

Studentische Arbeit

Ultraschallbasierte Distanzmessung von digitalen Namensschildern im Bezug auf einen Master-Knoten

Hintergrund

Mit *Helicoph* wurde durch das Helios Klinikum in Stralsund ein System entwickelt, welches durch Schaffung von Anreizmechanismen zur Desinfektion der Hände die allgemeine Hygienesituation im Krankenhaus verbessert hat. Über ein digitales Namensschild können die durchgeführten Händedesinfektionen der Personen getracked werden, was neben der eigenen Kontrolle auch eine spätere Analyse ermöglicht. Bei Betätigung eines Spenders wird über die Aussendung von Bluetooth Beacons nach dem Namensschild gesucht, welches die geringste Entfernung zum Spender aufweist, um eine Desinfektion zu verbuchen. Die Distanz der Namensschilder wird von der Empfangsstärke des empfangenen Datenpaketes abgeleitet. Befinden sich jedoch mehrere Personen in unmittelbarer Umgebung vom Spender, ist die Bestimmung oft fehlerhaft. Die Signalstärke der Beacons kann in Innenräumen durch mögliche Reflexionen oder Störungsquellen beeinträchtigt werden, wodurch eine Bestimmung der Entfernung falsche Ergebnisse liefert. (Erklärungsvideo von Helios: <https://youtu.be/K3RcfRq9xdg>)

Aus diesem Grund soll nun untersucht werden, ob sich so ein System auch durch die Nutzung von Schallsignalen realisieren lässt. Schall breitet sich im Gegensatz zu elektromagnetischen Wellen mit nur ca. 340 m/s aus, wodurch eine Entfernung von wenigen Metern bereits einen Unterschied im Millisekundenbereich aufweist. Die Idee ist nun, die Entfernung des Gerätes anhand von dem zeitlichen Unterschied der Schallausbreitung zu messen. Ein Verfahren, bei dem der Spender bei Betätigung ein Ultraschallsignal aussendet und die Entfernung der Namensschilder über die Lautstärke, mit der dieses Signal empfangen wurde, geschätzt wird, wurde bereits untersucht. In der Praxis weist dieses jedoch allerdings einige Defizite auf, weshalb nach anderen Methoden gesucht wird. Ein Beispiel: Da Ultraschall sehr gerichtet ausgesendet wird, werden Personen, die sich mit ihrem Namensschild nicht perfekt vor dem Spender befinden, grundsätzlich in der Messung benachteiligt.

Aufgabenbeschreibung

Es soll nun ein weiteres Verfahren ausgearbeitet und ein Prototyp dazu entwickelt werden, um Experimente mit diesem durchzuführen und einen Vergleich zu ermöglichen. Für die Entwicklung können kleine Entwicklungsboards, wie zum Beispiel Raspberry Pi, Arduino oder ESP32, herangezogen werden. Zusätzlich zu diesen Boards werden (Ultraschall)-Mikrofone und (Ultraschall)-Lautsprecher benötigt, um die Schallsignale auszusenden und aufzunehmen. Die notwendigen Bauteile werden gestellt und müssen nicht eigenständig beschafft werden. Erste Erfahrungen mit C/C++ und mit der Verwendung von Entwicklungsboards sind wünschenswert, aber nicht zwingend notwendig.

Folgende Arbeitsschritte können dabei in Betracht gezogen werden:

- Grundlagenforschung, Literaturarbeit, Analyse Stand der Technik
- Einarbeitung in Audiolibraries zur Modulation von Schallsignalen, wie z.B.
<https://github.com/pschatzmann/arduino-audio-tools>
- Entwicklung eines Protokolls zur Bestimmung der Distanz zwischen Sender und Empfänger
- Einarbeitung in Bluetooth Low Energy und den Austausch von Daten (Direkt & Broadcast)
- Aufbau einer Versuchsumgebung, Durchführung von Experimenten mit Prototyp
- Analyse und Vergleich der verschiedenen Möglichkeiten zur Bestimmung des Namensschildes

Mögliche Fragestellungen

Die praktische Nutzbarkeit der entwickelten Methodik soll anhand von diversen Experimenten erprobt werden. Nachfolgende Fragestellungen können als Grundlage für mögliche Experimente herangezogen werden. Dabei ist eine sinnvolle Auswahl zu treffen, es müssen nicht unbedingt alle Fragen beantwortet werden. Sollten während der Bearbeitung weitere, spannende Fragestellungen auftreten, können auch diese ausführlicher behandelt werden.

- Mit welcher Genauigkeit lässt sich die Entfernung zwischen Sender und Empfänger mit Hilfe von Schall bestimmen?
- Wie präzise müssen Sender und Empfänger zueinander ausgerichtet sein, um gute Ergebnisse zu erzielen?
- Wie fehleranfällig ist das System? Stören Gespräche oder Hintergrundgeräusche das Verfahren?
- Wie hoch ist der Energieverbrauch der Geräte während der Bestimmung?
- Wie viel Zeit wird für eine vollständige Durchführung des Verfahrens benötigt?
- Abhängig von der Implementierung: Wie hoch ist das Limit von Namensschildern, die an diesem Verfahren teilnehmen können, unter der Annahme, dass die Bestimmung in maximal n Sekunden fertiggestellt sein soll?

Literatur

- [Hac20] Mean Gene Hacks. *DIY Ultrasonic Audio Laser (Directional Speaker)*. 2020. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=9hD5FPVSsV0> (besucht am 02.07.2025).
- [Ija+13] Faheem Ijaz, Hee Kwon Yang, Arbab Waheed Ahmad und Chankil Lee. "Indoor positioning: A review of indoor ultrasonic positioning systems". In: *2013 15th International Conference on Advanced Communications Technology (ICACT)*. 2013, S. 1146–1150.
- [Sha+10] Bilal Shahid, Anushiya A. Kannan, Nigel H. Lovell und Stephen J. Redmond. "Ultrasound user-identification for wireless sensor networks". In: *2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology*. 2010, S. 5756–5759. DOI: [10.1109/IEMBS.2010.5627849](https://doi.org/10.1109/IEMBS.2010.5627849).