





Robuste Navigationsfrontends für sicherheitskritische Anwendungen

U. Stehr, S. N. Hasnain, M. A. Hein

Fachgebiet HF- und Mikrowellentechnik, Thüringer Innovationszentrum Mobilität, TU Ilmenau



Thüringer Innovationszentrum









Inhalt

- → Motivation
- **→** Systementwurf
- → Mess-Setup und Verifikation



Thüringer Innovationszentrum





Folie 2 18.10.2023



Motivation

ROSANNA Video: Robuste Satellitennavigation für sicherheitskritische Anwendungen





Thüringer Innovationszentrum



📓 іммз

Folie 3 18.10.2023



Motivation

Automobilnavigation

- GNSS-Empfänger liefert exakte Information über absolute Position des Fahrzeugs
- Alleinstellungsmerkmal
- Genauigkeit und Verfügbarkeit kritisch für automatisiertes und vernetztes Fahren



Bildquelle: connect-testlab.com

Forschungsprojekt ROSANNA (Robuste Satellitennavigation in sicherheitskritischen Anwendungen)

- zwei Einsatzfelder: automatisiertes und vernetztes Fahren im automobilen Umfeld, unbemannte Luftfahrzeuge (UAV)
- Schwerpunkte: Aufbau optimierter Empfängerhardware (analoges Frontend und Antennen), Implementierung von Algorithmen zur Unterdrückung von Störsignalen



Thüringer Innovationszentrum





Folie 5 18.10.2023

Gefördert durch:



Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Motivation

Sicherheitskritische Aspekte

- GNSS-Empfänger können wegen der schwachen Signalpegel un-/absichtlich gestört werden
- Lösung: Mehrantennenempfänger ermöglichen Ausblenden von Störsignalen mittels Richtungsschätzung

Erschließung neuer Installationsräume

- Einbauräume in PKW sind insbesondere im Serienmarkt stark begrenzt
- ROSANNA-Lösung: Verwendung von zwei 2x1
 Subarrays statt des KOSERNA 2x2
 Antennenarrays
- Herausforderung: Richtungsmehrdeutigkeiten bei elektrisch weit entfernten Modulen



Bildquelle: septentrio.com



KOSERNA: Kompakter GNSS Empfänger für E1/E5a Band





Thüringer Innovationszentrum **MOBILITÄT**







DLR

Empfängeraufbau

• Sub-array aus Frontend- und Antennenplatine

DESAYSV

- Empfang von zwei GNSS-Frequenzbereichen (E1, E5a)
- Abmaße ca. 100 mm x 50 mm x 20 mm





Montage im Spiegel (Skoda Kodiaq)









Frontend ASIC D1033 A/B (IMMS GmbH)

- 4 Signalpfade mit 2 unabhängig wählbaren LO-Frequenzen (2 PLL)
 - → 2 rauscharme HF-Verstärker pro Pfad
 - → Externes SAW-Filter
 - Programmierbarer ZF-Verstärker
- → LO-Signal Ein- und Ausgang zur Kaskadierung
- Zentrale Leistungsmerkmale
 - → Einstellbare Verstärkung 44...80 dB
 - → Rauschzahl 3 dB
 - → HF-Bänder 1164…1300 MHz (E5/L5, L2, E6 Bänder) und 1559…1610 MHz (E1/L1 Band)

hüringer Innovationszentrum

TECHNISCHE UNIVERSITÄT

✓ ZF Frequenzbereich 10...80 MHz

DESAYSV



Folie 8

18.10.2023

Experimentelle Erweiterung: V2X-Kommunikation

- > NAV unterstützte KOM: Bereitstellung von Positions- und Zeitinformationen
- KOM unterstützte NAV: Bereitstellung von Positionsinformationen benachbarter V2X-Stationen (OBU, RSU)

Mehrwert durch KOM/NAV – Kombination





SV: space vehicle

OBU: on-board unit, RSU: road side unit



RSU

 $\mathbb{N}/$

V2X 2

OBUn

OBU1

V2X 1

Thüringer Innovationszentrum MOBILITÄT

 Folie 9 18.10.2023



VISTA: Virtuelle Straße – Simulations- und Testanlage



DOA: Directions-of-arrival, SVID: Satellite Vehicle Identifier



Thüringer Innovationszentrum





Folie 10 18.10.2023

Realitätsnahe Satellitenkonstellation in VISTA

- Aufgrund des Einflusses auf Satellitenposition werden zwei Umlaufparameter an virtuelle Testumgebung angepasst: (1) Inklination und (2) Argument des Perigäums im Almanach
- → Nach Manipulation wurde ein Winkelfehler $\Delta \Theta < 0.7^{\circ}$ für alle Empfangswinkel (DoA) erreicht



GPS und Galileo Satellitenkonstellationen in VISTA



hüringer Innovationszentrum

MOBILITÄT

Thüringer Innovationszentrum MOBILITÄT







Realitätsnahe Messungen in VISTA

Vergleich von ROSANNA-Empfänger und uBlox-Empfänger





Thüringer Innovationszentrum MOBILITÄT





Folie 12 18.10.2023



Zusammenfassung und Ausblick

- Aufbau eines kompakten, präzisen und robusten Navigationsempfängers für automobile Anwendungen
- Frschließung neuer Einbauräume in PKW
- Hochgenaue Positionsbestimmung durch Nutzung von zwei GNSS-Frequenzbändern
- Zuverlässigkeit durch Mehrantennensystem zur Ausblendung von Störsignalen
- Virtuelle Testumgebung in VISTA: Lizenzfrei, flexibel konfigurierbar, reproduzierbar, realitätsnah



Thüringer Innovationszenti











Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt

Dipl.-Ing. Uwe Stehr Email : uwe.stehr@tu-ilmenau.de Webseite: www.tu-ilmenau.de/hmt Tel: +49 3677 69-1583



Thüringer Innovationszentrum **MOBILITÄT**





Folie 14 18.10.2023

Realitätsnahe Messungen in VISTA

Vergleich von Einzelelementen und Strahlformungsalgorithmus



DOA-1

DOA-

Antennensystem

L-Array-Konfiguration der Subarrays

Prinzipielle Anordnung der Subarrays



Messaufbauten



Simulationsergebnisse



Störerunterdrückung



Thüringer Innovationszentrum

TECHNISCHE UNIVERSITÄT



Folie 16 18.10.2023



Empfängerkonzept für automobilen Einsatz

- Mehrantennenempfänger mit zwei räumlich verteilten Subarrays
 - Verteilung von LO- und Kalibriersignal aus zentralem Basisbandmodul über Kabel
 - Amplituden- und Phasenkohärenz kann nicht vorausgesetzt werden



U. Stehr, S. N. Hasnain, B. Bieske, M. Brachvogel, M. Meurer and M. A. Hein, " LO and Calibration Signal Distribution in a Multi-Antenna Satellite Navigation Receiver," 2023 European Navigation Conference (ENC), Noordwijk, Netherlands, 2023.





Folie 17

18.10.2023