



Sensor Network in Sports

Pflichtenheft

Bachelorthesis

Dieses Dokument beschreibt das Endresultat der Projektarbeit **Sensor Network in Sports** und dient zur Abstimmung der Erwartungen und Pflichten aller Beteiligten. Das Pflichtenheft geht dabei einerseits auf den Umfang und die Teilprobleme der Arbeit, andererseits auf den Lösungsansatz ein. Der Analyse der Ausgangslage und der Bestimmung der Ressourcen folgen als wichtige Abschnitte die Definitionen der Ziele und Aufgaben, sowie die Terminplanung und das Risikomanagement.

Studiengang: Elektro- und Kommunikationstechnik

Autoren: Oliver Buntschu

Betreuer: Andrea Ridolfi

Auftraggeber: BFH / Axiomo

Datum: 19.05.2016

Versionen

Version	Datum	Status	Bemerkungen
1.0.0	19.05.2016	aktuell	Erstversion

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Aufgabenstellung	1
2	Analyse der Ausgangslage	2
2.1	Bestandesaufnahme	2
2.2	Gliederung des technischen Prozesses	3
2.3	Bedienungsphilosophie	3
2.4	Unterstützung	3
3	Ressourcen und Infrastruktur	4
3.1	Hardware	4
3.2	Software und Betriebssysteme	4
3.3	Programmierrichtlinien	4
3.4	Dokumentation	4
4	Umgebungsbedingungen	5
4.1	Betriebsgrenzen	5
4.2	Betrieb in gestörter Umgebung	5
5	Definition der Aufgaben	6
5.1	Funktionsbeschreibung	6
5.2	Schnittstellen / Interfaces	7
6	Terminplanung	8
6.1	Meilensteine	9
7	Risiken	10

1 Einleitung

1.1 Motivation

Im Zeitalter der Digitalisierung und dem bevorstehenden *Internet of things* (IoT) sind elektronische Geräte und Hilfsmittel allgegenwärtig. Auch im Leistungssport wird vermehrt auf technische Hilfsmittel zurückgegriffen, sei es zur Trainingsgestaltung oder zur Leistungsanalyse in Trainings und Wettkampf. Dabei sind neben den physiologischen Daten wie Herzfrequenz und Blutdruck vor allem auch Beschleunigungsdaten der Bewegungsabläufe von Interesse. Um diese Daten optimal auswerten zu können, ist eine Verknüpfung mit der Position des Athleten / der Athletin eine grosse Hilfe.

Das Projekt **Sensor Network for Position and Performance Measurements in Sports** entsteht in Zusammenarbeit mit dem Start-Up-Unternehmen *Axiama* und der eidgenössischen Hochschule für Sport in Magglingen / BASPO und hat insbesondere die Leichtathletik-Disziplin Hürdenlauf im Fokus. Das Ziel des Projektes ist es, die Bewegungsdaten des Athleten / der Athletin verknüpft mit der Position auf der Bahn zu erfassen. Dabei stehen primär die Positionen des Absprunghes und der Landung vor und nach einer Hürde im Zentrum. Die Firma Axiama stellt mit dem vielseitigen Beschleunigungssensor Axiamate ein Produkt her, welches bestens zur Analyse der Bewegungen von Sportlern geeignet ist und beispielsweise zur Analyse im Laufsport verwendet werden kann. Die Erweiterung mit der Positionsbestimmung eröffnet ein weites Feld von zusätzlichen Einsatzmöglichkeiten.

1.2 Aufgabenstellung

Ziel ist es ein System zu entwerfen, implementieren und testen, welches Distanzen zwischen Athlet und Sportgerät, sowie die Bewegung des Athleten misst. Dies beinhaltet:

- Analyse und geschickte Kombination verschiedener Distanzmessmethoden.
- Programmierung / Konfiguration der Kommunikation zwischen den Sensormodulen.
- Programmierung des Embedded Linux Moduls für die Signalverarbeitung und Datentransfer.
- Test des Systems in Zusammenarbeit mit der eidgenössischen Hochschule für Sport in Magglingen / BASPO.

2 Analyse der Ausgangslage

2.1 Bestandesaufnahme

Für das Projekt Sensor Network for Position and Performance Measurements in Sports kann auf verschiedenen Vorarbeiten aufgebaut werden. Der Grossteil der bereits vorhandenen, im folgenden detaillierter beschriebenen Komponenten wurde von der Firma Axiomo evaluiert, entwickelt oder produziert. Weiter liegt der Bachelorthesis als Basis die vorgängig durchgeführte Projektstudie als Basis zugrunde.

2.1.1 Zentrale Plattform

Als zentrales Steuer- und Verarbeitungselement soll eine leistungsfähige, mobile Plattform dienen. Aufgrund ihrer hervorragenden Leistung bei gleichzeitig geringen Abmessungen ist festgelegt, mit der Entwicklungsplattform *Intel Edison* zu arbeiten. Sie zeichnet sich nebst dem darauf laufenden, integrierten Linux Betriebssystem vor allem durch ein breites Band an verfügbaren Kommunikationsschnittstellen aus. Im Rahmen der Projektstudie wurde ein Hardware-Design entworfen, welche den Intel Edison nutzt. Siehe dazu 3.1, Ankermodul.

2.1.2 Inertialsensor

Zur Erfassung des Bewegungsprofils kommt der Bewegungssensor *Axiomote x1* an erster Stelle infrage. Der Axiomote erfasst 9-achsig sämtliche Bewegungsdaten mit hoher Genauigkeit und kann per USB oder Bluetooth angesteuert werden. In Zusammenhang mit der Software-Applikation (siehe 2.1.4) existiert bereits ein Algorithmus, um die Schritterkennung, respektive die Bodenkontaktzeit von Sprintern zu erhalten. Der Axiomote x1 ist ein abgeschlossenes Produkt, welches in seiner aktuellen Form eingesetzt werden kann.

2.1.3 Lokalisierung

Für die Lokalisierung existieren verschiedene Technologien. Darunter fallen GPS, Distanzmessungen wie Time-of-flight (ToF) und Signalstärke, sowie die Triangulation ausgehend von Signalrichtungsmessungen, um nur einige zu nennen. Welche Technologien infrage kommen bzw. kombiniert werden könnten ist noch abzuklären. Bereits evaluiert ist ein Sensor zur Distanzmessung, welcher auf dem ToF-Prinzip basiert. Das Sensormodul *DWM1000* der Firma DecaWave wurde bislang ausgehend von einer *Raspberry PI* Plattform angesteuert und getestet. Dabei konnten innerhalb von Gebäuden verschiedene Teststrecken gemessen werden. Auch hier fehlt allerdings noch eine robuste Hardwarekonfiguration.

2.1.4 User Interface

Es existiert bereits eine plattformübergreifende Software-Applikation (Windows, Linux, Android) von Axiomo, welche zur Anzeige der Messdaten (roh oder verarbeitet) der Axiomote-Sensoren dient. Die Applikation ist in der Programmiersprache C++ unter dem Qt-Framework entwickelt und kann erweitert werden.

2.2 Gliederung des technischen Prozesses

Das Projekt kann grob in fünf Bereiche aufgeteilt werden:

1. PCB-Layout
Erstellen eines PCB-Layout für das Ankermodul, aufbauend auf dem Schema aus der Projektstudie.
2. Distanzmessung
Ansteuerung des DecaWave Sensors ab dem Intel Edison.
3. Netzwerk-Design
Analyse und Aufbau des Sensor Netzwerks mit mehreren Ankermodulen.
4. Integration GUI
Erweitern der bestehenden Applikation durch die neu hinzugefügte Positionsbestimmung.
5. Analyse der Bewegungsdaten
Ermitteln der Absprung- und Landesritte im Hürdenlauf aus den Messwerten.

Die Bereiche können mehr oder weniger in dieser Reihenfolge abgearbeitet werden. Das PCB-Layout drängt sich als erste Arbeit auf, da es keine befriedigenden Lösungen in Form eines Breakout-Boards für den Intel Edison gibt, mit welcher die Distanzmessung provisorisch erarbeitet werden könnte.

2.3 Bedienungsphilosophie

Die Bedienung erfolgt grundsätzlich über das User Interface der Software Applikation von Axiomo. Dabei dürfte üblicherweise ein Android-Device zum Einsatz kommen. Sobald die Sensorknoten geladen, montiert und eingeschalten sind, soll keine Bedienung der Hardware mehr nötig sein.

2.4 Unterstützung

Auftraggeber: A. Ridolfi, Dozent Berner Fachhochschule (BFH)
Betreuer: B. Habegger, Axiomo / BFH
PCB-Design: M. Löw, BFH

3 Ressourcen und Infrastruktur

3.1 Hardware

Für diese Bachelorthesis stehen die bereits erwähnten Sensoren *Axiamote x1* und *DecaWave DWM1000*, sowie das Zentralmodul *Intel Edison* im Einsatz. Von allen stehen mehrere Exemplare zur Verfügung. Das Sensornetzwerk wird aus drei verschiedenen Modulen bestehen:

1. Axiamote xPos
Das mit der Distanzmessung erweiterte Axiamote-Sensor-Modul wird am Schuh des Athleten / der Athletin befestigt, entweder in einfacher oder zweifacher Ausführung (ein Fuss / beide Füße). Dieses Modul läuft im Akkubetrieb und antwortet auf Anfragen (Bewegungs- und Positionsdaten) von Ankermodulen. Die Entwicklung dieses Modules wird von Axiamo-Team durchgeführt und fällt nicht in den Rahmen der Bachelorthesis.
2. Ankermodul
Das Ankermodul bildet den Referenzpunkt zum Athleten und wird am Sportgerät (respektive am Spielfeldrand, etc.) montiert. Von diesem Modul werden in einem praktischen System typischerweise mehrere Exemplare eingesetzt. Auch das Ankermodul soll im Akkubetrieb funktionieren. Auf der Basis der in der Projektstudie entworfenen Schaltung wird das Ankermodul in der Thesis vollständig entwickelt und als Prototyp produziert.
3. Anzeigegerät
Als Anzeige- und Bedienelement kommen je nach Belieben des Anwenders Androidgeräte (Smartphone, Tablet) oder Computer in Frage.

Zur Entwicklung und zu Testzwecken wird auf verschiedene Geräte (privater Laptop, Tablets, etc.) zurückgegriffen.

3.2 Software und Betriebssysteme

Bei der Realisierung dieses Projektes kommen verschiedene Betriebssysteme und Software zum Einsatz. Das Hardwarelayout (Schema und PCB-Design) wird mit dem **Altium Designer 15.1** (mit Netzwerk-Lizenz, *svlic-altium.bfh.ch*) erarbeitet. Die Entwicklung von Software für den Intel Edison und die Axiamo Applikation erfolgt mit dem **Qt Creator 3.0** unter Ubuntu Linux. Als Versionsverwaltungssystem wird **Git** eingesetzt.

3.3 Programmierrichtlinien

Beim Entwurf der Software-Teile sollen Programmierrichtlinien berücksichtigt werden. Diese sind im Verlaufe der Thesis mit dem Axiamo-Team noch zu definieren.

3.4 Dokumentation

Die Dokumentation des Projektes erfolgt in **LaTeX** parallel zum Projektverlauf, respektive als Teilaufgaben eingeplant. Die Dokumentation einzelner Teilaufgaben soll stets nach deren Abschluss erfolgen. Ebenfalls fortlaufend wird ein Arbeitsjournal geführt, worin der Projektfortschritt in Vergleich zur Projektplanung ersichtlich ist. Diese wird mit der Software **Microsoft Project** erstellt.

4 Umgebungsbedingungen

4.1 Betriebsgrenzen

Das Projekt Sensor Network for Position and Performance Measurements in Sports sieht ein Produkt vor, welches Sportlerinnen und Sportler bei der Trainings- und Wettkampfanalyse unterstützt. Im Rahmen dieser Bachelorthesis soll ein Prototyp dieses Produktes entwickelt und hergestellt werden. Dabei ist eine spätere Serienproduktion dessen zwar zu berücksichtigen, jedoch nicht durchzuführen.

Die Integration des Distanzmessungsmoduls in den Bewegungssensor (Axiamote xPos) ist nicht Teil dieser Arbeit.

4.2 Betrieb in gestörter Umgebung

Als Projekt, das sich stark auf drahtlose Kommunikation stützt, muss die Problematik der Verbindungsqualität und der Störfestigkeit berücksichtigt werden. Erschwerte Bedingungen stellt auch der mögliche Outdoor-Einsatz dar.

5 Definition der Aufgaben

5.1 Funktionsbeschreibung

Betreffend Funktionalität werden für die Bachelorthesis Sensor Network for Position and Performance Measurements in Sports folgende Ziele definiert:

1. Es muss die Distanz zwischen Athlet und Turngerät gemessen werden können.
 - 1.1. Es muss ein Testkonzept zur Distanzmessung erarbeitet werden.
 - 1.2. Es muss eine saubere Hardware designt und als Prototyp produziert werden.
 - 1.3. Die Distanz soll mit einer Genauigkeit von $\pm 20\text{cm}$ gemessen werden können.
 - 1.4. Die Möglichkeit, mehrere Prinzipien zu kombinieren, soll geprüft werden.
 - 1.5. Die Distanzmessung soll gegen andere drahtlose Übertragungen robust sein.
 - 1.6. Der DecaWave DWM1000 Sensor soll mit dem Intel Edison gesteuert werden können.
2. Ein Konzept zum Sensornetzwerk muss erarbeitet werden.
 - 2.1. Die Kommunikation zwischen den Modulen muss definiert werden.
 - 2.2. Die Rollen im Netzwerk müssen definiert werden.
 - 2.3. Ein Testkonzept zur Distanzmessung muss erarbeitet werden.
 - 2.4. Das Netzwerk soll aufgebaut und in Betrieb genommen werden.
3. Die Position des Athleten soll aus den Distanzmessungen ermittelt werden.
 - 3.1. Die ermittelte Position soll in einem User Interface angezeigt werden.
 - 3.2. Die Axiomo Applikation kann mit der Positionsermittlung erweitert werden.
4. Die Sprint-Schritterkennung soll auf die Disziplin Hürdenlauf angepasst werden.
 - 4.1. Jeder Absprung und jede Landung soll erkannt werden.
 - 4.2. Jeder Schritt soll erkannt werden.

5.2 Schnittstellen / Interfaces

5.2.1 Bedien-Schnittstellen

Beim Projekt Sensor Network for Position and Performance Measurements in Sports gibt es drei Elemente mit Bedien-Schnittstellen.

1. Axiamote
Der Axiamote Sensor besitzt einen Push-Button zum Ein-/Ausschalten und zwei RGB-Leds, welche den Systemstatus signalisieren.
2. Anker-Modul
Das Anker-Modul hat nur minimale Bedienelemente. Ein Power-Switch ermöglicht vollständiges Ausschalten des Systems durch Trennung von der Akku-Betriebsspannung. Zu Testzwecken in der Prototyp-Phase und zur Funktionalitätserweiterung sind minimale Peripherieelemente (je 3 Taster und Leds) verbaut. Zusätzliche Leds visualisieren Kommunikationssignale oder Zustände im Bereich Power Management.
3. Anzeigegerät
Hier erfolgt die hauptsächliche Bedienung des Systems über die Axiamo-Applikation (siehe Kaptiel 2.1.4).

5.2.2 Kommunikations-Schnittstellen

Im vorgesehenen Gesamtsystem existieren verschiedene Kommunikations-Schnittstellen:

- | | | | | |
|-------------------|-----|---------------|--------|---------------------------------|
| 1. User Interface | <-> | Ankermodul | (WLAN) | - Bewegungs- und Positionsdaten |
| 2. Ankermodul | <-> | Ankermodul | (WLAN) | - "Netzwerk-Kommunikation" |
| 3. Ankermodul | <-> | Axiamote xPos | (UWB) | - Distanzmessung |
| 4. Intel Edison | <-> | DecaWave | (SPI) | - Ansteuerung Distanzsensor |
| 5. Intel Edison | <-> | PC | (UART) | - Debug-Schnittstelle |

6 Terminplanung

Der Terminplan und die Aufwandschätzung wurden für zahlreiche Teilaufgaben erstellt. Diese sind in den nachfolgenden Tabellen in Aufgabenbereiche zusammengefasst. Der effektiv geplante Aufwand weicht aufgrund von Wartezeiten innerhalb der Bereiche leicht ab.

Vorgangsname	Dauer	Beginn	Ende
Planung	2.88 Tage	Mon 09.05.16	Don 12.05.16
Projektplan	0.5 Tage	Mon 09.05.16	Die 10.05.16
Pflichtenheft	2.13 Tage	Die 10.05.16	Don 12.05.16
Dokumentation	0.63 Tage	Die 10.05.16	Die 10.05.16
Ausführung	39.5 Tage	Mon 09.05.16	Mon 27.06.16
Hardware	21.5 Tage	Mon 09.05.16	Fre 03.06.16
HW Design	9.75 Tage	Mon 09.05.16	Don 19.05.16
HW Produktion	3.5 Tage	Die 31.05.16	Fre 03.06.16
Abschluss Hardware	0 Tage	Fre 03.06.16	Fre 03.06.16
Lokalisierung	29.75 Tage	Don 19.05.16	Mon 27.06.16
Distanzmessung	19.75 Tage	Don 19.05.16	Die 14.06.16
Abschluss Distanzmessung	0 Tage	Die 14.06.16	Die 14.06.16
Netzwerk-Design	10 Tage	Die 14.06.16	Mon 27.06.16
Abschluss Lokalisierung	0 Tage	Mon 27.06.16	Mon 27.06.16
Abschluss	16.75 Tage	Mon 13.06.16	Fre 01.07.16
Book / Plakat	5.88 Tage	Mon 13.06.16	Mon 20.06.16
Dokumentation	5.5 Tage	Mon 27.06.16	Fre 01.07.16
Abgabe Bachelorthesis	0 Tage	Don 30.06.16	Don 30.06.16

Abbildung 6.1: Terminplan mit Anfangs- und Enddaten

Vorgangsname	Dauer [h]
Planung	18
Projektplan	4
Pflichtenheft	11
Dokumentation	3
Ausführung	304
Hardware	96
HW Design	68
HW Produktion	28
Abschluss Hardware	0
Lokalisierung	208
Distanzmessung	128
Abschluss Distanzmessung	0
Netzwerk-Design	80
Abschluss Lokalisierung	0
Abschluss	46
Book / Plakat	14
Dokumentation	32
Abgabe Bachelorthesis	0
Aufwand total	368

Abbildung 6.2: Aufwandschätzung

6.1 Meilensteine

Folgende Meilensteine stehen dabei in der Planung. Bei diesen ist zu beachten, dass diese auch immer bereits die Dokumentation des jeweiligen Teilbereichs beinhalten.

1. 03.06.16 - Abschluss Hardware
2. 14.06.16 - Abschluss Distanzmessung
3. 27.06.16 - Abschluss Lokalisierung
4. 30.06.16 - Abgabe Bachelorthesis

7 Risiken

Nr.	Beschreibung	EW	AG	RZ	Massnahmen
R1	Distanzsensor DWM1000 ungeeignet	1	3	3	Alternativen abklären
R2	Ausfall DWM1000	1	1	1	Beschaffung von Ersatz abklären
R3	Ausfall Intel Edison	1	2	2	Beschaffung von Ersatz abklären
R4	Verzögerung PCB-Lieferung	2	2	4	Frühzeitig bestellen
R5	Fehler im Schema od. PCB-Layout	2-3	3	6-9	Vor Bestellung überprüfen lassen
R6	Verzögerung Ansteuerung DWM1000	2	3	6	Frühzeitige Hilfe von Unterstützern
R7	Tiefe Datenqualität Hürdenlauf	2	3	6	Während Aufnahme bereits verifizieren
R8	Krankheit Projektmitarbeiter	1	2-3	2-3	-

Tabelle 7.1: Risiken Projektarbeit Sensor Network for Position and Performance Measurements in Sports

Legende:

EW := Eintretenswahrscheinlichkeit

AG := Auswirkungsgrad

RZ := Risikozahl

Aus der Tabelle mit den Risikozahlen geht hervor, dass vor allem ein Fehler im Hardware-Layout fatal wäre, der erst nach Lieferung des Prints bemerkt wird. Wegen der Lieferzeit (ca. 2 Wochen) würde dies je nach Ausmass des Fehlers eine grosse Verzögerung im Terminplan nach sich ziehen. Es wird deshalb wichtig sein, sowohl das Schema als auch das PCB-Design mehrfach zu kontrollieren und von anderen Personen prüfen zu lassen.