

Orts- und Zeitbestimmung mit LoRa-Modulation

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Themen Distanzmessung, Lokalisierung und Zeitsynchronisation untersucht. Dazu wurde die LoRa-Modulation mit dem Semtech Transceiver SX1280 im 2.4 GHz ISM-Band verwendet. Diese Art der Chirp Spread Spectrum Modulation ermöglicht die Entwicklung einer Low-Power Funkkommunikation für kleine Datenmengen über grosse Distanzen. Zusätzlich sind im 2.4 GHz ISM-Band grössere Bandbreiten als im 868 MHz ISM-Band verfügbar, wodurch Separationsdistanzen von theoretisch 185 m erreicht werden.

Unter Einsatz des SX1280 Evaluation Boards zeigte sich bei Messungen in verschiedenen Umgebungen, dass mittlere Distanzfehler von weniger als 50 m bei Distanzen von bis zu 1400 m erreicht werden können. Dabei dominieren die Mehrwegeinflüsse der Umgebung und nicht die Messfehler des Transceivers, wie Vergleiche mit kabelgebundenen Messungen in einem Kanalsimulator zeigen.

Für die Lokalisierung wurde ein Low-Power Test-Board entwickelt, welches unterschiedliche Sensoren und die Möglichkeit zum Aufzeichnen der Daten mit einer SD-Karte enthält. Basierend auf simulativen Fehleranalysen wurde eine Lokalisierung mithilfe von vier Ankerknoten in einer Rechtecks-Anordnung von 400 m auf 180 m durchgeführt. Beim Feldversuch konnte eine Lokalisierungs-genauigkeit von ca. 30 m erreicht werden. Dank einem anschliessenden Aufbereiten der Positionsdaten mit einem Kalman-Filter betrug die erzielte Abweichung der Lokalisierung noch ca. 5 m. Die Arbeit beschreibt zusätzlich, wie eine Inertiale Messeinheit (IMU) kombiniert mit einem Magnetometer und Barometer zur Erhöhung der Positionierungs-genauigkeit beitragen kann.

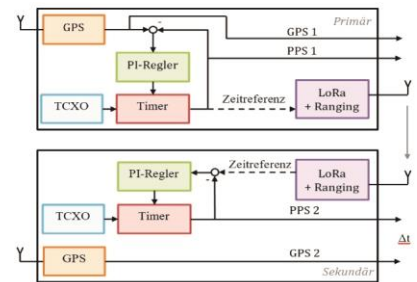
Die entwickelte Zeitsynchronisation basiert auf der integrierten Distanzmessung des Transceivers. Dabei wurde ein Sekundenpuls zwischen zwei Geräten synchronisiert und mit dem Sekundenpuls eines präzisen GNSS-Moduls verglichen. Mithilfe des implementierten Algorithmus zur Regelung des Pulses und Fehlerkorrektur des Oszillators konnte eine zeitliche Genauigkeit von weniger als 100 ns erreicht werden. Hierbei wurden Versuche innerhalb eines Gebäudes und urbaner Umgebung durchgeführt. Diese Genauigkeit ist ausreichend um darauf aufbauend ein Time Difference of Arrival (TDoA) System zu entwickeln.

Die Untersuchungen zeigen, dass der Aufbau eines Ad-hoc Mesh-Netzwerkes zur Kommunikation und Lokalisierung der Teilnehmer realisiert werden kann.



Diplomand/in
Pascal Müller

Dozent/in
Luciano Sarperi



Aufbau der Zeitsynchronisation mit einem GPS Referenzsystem und der Übertragung der Zeitreferenz mittels LoRa.



Lokalisierung mithilfe von vier Ankerpunkten (rot), der Least-Squares Lösungen (gelb) und einer Kalman-Filterung (blau) zur Rekonstruktion des Weges.