



Hannes Bründler



Christian Käslin

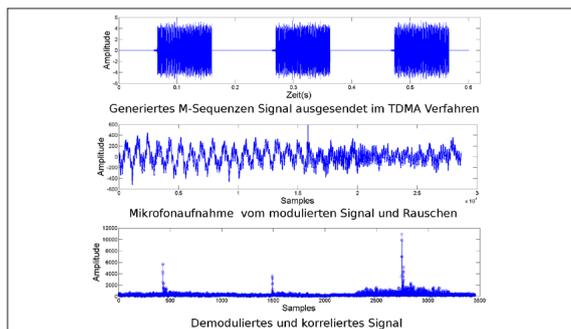
Diplomanden	Hannes Bründler, Christian Käslin
Examinator	Prof. Dr. Heinz Mathis
Experte	Stefan Hänggi, Enkom, Gümli BE
Themengebiet	Digitale Signalverarbeitung

iPhone-Positionierung mit Ultraschall

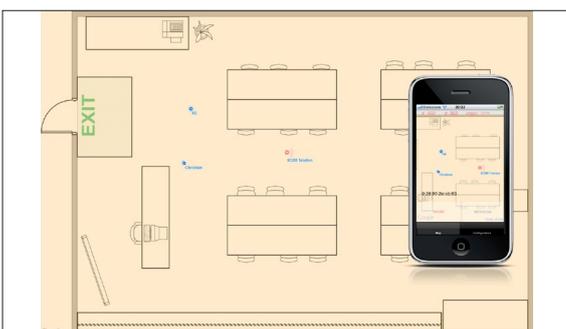
i2ps – iPhone Indoor Positioning System



3-D-Modell, Lautsprecher und sich ortende Personen



Signal zu verschiedenen Verarbeitungszeitpunkten



Vollbild der Karte und iPhone-Ansicht

Aufgabenstellung: In dieser Bachelorarbeit sollen eine iPhone-App und ein entsprechendes Audiosystem aufgebaut werden, mit welchen die eigene Position durch den Empfang von geeigneten Ultraschallsignalen berechnet werden kann. Die Audiosignale, die ausserhalb des hörbaren Frequenzbereichs liegen sollen, werden von mehreren Lautsprechern, die im Raum verteilt sind, synchronisiert ausgesendet.

Vorgehen/Technologien: Es werden drei Lautsprecher in einer bestimmten Höhe in den Ecken eines Raumes aufgestellt. Die Lautsprecher senden nacheinander und fortlaufend ihr eigenes Muster aus. Es handelt sich um sogenannte M-Sequenzen (Pseudo-Random-Noise-Signale) von 100 ms Dauer, welche jeweils ein Trägersignal im Bereich von 20,5 kHz modulieren. Audiosignale ab 20 kHz sind für Menschen nicht mehr hörbar. Dank der M-Sequenzen können die Signale optimal auseinandergehalten werden. Die «Audio-Muster» wurden mit MATLAB erzeugt und werden mit einem softwarebasierten Radiosystem über eine Verstärkerschaltung zu den Lautsprechern geführt. Wenn der Benutzer seine Position wissen will, wird auf dem iPhone eine Mikrofonaufnahme gemacht, asynchron zum Aussendezeitpunkt der Signale. Diese Aufnahme wird auf die M-Sequenzen korreliert, um die Ankunftszeiten der drei Signale zu detektieren. Um die Position zu berechnen, werden die Differenzen der Ankunftszeiten bestimmt. Diese Methode heisst TDOA (Time Difference of Arrival). Für die Positionsbestimmung wurden drei verschiedene Algorithmen untersucht und implementiert:

- Taylor-Series-Algorithmus: sucht dem Gradienten entlang den minimalen Fehler
- Chan-Algorithmus: liefert eine direkte Lösung, in die nur noch die entsprechenden Werte eingesetzt werden müssen
- Monte-Carlo-Simulation: ist zwar die langsamste Methode der drei, aber dafür die genaueste und numerisch stabilste

Die berechnete Position wird auf dem Display mit Koordinaten angezeigt und zudem mit UDP an den ICOM Tracking Server geschickt.

Ergebnis: Es ist ein Positionierungssystem entstanden, mit dem es möglich ist, die eigene Position mit Blickrichtung auf eine dem Raum entsprechende Karte auf dem iPhone anzuzeigen. Zudem werden auch die Positionen von weiteren Nutzern markiert. Die korrekte Karte (basierend auf Google Maps) wird anhand der Kennnummer eines vorhandenen WLAN-Routers im Raum von einem Server geladen. Mithilfe des Taylor- bzw. des Monte-Carlo-Algorithmus sind Positionsbestimmungen mit einer Standardabweichung von bis zu 2 cm möglich. Die maximale Raumdiagonale beträgt dabei 15 m.