstruierter Eigenrotation des AvaNode.
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Felix Nyffenegger

Korreferent

Marco Egli, Intelliact AG

Themengebiet

Maschinenbau-Informatik, Sensorik, Mechatronik und Automatisierungstechnik