

Machbarkeitsstudie: Empfangsrichtungsschätzung mit Low-Cost-Gerät

Studiengang: BSc in Elektrotechnik und Informationstechnologie | Vertiefung: Communication Technologies
Betreuer: Prof. Dr. Rolf Vetter
Experte: Dr. Friedrich Heitger

Die Schätzung der Empfangsrichtung eines Hochfrequenz (HF)-Signals wird meist mit teurer High-End-Hardware gemacht. Ist diese Aufgabe nicht auch mit einer erschwinglicheren Alternative lösbar? Diese Arbeit untersucht die Empfangsrichtungsschätzung mittels Software Defined Radio (SDR) aus dem unteren Preissegment. Zur Datenverarbeitung wird das Open-Source-Projekt GNU-Radio genutzt. Das Ziel ist eine Schätzung mittels Beamforming in Echtzeit.

Ausgangslage

Das Orten einer Signalquelle ist ein weit verbreitetes Thema in der Signalverarbeitung. Die Thematik ist mit der 5. Generation des Mobilfunknetzes (5G) von höchster Aktualität. Durch Beamforming kann der HF-Kanal auf die verschiedenen Teilnehmer angepasst und optimiert werden. Auf mehreren speziell angeordneten Antennen wird das Funksignal empfangen und durch Betrachtung der Phasenlage der einzelnen Signale die Empfangsrichtung ermittelt. Bei Antennen gilt die gleiche Charakteristik im Sende-, wie im Empfangsfall. Damit kann auch beim Senden nur in die ermittelte Richtung gesendet werden und so die Belastung des Funkkanals reduziert werden.

Konzept und Realisierung

Das Projekt realisiert ein 8-Kanal-Beamforming mit einem linearen Array. Das in der Projektstudie erarbeitete Konzept wird in Matlab validiert und anschliessend in GNU-Radio umgesetzt. GNU ist ein rekursives Akronym für ‚GNU is not Unix‘. GNU-Radio ist eine erweiterbare Signalverarbeitungssoftware mit einer grafischen Programmieroberfläche. Für die Empfangsrichtungsschätzung wird die momentane Phasenlage der Kanäle analysiert. Daraus kann unter Berücksichtigung der Geometrie des Arrays die Empfangsrichtung eruiert werden.

Die verwendete Hardware sind acht Adalm Pluto SDR's von Analog Devices, die mit einem gemeinsamen Takt versorgt werden. Jeder Kanal ist für den Datentransfer separat über USB 2.0 mit dem Laptop verbunden. So können die acht Kanäle zu Beginn der Datenaufnahme mithilfe eines Referenzsignals syn-

chronisiert werden. Im Betrieb wird vom entwickelten GNU-Radio-Flowgraph das Beampattern, sowie die daraus ermittelte Signalrichtung dargestellt.

Resultate und Ausblick

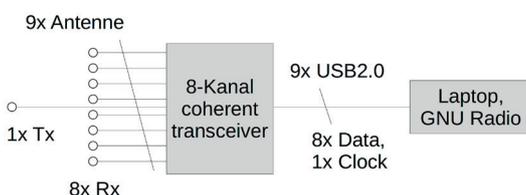
Die Realisierung kann zum Zeitpunkt des Abschlusses der Arbeit die Signalrichtung noch nicht erwartungsgemäss schätzen. Im elektromagnetisch echofreien Raum des Eidgenössischen Instituts für Metrologie (METAS) konnten Signale mit Einfallswinkel zwischen 44° und -64° mit einem Fehler von $-1.2^\circ \pm 3.8^\circ$ (Mittelwert \pm Standardabweichung) geschätzt werden. In der Konzeptvalidierung wurde für diesen Bereich ein zu erwartender Fehler von $-0.06^\circ \pm 0.1^\circ$ simuliert. Im realen Umfeld ausserhalb des Labors konnte trotz Mittelung keine stabile Signalrichtungsschätzung erzielt werden.

Das Resultat der Umsetzung bedarf weiterer Abklärungen von möglichen Fehlerursachen. Der Abstand von Signalquelle zu Array sollte nicht zu gering gewählt werden und die Synchronizität der Kanäle muss periodisch verifiziert werden. Zudem muss geprüft werden, ob ein Übersprechen des Quellensignals auf die Platinen der Pluto SDR's auftreten kann.

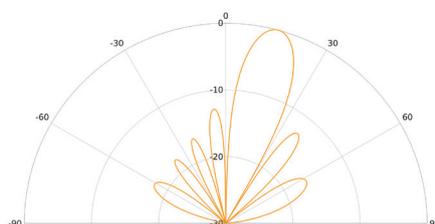
Aufgrund der erzielten Resultate ist eine Beurteilung der Machbarkeit nicht abschliessend möglich. Mit diesem Projekt konnte ein Grundstein für Echtzeit-Beamforming mit Low-Cost-Hardware gelegt werden.



Jonas Oskar Tobler



Aufbau zur Empfangsrichtungsschätzung mittels Beamforming: Referenzantenne, Antennenarray, SDR's, Laptop (v.l.n.r.)



Typisches Beampattern für ein Signal mit Inzidenzwinkel 15° .