

### SDR-basiertes LoRa-RTLS

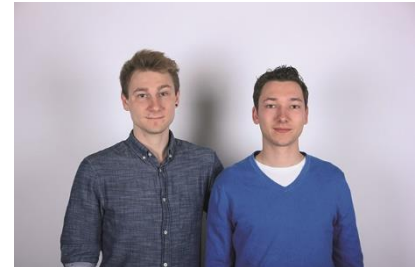
LoRa ist eine neue Modulationsart für Funkverbindungen mit hohen Anforderungen im Bereich des Energieverbrauchs und der Reichweite. Sie basiert auf Chirp-Spread-Spectrum (CSS) und hat eine Verwandtschaft zu Direct-Sequence-Spread-Spectrum (DSSS). Der LoRa-PHY ist proprietär und gehört der US-amerikanischen Firma Semtech. Basierend auf der LoRa-Modulation wurde von der LoRa-Alliance das MAC-Protokoll LoRaWAN für Low-Power Wide-Area-Networks (LPWAN) spezifiziert. LoRaWAN-Netze nutzen in Europa 200 kHz breite Funkkanäle im 868 MHz ISM-Band.

In dieser Bachelorarbeit ist ein LoRa-Sniffer entwickelt worden, welcher LoRa-Frames gleichzeitig auf allen 8 LoRaWAN-Kanälen an Hand der Präambel detektiert, unabhängig davon, mit welcher der 6 LoRaWAN-Datenraten bzw. Spreading-Faktoren (SF) die Frames gesendet werden. Der entwickelte LoRa-Sniffer unterstützt auch ein  $4 \mu\text{s}$  genaues Time-of-Arrival (ToA) Time-Stamping, das später als Grundlage für ein TDoA-basiertes Real Time Location System (RTLS) dienen kann. Der LoRa-Sniffer kann die Payload der LoRa-Frames aber nicht auswerten, da der PHY proprietär ist.

Der LoRa-Sniffer wurde mit dem Software Defined Radio (SDR) USRP N210 von Ettus Research mit einem WBX-Frontend und GNU Radio auf einem Linux-Desktop-PC implementiert. In Hinblick auf die RTLS-Erweiterung ist für die zeitliche Synchronisation ein GPS-Modul von uBlox (EVK-M8F) verwendet worden, welches dem SDR einen Referenzclock, ein hochgenaues PPS-Signal sowie die GPS-Zeit zur Verfügung stellt.

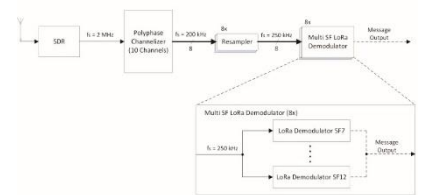
Für den Sniffer werden verschiedene nachrichtentechnische Algorithmen aus GNU-Radio verwendet (FFT-Filterbank, Resampler). Das Herzstück der Arbeit bildet aber der LoRa-Detektor, welcher mit einem eigenen Modul in GNU Radio in C++ implementiert worden ist.

Der entwickelte LoRa-Sniffer erreicht eine Frame-Detektions-Empfindlichkeit von  $-123 \text{ dBm}$  bei einem Spreading-Faktor  $\text{SF} = 7$ , von  $-133 \text{ dBm}$  bei einem Spreading-Faktor  $\text{SF} = 10$  und von  $-139 \text{ dBm}$  bei einem Spreading-Faktor  $\text{SF} = 12$ . Mit dem Sniffer sind auch zwei 24-Stunden-Tests durchgeführt und insgesamt fast  $10'000$  LoRa-Frames erkannt worden.



Diplomierende  
Jonathan Osterwalder  
Adrian Pfiffner

Dozierende  
Marcel Rupf  
Patrick Rennhard



Systemübersicht des LoRa-Sniffers



Wasserfall-Plot mit einem Ausschnitt eines LoRa-Frames