

Aufgabenstellung P6 / Thesearbeit FS20

Wireless Controller for Smart Systems

Test und Vergleich von GHz Low Power Mesh Netzwerken

Studierende	Raffael Anklin Robin Bobst Cyrill Horath
Betreuende Dozenten	Manuel Di Cerbo FHNW Studiengang EIT manuel.dicerbo@fhnw.ch Matthias Meier FHNW Studiengang EIT matthias.meier@fhnw.ch
Ausgangslage	<p>Unter den standardisierten Low Power Mesh Netzwerk Protokollen im freien GHz ISM-Band konkurrenzieren sich derzeit vorrangig Bluetooth Mesh, Zigbee sowie Thread.</p> <p>Bezüglich MAC und Physical Layer basieren Zigbee und Thread auf IEEE 802.15.4 wogegen Bluetooth Mesh auf Bluetooth Low Energy (BLE) basiert.</p> <p>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.</p> <p>Hauptproblem aller drei Mesh Netzwerkprotokolle ist nebst physikalisch und distanzbedingter Absorption und Reflexion die Störbeeinflussung durch WLAN (WiFi) und andere Netzwerke im GHz Frequenzbereich.</p>

Ziel der Arbeit

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:

1. Zweier **Punkt-Punkt Testinfrastrukturen auf MAC-Ebene** (für BLE und 802.15.4)
Diese sollen es ermöglichen, möglichst einfach zwischen zwei beliebigen Standorten kanalweise die Übertragungsbedingungen zu ermitteln. Diese Testinfrastruktur kann somit einerseits in der Planung eines BT Mesh, Zigbee oder Thread Mesh-Netzwerks als Messinstrument dienen, andererseits auch als Stör-Infrastruktur um gezielt Störungen zu generieren, wie sie von konkurrenzierenden resp. interferierenden BLE und/oder 802.15.4 Netzwerken hervorzurufen werden.
2. Dreier **Test Mesh Netzwerke** (für BT Mesh, Zigbee und Thread)
Mit diesen Test-Netzwerken soll die Robustheit und Mesh-Funktionalität der drei Protokoll-Stacks unter realitätsnahen und nachvollziehbaren Bedingungen ermittelt werden, d.h. bei verschiedenen Netzbelastungen, Netztopologien und gezielt eingebrachter Störungen mit unterschiedlichen Störmustern.
3. Einem Leitrechner, auf welchem eine Python basierte **Steuer- und Auswertesoftware** läuft. Für kürzere Tests und während der Entwicklung kann somit hierfür ein Notebook eingesetzt werden, für Langzeittests hingegen ein Raspberry Pi.
Die Steuer- und Auswertesoftware soll möglichst modular aufgebaut und ein einfaches Commandline-Interface haben, mit Ausgabe der verarbeiteten Daten auf Standard Output.

Zwecks einfacher Bedienung und grafischer Anzeige soll darauf aufbauend ein einfaches Python basiertes Web-Interface realisiert werden.

**Eckpunkte der
Punkt-Punkt
Testinfrastrukturen
auf MAC-Ebene
BLE und 802.15.4**

Beide Varianten sollen konzeptionell wie folgt realisiert werden:

- Der Leitrechner steuert via USB oder UART ein Master-Funkmodul an.
- Das Master-Funkmodul sendet gemäss den Vorgaben des Leitrechners regelmässig MAC-Frames an einen oder mehrere Slave-Funkknoten.
- Der oder die batteriebetriebenen Slave-Funkknoten, bestätigen die MAC-Frames zurück.

Folgende Parameter sollen von der übergeordneten Steuer- und Auswertsoftware konfigurierbar sein:

- Anzahl und ID der Slaves
- Welche BLE resp. 802.15.4 Kanäle zyklisch getestet werden
- Einstellbare Framelänge
- Einstellbare Framerate und Kanalwechselrate
- Einstellbare Sendeleistung
- Nur für BLE: Modulationsart resp. Datenrate (2Mbps ... 125kbps d.h. auch Long Range)
- Nur für 802.15.4: mit/ohne Collision Avoidance (CSMA/CA)

Sowohl master- wie auch slaveseitige Erfassung der Verbindungsqualität (RSSI, Package Loss, Collisions, Noise Level, ...). Die Slaves senden hierzu die erfassten Werte im Rückantwortframe dem Master zurück.

Einfaches und für beide Protokolle (BT und 802.15.4) taugliches Protokoll zwischen Master-Knoten und Auswerterechner.

**Eckpunkte der drei
Mesh Testnetzwerke
(BT Mesh, Zigbee,
Thread)**

Erstellen der drei Mesh-Testnetzwerke mit jeweils ca. 10 Netzknoten wovon:

- Ein Master-Node mit wahlweise USB- oder UART Anschluss zum Auswerterechner
- die restlichen Knoten konfigurierbar z.B. 4 Routing und 5 Low Power Sensor Knoten

Die Sensor-Knoten sollen in einem vom Auswerterechner vorgegebenen parametrisierbaren Intervall Sensorwerte simulieren.

Als "Sensordaten" sollen die Netz-Zustandsdaten übermittelt werden (z.B. Paketnummer zwecks erkennen von verlorenen Datenpaketen, Anzahl Retries, Paketverluste, RSSI, Strombedarf resp. aktive CPU- und Radio-Zeiten, ...)

Das Protokoll und Interface zum Leitreechner soll wenn möglich für alle drei Mesh Netze einheitlich sein.

Um die Störimmunität der Netze zu ermitteln sollen auch gezielt "Fremdstörungen" im eingebracht werden, mit definierbarer Tastung und Störframelänge. Hierfür sollen die "Punkt-Punkt Testinfrastrukturen auf MAC-Ebene" eingesetzt werden.

Umfassende Gegenüberstellung und Validierung aller drei Netzwerke in einem FHNW Gebäude, insbesondere Durchsatz, Antwortzeit, Zuverlässigkeit, Einfachheit der Konfiguration (inkl. Routing), Einfachheit der Ermittlung geeigneter Router-Standorte, Sicherheit und Energieverbrauch, etc.

**Teamaufteilung,
Fachberichte und
Bewertung**

- Jedes Teammitglied realisiert eines der drei Test Mesh Netze.
- Bezüglich Aufteilung der restlichen Arbeiten einigen sich die Teammitglieder untereinander.
- Die Thesisnote setzt sich jeweils hälftig aus einer Individualnote und einer Teamnote zusammen.
- Die Fachberichte resp. Dokumentation setzt sich zusammen aus:
 - Dokumentation der **individuell erstellten Teile**
 - Dokumentation der **gemeinsam erstellten Teile**
 - Einem **Paper** mit Dokumentation und Interpretation der durchgeführten Tests
- Alles Sourcen sollen als Open Source auf GitHub oder GitLab veröffentlicht werden.

**Pflichtenheft und
Projektvereinbarung**

Nach Projektstart soll innert ca. 1 Monat ein technisches Pflichtenheft erarbeitet werden beinhaltend:

- Lösungskonzept und Spezifikation des zu erstellenden Systems,
- Formulierung von Arbeitspaketen (typisch 5-15) und Meilensteinen,
- Zeitplan in Form eines Gantt-Diagrammes.

Projektmanagement, Kommunikation, Abgabetermine, Bewertung:

Das Projekt soll von einem schlanken, ergebnisorientierten Projektmanagement begleitet werden.

Arbeitgeber und betreuender Dozent sollen periodisch (mind. alle 3 Wochen) über den Stand der Arbeiten sowie allfälliger Abweichungen zum Pflichtenheft und Projektplan informiert werden.

Es finden mindestens folgende Meetings statt:

- Kickoffmeeting
- Besprechung Pflichtenheft/Projektvereinbarung
- Schlusspräsentation

Bei Bedarf können mehr Meetings durchgeführt werden.

Betreffend Fachbericht, Ausstellung der Thesearbeit (inkl. Erstellen eines Factsheets und Posters) sowie Verteidigung und Bewertung gelten die Vorgaben und Richtlinien der FHNW, Hochschule für Technik.

Termine

Es gelten die offiziellen Termine der FHNW, Hochschule für Technik

- Die Thesearbeit startet KW 8/2020 und umfasst 360 Arbeitsstunden für jeden Probanden (inkl. Erstellung Fachbericht).
- Der Abgabetermin der Arbeit (Fachbericht) ist am Tag der Bachelor-Ausstellung 14.8.2020.
- Die Verteidigung (d.h. Präsentation und Diskussion der Thesis vor den Betreuern und externem Experten) findet gemäss Semesterplanung der FHNW voraussichtlich in der KW36 oder KW37 statt. Der genaue Termin wird noch bekannt gegeben.