

Bild 3: Wasserfalldiagramm eines Jamming Eves, aufgezeichnet durch ein OHB Austria GIDAS System

Technische Maßnahmen zur Erhöhung der Resilienz

Zur Absicherung von GNSS-basierten Systemen ist ein abgestufter technischer Ansatz erforderlich, der bei der Entwicklung im Labor beginnt, im Betrieb durch Monitoring der Signalumgebung ergänzt wird und durch aktive Maßnahmen zur Störunterdrückung abgeschlossen wird.

Test und Validierung unter kontrollierten Bedingungen

Die Grundlage für robuste GNSS-Systeme bildet die gezielte Untersuchung von Störeinflüssen unter reproduzierbaren Bedingungen. Mithilfe von GNSS-Signalsimulatoren lassen sich komplexe Szenarien realitätsnah im Labor nachbilden. Dabei können gleichzeitig Signale mehrerer Satellitenkonstellationen und Frequenzbänder sowie unterschiedliche Formen von Jamming und Spoofing erzeugt werden.

Zu den simulierbaren Störformen zählen kontinuierliche Träger (CW), modulierte Signale (AM, FM, PM), breitbandiges Rauschen sowie komplexe Signalformen wie Chirp oder gepulste Signale. Auch Spoofing-Szenarien, etwa Meaconing oder gezielte Manipulation

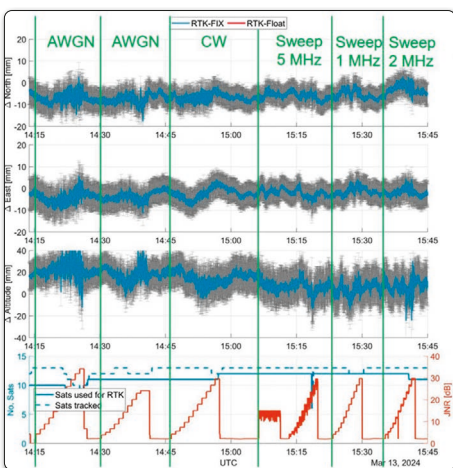


Bild 5: Darstellung von Testsignalen für ein CRPA-Guard GNSS Vorschaltgerät mit RTK. Auch unter unterschiedlichen Störsignalen ist eine Positionsgenauigkeit im mm-Bereich möglich.



Bild 4: OHB Austria GIDAS System in der portablen Version

von Navigationsdaten, können unter kontrollierten Bedingungen getestet werden.

Ein wesentlicher Vorteil dieses Vorgehens liegt in der vollständigen Kontrolle und Wiederholbarkeit der Tests. Dadurch können Schwachstellen systematisch identifiziert und Empfänger gezielt optimiert werden, bevor sie im realen Einsatz verwendet werden (Bild 1 und 2).

Monitoring und Detektion der Signalumgebung

Zusätzlich zu den im Labor gewonnenen Erkenntnissen ermöglicht die kontinuierliche Überwachung der GNSS-Signalumgebung die Erkennung von Störungen im Betrieb. Dabei werden Parameter wie Signalstärke, spektrale Verteilung und Träger/Rausch-Verhältnis und viele andere mehr analysiert, um Abweichungen vom Normalzustand zu identifizieren und wenig Falschalarme auszulösen.

Detektionssysteme erfassen Interferenzen, klassifizieren deren Eigenschaften und ordnen sie zeitlich ein. In stationären Anwendungen kommen häufig mehrere räumlich verteilte Sensoren zum Einsatz, deren Daten in einem zentralen System zusammengeführt werden. Ergänzend stehen portable Lösungen für Feldmessungen sowie eingebettete Varianten zur Integration in bestehende Plattformen zur Verfügung.

Das Monitoring liefert damit ein kontinuierliches Lagebild der GNSS-Signalqualität und bietet die Grundlage für weiterführende Maßnahmen (Bild 3 und 4).

Aktive Unterdrückung von Störsignalen

Für den Betrieb unter gestörten Bedingungen werden adaptive Antennensysteme (CRPA – Controlled Reception Pattern Antenna) eingesetzt, die Störsignale direkt am Eingang des GNSS-Empfängers reduzieren. Diese Systeme nutzen mehrere Antennenelemente und digitale Signalverarbeitung, um räumliche Filter zu realisieren.

Durch Verfahren wie Nulling wird in Richtung der Störquelle ein Minimum im Antennendiagramm erzeugt, während gleichzeitig

die Signale der Satelliten durch Beamforming verstärkt werden. Grundlage hierfür sind adaptive Algorithmen, beispielsweise auf Basis von Kovarianzmatrizen und dynamischem Beam-Steering, die eine kontinuierliche Anpassung an die aktuelle Signalumgebung ermöglichen.

Die Integration kann als vorgeschaltete Verarbeitungseinheit zwischen Antenne und Empfänger erfolgen, wodurch bestehende Systeme ohne grundlegende Änderungen ergänzt werden können (Bild 5 und 6).

Integration in robuste Navigationssysteme

Das Zusammenwirken mehrerer der beschriebenen Maßnahmen erhöht die erreichbare Resilienz. Simulation ermöglicht die gezielte Entwicklung robuster Systeme, Monitoring schafft Transparenz über reale Störsituationen, und adaptive Antennentechnologie sorgt für Schutz im Betrieb.

Zusätzlich werden GNSS-Empfänger häufig mit weiteren Sensorsystemen und Korrekturverfahren kombiniert. Inertiale Navigationssysteme und Sensoren können kurzfristige GNSS-Ausfälle überbrücken, während Verfahren wie RTK eine hohe Positionsgenauigkeit ermöglichen.

Durch diese Integration entsteht ein Gesamtsystem, das auch unter gestörten Bedingungen eine stabile Navigation und ein verbessertes Lagebild ermöglicht.

Fazit

GNSS ist eine zentrale Technologie für Navigation und Timing, zeigt jedoch unter Störeinflüssen erhebliche Verwundbarkeit. Jamming und Spoofing stellen reale Bedrohungen dar, die gezielt eingesetzt werden und sowohl militärische als auch zivile Anwendungen betreffen.

Ein wirksamer Schutz erfordert einen systematischen Ansatz aus Simulation, Monitoring und aktiver Störunterdrückung. Durch das Zusammenwirken dieser Maßnahmen lassen sich robuste Navigationssysteme realisieren, die den Anforderungen im Bereich Aerospace & Defence gerecht werden. ◀



Bild 6: CRPA-Guard GNSS Vorschaltgerät