

Tag-Lokalisierung mit Bluetooth 5.1

Die neue Direction-Finding-Funktionalität von Bluetooth 5.1 ermöglicht einen Sender oder Empfänger mittels des Angle-of-Arrival (AoA) oder Angle-of-Departure (AoD) Prinzips zu orten. Dazu wurden zwei CC2642R1-Boards, sowie ein BOOSTXL-AoA-Antennenarray von Texas Instruments verwendet. Nach einem Verbindungsaufbau wird durch eine Auswertung der übermittelten Daten auf einem externen Computer die Berechnung der Einfallswinkel durchgeführt. Bluetooth Direction Finding ist interessant, da zukünftige Tags relativ einfach und kostengünstig um die Lokalisierungsfunktionalität erweitert werden können.

Das Ziel dieser Bachelor-Arbeit ist es, die rohen Antennen-Abtastwerte auszuwerten, einen Einfallswinkel zu bestimmen und diesen in einem grafischen User Interface (GUI) darzustellen. Für die Datenerfassung wurde ein Beispielpogramm von TI verwendet, welches mit einem Algorithmus zur Winkelberechnung erweitert wurde. Diese Winkelwerte werden anhand eines Pfeils im GUI visualisiert, sowie in einem zeitlichen Verlauf veranschaulicht.

Für die Winkelbestimmung wird jedem Bluetooth-Paket eine Constant Tone Extension (CTE) angehängt. Diese CTE wird von den verwendeten Antennen nacheinander abgetastet. Basierend auf den Phasendifferenzen dieser Abtastwerte wird mittels zweier verschiedener Methoden der Winkel zwischen Sender und Empfänger ermittelt. Da das Abtasten der Antennen sequenziell stattfindet, muss zuerst die exakte Frequenz des Signals ermittelt werden. Anschliessend erfolgt eine Korrektur aufgrund des zeitlich verzögerten Abtastens der einzelnen Antennen, sowie eine zusätzliche Kalibration mittels Lookup-Tabelle. Die erste Variante der Winkelbestimmung basiert auf den Phasendifferenzen der korrigierten Abtastwerte. Die Zweite bestimmt eine räumliche Frequenz, um die Richtung zum Sender zu bestimmen.

Auf dieser Grundlage ist es möglich, den Einfallswinkel des Signals zufriedenstellend zu ermitteln. Die Resultate sind im Vergleich zu der Implementation von Texas Instruments im Durchschnitt etwas genauer, weisen jedoch eine grössere Streuung auf. Weiterführende Arbeiten könnten das Endergebnis verbessern, indem beide Antennenarrays verwendet werden oder eine wirksamere Filterung der Winkelwerte eingesetzt wird.

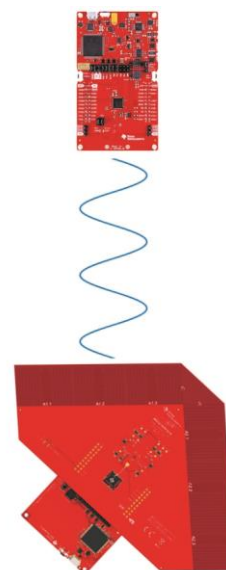


Diplomierende

Fabian Koch
Josua Laumer

Dozierende

Patrick Rennhard
Luciano Sarperi



Zwei Bluetooth Low Energy Boards von Texas Instruments werden für Direction Finding mittels Angle-of-Arrival eingesetzt. Auf dem Empfänger sind zwei Arrays mit je drei Antennen montiert. Das CTE-Signal mit konstanter Frequenz trifft auf den Antennen sequenziell ein. Dadurch entstehen vom Einfallswinkel abhängige Phasendifferenzen. Mithilfe dieser Informationen kann die Richtung zwischen Sender und Empfänger ermittelt werden.