

Pflichtenheft

Wireless Controller for Smart Systems

BACHELOR THESIS - ANKLIN, BOBST, HORATH
25. Februar 2020

Fachcoach:

Matthias Meier
Manuel Di Cerbo

Team:

Raffael Anklin
Robin Bobst
Cyrill Horath

Studiengang:

Elektro- und Informationstechnik

Semester:

Frühlingssemester 2020

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Übersicht | 1 |
| 1.1 | Ausgangslage | 1 |
| 1.2 | Ziel der Arbeit | 1 |
| 2 | Lösungskonzept | 2 |
| 2.1 | Punkt zu Punkt Testinfrastruktur | 2 |
| 2.2 | Test Mesh Netzwerke | 2 |
| 2.2.1 | Bluetooth Mesh | 2 |
| 2.2.2 | Thread | 2 |
| 2.2.3 | Zigbee | 2 |
| 2.3 | Steuer und Auswertesoftware | 2 |
| 3 | Projektziele und Lieferobjekte | 3 |
| 3.1 | Punkt zu Punkt Testinfrastruktur | 3 |
| 3.2 | Test Mesh Netzwerke | 3 |
| 3.3 | Steuer und Auswertesoftware | 3 |
| 3.4 | Lieferobjekte | 5 |
| 4 | Projektmanagement | 6 |
| 4.1 | Projektaufteilung | 6 |
| 4.2 | Projektplan | 6 |
| 4.3 | Risikoanalyse | 6 |
| 4.4 | Projektvereinbarung | 6 |
| | Literatur | 8 |
| A | Terminplanung | 9 |
| B | Risikoanalyse | 10 |

1 Übersicht

Das vorliegende Dokument stellt das Pflichtenheft der Bachelorthesen von Raffael Anklin, Robin Bobst und Cyrill Horath an der Fachhochschule Nordwestschweiz Brugg-Windisch im Studiengang Elektro- und Informationstechnik dar. Im ersten Kapitel soll eine Übersicht über die Ausgangslage sowie das Ziel dieser Arbeit gegeben werden und somit die Rahmenbedingungen definieren.

1.1 Ausgangslage

Cyrill

Unter den standardisierten Low Power Mesh Netzwerk Protokollen im freien GHz ISM-Band konkurrenzieren sich derzeit vorrangig Bluetooth Mesh, Zigbee sowie Thread. Bezüglich MAC und Physical Layer basieren Zigbee und Thread auf IEEE 802.15.4 wogegen Bluetooth Mesh auf Bluetooth Low Energy (BLE) basiert. Jedes dieser Netzwerkprotokolle hat gewisse Vorzüge: Bluetooth Mesh, dass BLE mittlerweile von jedem Smartphone und Notebook unterstützt wird, Thread aufgrund seiner IPv6 Basis und damit einfachem Übergang ins Internet sowie Zigbee aufgrund seiner etablierten Verbreitung im Smart-Lampenbereich durch Philips, IKEA und Osram. Hauptproblem aller drei Mesh Netzwerkprotokolle ist nebst physikalisch und distanzbedingter Absorption und Reflexion die Störbeeinflussung durch WLAN (WiFi) und andere Netzwerke im GHz Frequenzbereich.

Im Vorprojekt *P5 - Bluetooth-Mesh Plattform für IoT Anwendungen* zu dieser Arbeit wurde das Bluetooth-Mesh Protokoll bereits vertieft betrachtet und dessen Vor- und Nachteile aufgezeigt. Basierend auf diesen Erkenntnissen und der oben beschriebenen Problematik soll das Bluetooth-Mesh Protokoll mit den Alternativen Thread sowie Zigbee verglichen werden.

1.2 Ziel der Arbeit

Cyrill

In der vorliegenden Arbeit soll zuerst ein praxistaugliches, einheitliches Testframework für alle drei Mesh Netzwerke erstellt werden, wonach die Tauglichkeit aller drei Mesh Netzwerke unter realitätsnahen Bedingungen ermittelt und verglichen werden soll. Zwecks besserer Vergleichbarkeit sollen alle drei Testnetze das gleiche Radio-Interface als Grundlage verwenden. Aufgrund der guten Unterstützung aller drei Mesh Protokolle als auch dem im vergangenen P5 gesammelten Wissens, sollen hierfür die nRF52840 SoCs der Firma Nordic eingesetzt werden. Die zu erstellende Testinfrastruktur soll jeweils aus folgenden Teilen bestehen:

2 Lösungskonzept

Raffael

Im Zentrum soll die Entwicklung einer *Bluetooth Mesh* Plattform stehen. Diese soll für ein weiterführendes Projekt einsetzbar sein (*Home Automation, Agriculture* oder *Industrie*).

2.1 Punkt zu Punkt Testinfrastruktur

Raffael

2.2 Test Mesh Netzwerke

2.2.1 Bluetooth Mesh

Raffael

2.2.2 Thread

Robin

2.2.3 Zigbee

Cyrill

2.3 Steuer und Auswertesoftware

Raffael

3 Projektziele und Lieferobjekte

Robin

In den beiden Tabellen 3.1 und 3.2 sind die Pflicht- resp. Wunschziele für dieses Projekt festgehalten.

3.1 Punkt zu Punkt Testinfrastruktur

Robin

3.2 Test Mesh Netzwerke

Robin

3.3 Steuer und Auswertesoftware

Robin

| Pflichtziele | | |
|--------------|-------------------------|---|
| Nr. | Ziel | Beschrieb |
| P1 | Bluetooth-Mesh-Netzwerk | Eine variable Anzahl an BLE-Nodes bauen ein Mesh-Netzwerk auf um darin Datenaustausch zu ermöglichen. |
| P2 | UPN | Der Universal-Peripheral-Node kann je nach Einsatz als Sensor oder Aktor konfiguriert und bestückt werden. |
| P3 | Low Power | Die UPN sind bezüglich Hardware und Software energiesparend konzipiert um sie autonom betreiben zu können. |
| P4 | Security | Das Mesh-Netzwerk ist gegen unerlaubten Zugriff und sonstigen Angriffen geschützt. |
| P5 | Netzunabhängig | Durch Versorgung mittels Batterie und Energy-Harvesting können die UPN komplett netzunabhängig betrieben werden. |
| P6 | Energy-Harvesting | Für die Versorgung der UPN werden verschiedene Varianten für das Energy-Harvesting entwickelt. Das Ergebnis wird eine Variantenstudie sein. |
| P7 | Gateway | Zur Konfiguration des Bluetooth-Mesh-Netzwerks steht ein Gateway basierend auf Standard Hardware (Raspberry-Pi + nRF52840 USB Dongle o.ä.) zur Verfügung. |
| P8 | LAN/WLAN | Für die Integration in TCP/IP basierte Systeme bietet der Gateway eine entsprechende Schnittstelle. |
| P9 | CLI | Mittels Command-Line-Interface kann das Mesh-Netzwerk verwaltet werden. |

Tabelle 3.1: Pflichtziele

| Wunschziele | | |
|--------------------|---|---|
| Nr. | Ziel | Beschrieb |
| W1 | UPN Konfiguration via Mesh | Einstellungen des UPN können via Mesh Netzwerk angepasst werden und somit z.B. die Peripheriekonfiguration verändert werden. |
| W2 | Firmwareupgrade via Mesh | Die Firmware der UPN wird via Mesh-Netzwerk aktualisiert. |
| W3 | BLR und BLE | Bluetooth Long Range (BLR) und Bluetooth Low Energy (BLE) ergänzen das Bluetooth Mesh um die Reichweite zu vergrößern oder den Energieverbrauch nochmals zu vermindern. |
| W4 | Dedizierte Hardware UPN | Das UPN ist als dedizierte Hardware realisiert und somit einsatzbereit. |
| W5 | Datenschnittstelle | Mittels passender Datenschnittstelle auf dem Gateway können Fremdsysteme wie Apple Homekit, Google Home oder KNX angebunden werden. |
| W6 | Datenschnittstelle ohne Zwischenspeicherung | Damit keine Daten auf dem Gateway zwischen gespeichert werden müssen können die Nodes mittels verbindungslosem Protokoll (MQTT, CoAP, usw.) direkt aus dem Mesh Netzwerk mit einem Fremdsystemen kommunizieren. |
| W7 | HMI | Ein Human-Machine-Interface in Form einer Webapplikation unterstützt den User bei der Konfiguration des Mesh-Netzwerks und ermöglicht die Anbindung an Fremdsysteme. |
| W8 | Dedizierte Gateway Hardware | Der Gateway ist auf einer dedizierten Hardware umgesetzt. |
| W9 | Onboard Bluetooth | Da der Raspberry-Pi 4 bereits ein Bluetooth 5 Chip besitzt soll direkt dieser verwendet werden anstelle eines angeschlossenen Dongles. |
| W10 | Mobiltelefon | Anstelle oder ergänzend zum Gateways kann ein Mobiltelefon ins Mesh-Netzwerk eingebunden werden um Konfigurationen vorzunehmen oder Daten aus zu lesen. |
| W11 | GSM/LTE | Für Feldanwendungen besitzt der Gateway ein GSM/LTE Modul. |
| W12 | Versuchsaufbau Energy-Harvesting | Erfolg versprechende Energy-Harvesting-Systeme werden in einem Versuchsaufbau auf deren Tauglichkeit weiter geprüft. |

Tabelle 3.2: Wunschziele

3.4 Lieferobjekte

Robin

Zusätzlich zu den Projektzielen, folgen in diesem Kapitel die Lieferobjekte mit dem jeweiligen Datum. In der Tabelle 3.3 sind diese aufgelistet.

| Nr. | Datum | Lieferobjekt |
|-----|------------|--|
| 1 | 07.10.2019 | Abgabe Pflichtenheft, 1. Version |
| 2 | 14.10.2019 | Abgabe Pflichtenheft, definitive Version |
| 3 | 13.01.2020 | Projektpräsentation |
| 4 | 13.01.2020 | Abgabe Fachbericht |
| 5 | 13.01.2020 | Abgabe Testaufbau Mesh-Netzwerk |

Tabelle 3.3: Lieferobjekte

4 Projektmanagement

Cyrill

Schlankes Projektmanagement mit Projektplan im Anhang. 3 Teile einzeln plus ein Teil gemeinsam.

Alle 2 Wochen soll eine Projektsitzung mit den Dozenten abgehalten werden.

4.1 Projektaufteilung

Cyrill

Evtl. Tabelle mit Definition der Aufteilung. Wer ist für welchen Teil zuständig.

4.2 Projektplan

Framework -> Raffi

Einzelprojekte der jeweils Zuständige

Projektpläne erstellen

Verweis auf die Projektpläne Framework und 3 mal Mesh Netzwerke.

4.3 Risikoanalyse

Robin: Risikoanalyse erstellen und in den Anhang einfügen

4.4 Projektvereinbarung

Projektcoach

Di Cerbo Manuel

Ort, Datum:

Unterschrift:

Meier Matthias

Ort, Datum:

Unterschrift:

Projekt: EIT-P-20FS-030

Anklin Raffael

Ort, Datum:

Unterschrift:

Projekt: EIT-P-20FS-031

Bobst Robin

Ort, Datum:

Projekt: EIT-P-20FS-032

Horath Cyril

Ort, Datum:

Unterschrift:

Unterschrift:

Literatur

- [1] K. Michna, *Entwicklungsgeschichte der Bluetooth-Technologie / Wissen*, de, Jan. 2019. Adresse: <https://www.bluetoothtest.de/wissen/geschichte/> (besucht am 30. Sep. 2019).
- [2] Bluetooth SIG, *Our History*, en-US, Bluetooth, Jan. 2019. Adresse: <https://www.bluetooth.com/about-us/our-history/> (besucht am 30. Sep. 2019).
- [3] M. Eckstein, *Neue Bluetooth-SIG-Gruppe für Mesh-Vernetzung im Smart Home*, de, Jan. 2019. Adresse: <https://www.elektronikpraxis.vogel.de/neue-bluetooth-sig-gruppe-fuer-mesh-vernetzung-im-smart-home-a-789161/> (besucht am 9. Okt. 2019).
- [4] M. Woolley, *An Intro to Bluetooth Mesh Part 1*, en-US, Juli 2017. Adresse: <https://www.bluetooth.com/blog/an-intro-to-bluetooth-mesh-part1/> (besucht am 30. Sep. 2019).

A Terminplanung

| Hauptaufgabe | Aufgabe | Anfang | Ende | Wer | Review | 30. Sep 19 | 7. Okt 19 | 14. Okt 19 | 21. Okt 19 | 28. Okt 19 | 4. Nov 19 | 11. Nov 19 | 18. Nov 19 | 25. Nov 19 | 2. Dez 19 | 9. Dez 19 | 16. Dez 19 | 23. Dez 19 | 30. Dez 19 | 6. Jan 20 | 13. Jan 20 |
|--------------------|--|------------|------------|--------|--------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| Fachbericht | Strukturierung / Disposition | 04.11.2019 | 18.11.2019 | TBD | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fachbericht | Schreiben | 18.11.2019 | 06.01.2020 | Alle | Alle | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fachbericht | Korrigieren / Gegenlesen | 06.01.2020 | 13.01.2020 | Alle | Alle | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fachbericht | Drucken | 13.01.2020 | 13.01.2020 | CH | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fachbericht | Abgabe Fachbericht | 13.01.2020 | 13.01.2020 | Alle | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Präsetation | Präsentation erstellen | 06.01.2020 | 10.01.2020 | Alle | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Präsetation | Präsentation halten | 13.01.2020 | 13.01.2020 | Alle | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pflichtenheft | Pflichtenheft verfassen | 30.09.2019 | 14.10.2019 | Alle | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pflichtenheft | Abgabe Pflichtenheft | 14.10.2019 | 14.10.2019 | Alle | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vorstudie | Lösungsvarianten recherchieren | 14.09.2019 | 21.10.2019 | Alle | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vorstudie | Varianten Vergleichen in Tabelle und Entscheidung | 07.10.2019 | 14.10.2019 | Alle | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Energie Harvsting | Berechnungen und Simulationen | 07.10.2019 | 11.11.2019 | RA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Energie Harvsting | Planen der Testaufbauten | 21.10.2019 | 18.11.2019 | RA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Energie Harvsting | Material Bestellungen für Testaufbauten | 11.11.2019 | 11.11.2019 | RA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Energie Harvsting | Testaufbauten fertigstellen | 25.11.2019 | 30.11.2019 | RA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Energie Harvsting | Messungen Durchführen und Vergleichen | 25.11.2019 | 09.12.2019 | RA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Energie Harvsting | Dokumentieren und evt. Optimierungen durchführen | 09.12.2019 | 23.12.2019 | RA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bluetooth Firmware | IDE aufsetzen | 30.09.2019 | 07.10.2019 | BOB | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bluetooth Firmware | Mesh Netzwerktest mithilfe Nordic Examples | 07.10.2019 | 21.10.2019 | BOB | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bluetooth Firmware | Low Power node und Freind Node Energiebedarf messen | 14.10.2019 | 21.10.2019 | BOB/RA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bluetooth Firmware | Firmware Remote Node Configuration Konzept erstellen | 14.10.2019 | 28.10.2019 | CH/BOB | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bluetooth Firmware | Firmware Remote Node Configuration programmieren | 21.10.2019 | 25.11.2019 | BOB | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gateway | Gateway Aufbauen und Basic Setup durchführen | 30.09.2019 | 07.10.2019 | CH | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gateway | Mesh Interface mithilfe Example Nordic ausprobieren | 07.10.2019 | 25.10.2019 | CH | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gateway | Webserver (Node Red) aufsetzen | 07.10.2019 | 25.10.2019 | CH | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gateway | Programm Remote Configuration Konzept erstellen | 14.10.2019 | 28.10.2019 | CH/BOB | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gateway | Programm Remote Configuration programmieren | 21.10.2019 | 25.11.2019 | CH | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hardware uDev | Schema und PCB Layout erstellen | 25.11.2019 | 09.12.2019 | tbd | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hardware uDev | Bestellung Material und PCB | 12.12.2019 | 23.12.2019 | tbd | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hardware uDev | Fertigen und Funktionstest | 30.12.2019 | 06.01.2020 | tbd | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Platform Bindings | Anbindungs Konzepte erstellen | 25.11.2019 | 09.12.2019 | tbd | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Platform Bindings | Tests durchführen und Dokumentieren | 09.12.2019 | 06.01.2020 | tbd | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Validierung | Gesamttest Aufbauen (Gateway+Nodes+Energy Harv.) | 02.12.2019 | 16.12.2019 | Alle | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Validierung | Gesamttest durchführen (Gateway+Nodes+Energy Harv.) | 16.12.2019 | 23.12.2019 | Alle | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Validierung | Resultate dokumentieren | 23.12.2019 | 06.01.2020 | tbd | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Validierung | Gesamtsystem für Presentation aufbauen und abgeben | 06.01.2020 | 13.01.2020 | Alle | | | | | | | | | | | | | | | | | |

B Risikoanalyse

| Ereignis | | | | Risiko ohne Massnahme | | | Prävention | Risiko mit Massnahme | | | Verantwortlich | Indikator |
|----------|--|--|---|-----------------------|----|----|--|----------------------|----|----|----------------|---|
| Nr. | Risiko | Ursachen | Konsequenzen | si | pi | pi | | si | pi | pi | | |
| A | Teammitglied fällt kurzfristig aus | Unvorhergesehener Termin, leichte Krankheit, leichter Unfall | Weniger Personalressourcen, kleiner Mehraufwand | 3 | 2 | 6 | Reservezeit einplanen, Transparenter Informationsfluss im Team | 1 | 2 | 2 | CH | Abwesenheit |
| B | Teammitglied fällt längerfristig aus | Militärdienst, schwere Krankheit, Studienabbruch, schwerer Unfall | Grössere Umplanung, Neuverteilung der Arbeiten | 3 | 2 | 6 | Strukturierte Datenablage, guter Kommunikationsfluss | 1 | 2 | 2 | | Abwesenheit |
| C | Datenverlust oder Zugriffsprobleme | Löschung der Projektdaten, Unzugänglichkeit von Onedrive, keine Internetverbindung | Zugriff auf Daten nicht möglich, Sämtliche Projektdaten nicht mehr vorhanden | 2 | 1 | 2 | Regelmässige Backups, Dokumente zusätzlich lokal abspeichern | 1 | 1 | 1 | | Arbeiten auf dem Stand des letzten Backups |
| D | Software kann nicht mehr ausgeführt werden | Datenverlust, Softwareupdate | Schlimmstenfalls Verlust der gesamten Arbeit, vorübergehende Arbeitspause bis Update komplett | 2 | 3 | 6 | Fertige Softwareteile werden zusätzlich im Onedrive gespeichert (Revisionsverwaltung) / Github | 2 | 1 | 2 | | Fehlermeldung |
| Ereignis | Softwarekonzept nicht ausführbar | Mangelnde Vorkenntnisse, schlechte Planung | Überdenken der Arbeit, Verzug der Arbeiten | 2 | 2 | 4 | Mit Software-Fachcoach besprechen | 1 | 1 | 1 | | Nicht funktionierendes Skript |
| F | Softwareprojekt von Node Gerät und provisioner Gerät nicht verknüpfbar | Schnittstelle wurde nicht korrekt eingehalten | Verzögerung der Arbeit, Mehraufwand | 2 | 2 | 4 | Kommunikation zwischen Softwareteam | 1 | 1 | 1 | | Softwareteam können Vorhaben nicht weiterführen |
| G | Zu komplizierter Sachverhalt | Inhalt kann nicht umgesetzt werden | Stillstand der Arbeit, Projekt nicht durchführbar | 1 | 3 | 3 | Früzeitige Besprechung mit Fachcoaches | 1 | 1 | 1 | | Kein Weiterkommen |
| H | Soziale Spannungen im Team | Meinungsverschiedenheiten, schlechte Arbeitsaufteilung, keine Kompromissbereitschaft | Motivation sinkt, Arbeitsmoral sinkt, schlechte Projektarbeit, unzufriedener Arbeitgeber | 2 | 2 | 4 | Gegenseitige Kontrolle, Fehler offen im Team besprechen, Konstruktive Kritik | 2 | 1 | 2 | | Schlechte Arbeitsmoral |
| I | Mangelnde Kommunikation | zu wenig Sitzungen, Angst vor Demütigung | Schlechtes Zusammenspiel, schlechtere Arbeit | 2 | 1 | 2 | Häufigere Sitzungen, höhere Wertschätzung der einzelnen Teammitglieder | 1 | 1 | 1 | | Zurückhaltung |
| J | Nicht Termingerechte Abgabe der Arbeiten | Faulheit, mangelnder Einsatz, falsche Prioritäten, schlechte Projektführung | Terminplan kann nicht eingehalten werden | 2 | 2 | 4 | striktere Projektführung, gegenseitige Kontrolle, frühzeitiges Melden | 2 | 1 | 2 | | Schlechte Arbeitsmoral |
| K | Qualitativ minderwertige Arbeit | Faulheit, mangelnder Einsatz, schlechter Teamgeist | Mehraufwand, Qualitativ ungenügende Arbeit, Zeitliche Probleme | 2 | 2 | 4 | Gegenkontrolle der Arbeiten | 2 | 1 | 2 | | Schlechte Arbeitsmoral |
| L | Schlechte Terminplanung | Aufwand unterschätzt, keine Reserve eingeplant | Mehraufwand, Überarbeitung des Terminplans, Engpässe | 3 | 2 | 6 | Genug Reservezeit einplanen | 2 | 1 | 2 | | Terminverzug |

si= Eintrittswahrscheinlichkeit

pi= Auswirkung