



netidee

PROJEKTE

LoRaBridge

Endbericht | Call 16 | Projekt ID 5877

Lizenz CC-BY

Inhalt

1	Einleitung.....	3
2	Projektbeschreibung	3
3	Verlauf der Arbeitspakete	6
3.1	Arbeitspaket 1 - Projektstart.....	6
3.2	Arbeitspaket 2 - Anforderungsanalyse	6
3.3	Arbeitspaket 3 - Prototyp	7
3.4	Arbeitspaket 4 – Leistungsbeurteilung.....	8
3.5	Arbeitspaket 5 – Leistungsbeurteilung in Use-Case Szenario	10
3.6	Arbeitspaket 6 – Optimierung der Benutzeroberfläche.....	12
3.7	Arbeitspaket 7 – Projektmanagement und Kommunikation	14
3.8	Arbeitspaket 8 – Dokumentation und Formales Projektende.....	15
4	Umsetzung Förderauflagen	15
5	Liste Projektergebnisse	15
6	Verwertung der Projektergebnisse in der Praxis	16
7	Öffentlichkeitsarbeit/ Vernetzung.....	16
8	Eigene Projektwebsite.....	17
9	Geplante Aktivitäten nach netidee-Projektende.....	17
10	Anregungen für Weiterentwicklungen durch Dritte.....	17

1 Einleitung

Drahtlose Sensoren und Geräten wie Thermometer oder drahtlose Steckdosen sind beliebt in der Kategorie der Smart Home Geräte. Aufgrund ihrer begrenzten Kommunikationsreichweite sind die NutzerIn jedoch nicht in der Lage, die Geräte flexibel zu installieren, z.B. auf Dachböden oder in Kellern.

Im Projekt Long-Range Data Bridge (LoRaBridge) haben wir eine drahtlose Kommunikationslösung für Smart Home Geräte mit geringer Reichweite entwickelt. Mit Hilfe der LoRaWAN Technologie erreichten wir eine Reichweitenverlängerung von bis zu mehreren hundert Metern für kostengünstige ZigBee Sensoren mittels handelsüblicher Komponenten. Unseren Untersuchungen nach kann ein einzelner LoRaBridge Repeater Sensordaten von mehreren Sensoren erfolgreich über längere Zeiträume weiterleiten, sofern die Daten entsprechend komprimiert werden.

Während der experimentellen Validierungsphase des Projektes haben wir die Reichweitenverlängerung für mehrerer Smart-Home-Sensorgeräte sowohl in Innen- als auch in Außenbereichen getestet. Beispiele für die Highlights des Projekts sind zwei aktuelle Use-Cases: Als erstes haben wir gezeigt, dass kostengünstige Sensoren eine gute Option zur Erkennung von Frost in Weinfeldern sein können, und zweitens sind kostengünstige ZigBee Steckdosen über eine LoRaBridge Verbindung eine gute Option zur lokalen Überwachung des Energieverbrauchs, um "versteckte" Energiekosten zu vermeiden.

2 Projektbeschreibung

Heute gibt es Hunderte von ZigBee basierten Sensoren von verschiedenen Herstellern. Da jedoch jeder Hersteller (z.B. Xiaomi, Tuya, Bosch, etc.) sein eigenes Gateway/Hub anbietet, sind die NutzerInnen gezwungen, nur vom Hersteller unterstützte Sensoren zu verwenden. Inzwischen hat sich die Situation geändert, da Open-Source Gateway Software, wie z. B. Zigbee2MQTT, die Nutzung von Smart-Home Geräten von vielen verschiedenen Herstellern ermöglicht. Während ZigBee basierte Sensoren eine preisgünstige Option sind, um z.B. Temperatur/Luftfeuchtigkeit zu überwachen, sind ihre Reichweite oft auf 10 m bis 30 m begrenzt. Daher sind viele relevante Sensoranwendungen, wie z.B. die Überwachung von Wasserlecks im Keller, mit drahtloser Kommunikation über längere Entfernungen schwer zu realisieren.

Das Hauptziel des Projekts LoRaBridge war es, die drahtlose Reichweite von kostengünstigen Sensorgeräten zu erweitern. Wir haben LoRaWAN als Hauptbestandteil für die Reichweitenerweiterung ausgewählt, da sich die Long-Range Funktechnologien bereits in den Smart-City Anwendungen etabliert haben. Wie sich herausstellte, ist die Implementierung eines funktionierenden Range Extenders viel mehr als die Kombination der richtigen Hardware- und Softwarekomponenten. Aus diesem Grund mussten Teilziele definiert werden, die im Folgenden aufgeführt und beschrieben werden.

Teilziel 1: Prototyp

Der erste Schritt zur funktionierenden Reichweitenerweiterung war ein erster Proof-of-Concept mit grundlegenden Funktionalitäten. Hier konzentrierten wir uns auf die Auswahl und das Testen geeigneter Soft- und Hardwarekomponenten, wie z.B. LoRaWAN-Gateways/Transceiver.

Teilziel 2: Datenkomprimierung

Ohne geeignete Kompressionsalgorithmen übersteigt die Datenrate von ZigBee-Sensoren die Datenrate einer einzelnen LoRaWAN Verbindung. Daher war es notwendig Möglichkeiten zu untersuchen, um redundante Datenübertragungen zu reduzieren, wie z. B. Metadaten, die von einem BenutzerIn nicht unbedingt benötigt werden. Darüber hinaus haben wir uns verschiedene Datenkomprimierungsmethoden angesehen, die sich gut für die Komprimierung von MQTT-Protokolldaten eignen.

Teilziel 3: Skalierbarkeit

Da zu unseren Fokusgruppen Communities und Unternehmen gehören, legten wir Wert auf Modularität und Skalierbarkeit. Da beispielsweise eine Verbindung mehrerer LoRaBridge Bridge Einheiten mit einem einzelnen LoRaBridge-Gateway ermöglicht wird, können beispielsweise Anwendungsfälle für die Fernerkundung in großem Maßstab eingerichtet werden.

Teilziel 4: Benutzbarkeit

Schließlich war es unsere Absicht, die LoRaBridge Hardware & Software einfach nutzbar zu machen. Optimalerweise soll die LoRaBridge Reichweitenerweiterung für einen Anwender vollständig transparent sein. Dieses Ziel erforderte sorgfältige Designentscheidungen für die Benutzeroberfläche.

Zu den Zielgruppen der LoRaBridge gehören:

Smart Home BenutzerInnen

Firmen

Kommunen

Bei der Entwicklung haben wir auch auf Komponenten geachtet, die für Privatpersonen verfügbar und leistungsfähig sind. Zu den Early Adopters von LoRaBridge gehören erfahrene Smart-Home Anwender mit Vorkenntnissen von Zigbee2MQTT, Home Assistant und der Konfiguration von Raspberry Pis. Mit dem entwickelten automatisierten Ansible Setup Skript sollen aber auch weniger erfahrene Anwender in der Lage sein, ein voll funktionsfähiges LoRaBridge Netzwerk aufzubauen. Österreichische Unternehmen und Kommunen mit Fokus auf IoT/Smart Home/Smart City/Fernerkundung sollen von LoRaBridge sowohl durch Vollinstallationen (Applikationen) als auch durch die entwickelten Technologien, d.h. komprimierten MQTT-Daten Übertragung per LoRaWAN (Middleware), profitieren.

Folgende Ergebnisse wurden während des Projekts erzielt:

Softwarekomponenten

Einige der wichtigsten Funktionalitäten wie Device Manager, Datenkomprimierung und Paketplanung wurden in Python / C entwickelt. Zusammen bilden sie die Basis von LoRaBridge, das die Datenweiterleitung von mehreren Sensoren über eine einzige LoRaWAN Verbindung ermöglicht. Ein Integrationsplugin für das Home Assistant Backend wurde geschrieben, um z.B. Sensordaten mit dem Home Assistant Smart Home Backend zu verbinden.

Prototyp des LoRaBridge Range Extenders

Eine Proof-of-Concept Implementierung wurde mit zwei Raspberry Pis, einem LoRa-Modem und einem LoRaWAN Gateway realisiert. Die Software (sowohl 3rd-Party Bibliotheken als auch die entwickelten Komponenten) im Prototyp ist in Docker-Containern organisiert, die mit Github-Actions erstellt und installiert werden können. Der erste Prototyp besteht aus der Bridge und den Gateway Einheiten, die Sensordaten von ZigBee Sensoren weiterleiten können. Die vollständige Installation hängt derzeit von der Zigbee2MQTT Bridge und von dem Chirpstack LoRaWAN-Server ab.

Benutzeroberfläche

Da in den meisten Anwendungsfällen von LoRaBridge die Bridge-Einheit keine Verbindung zum Internet hat und die typischen Eingabegeräte wie Tastatur/Monitor nicht verfügbar sind, haben wir zusätzliche UI Komponenten implementiert, die die Bedienung/Konfiguration der Bridge-Einheit erleichtern. Erstens haben wir eine www Schnittstelle eingeführt, in der ein Benutzer Daten auswählen kann, die weitergeleitet werden sollen. Darüber hinaus kann ein BenutzerIn den Bridge Status auf derselben Oberfläche überwachen, beispielsweise mithilfe eines Laptops oder eines Smartphones. Zweitens wurde eine physische Schnittstelle hinzugefügt, um ein auf Knopfdruck

basierendes ZigBee „pairing“ Verfahren sowie die Überwachung vom Systemzustand zu ermöglichen, wie beispielsweise die ZigBee / LoRaWAN-Konnektivität und die Anzahl der ZigBee Sensorwerte.

Messungen

Während wir LoRaBridge-Komponenten umfangreich unter Laborbedingungen und während des Anwendungsszenarios getestet haben, haben wir Log-Daten von verschiedenen Applikationen, z.B. in der Bridge Einheit und in der Gateway Einheit, gesammelt, die teilweise als Open-Data Online-Repository veröffentlicht wurden. Die Daten können hilfreich sein, um unsere Ergebnisse zu reproduzieren.

3 Verlauf der Arbeitspakete

3.1 Arbeitspaket 1 - Projektstart

Es wurde ein detaillierter Projektplan (Excel-Tabelle für Projektcontrolling) erstellt, der die relevanten Aufgaben aller Arbeitspakete sowie die wichtigsten Meilensteine enthält. Der Plan wurde während des Netidee Community Camps mit Hilfe des Expertengremiums weiter verbessert. Schließlich wurden projektmanagementbezogene Werkzeuge wie Softwareversionsmanagement-Tools (Gitlab/Github), ein Fortschrittsmanagement-Tool (Trello) und eine Datenaustauschplattform (Gitlab/Github) vereinbart.

3.2 Arbeitspaket 2 - Anforderungsanalyse

Zu den Hauptaufgaben von AP2 gehörten zum einen Studien zu Software- und Hardwarekomponenten rund um LoRaWAN und handelsübliche Funksensoren. Zweitens wurden die Eigenschaften der verwendeten Protokolle (LoRaWAN/ZigBee/MQTT) untersucht, um ein tieferes Verständnis der inneren Funktionsweise der Datenflüsse im System zu erlangen. Mit diesen Informationen waren wir in der Lage, einen Use-Case zu definieren, der sich als ein einfaches, aber wichtiges Szenario in der Hausautomatisierung herausstellte. In unserem Anwendungsfall befinden sich drahtlose ZigBee-Sensoren außerhalb der Reichweite des ursprünglichen Gateways und überwachen z. B. die Temperatur/Luftfeuchtigkeit an einem entfernten Ort in einem Smart-Home.

Die folgenden Ergebnisse wurden erzielt:

- Liste der zertifizierten ZigBee 3.0-Sensorgeräte
- Liste der benötigten Open-Source-Software- und Hardware-Komponenten
- Liste der grundlegenden Forschungsarbeiten
- Use-Case Definition

3.3 Arbeitspaket 3 - Prototyp

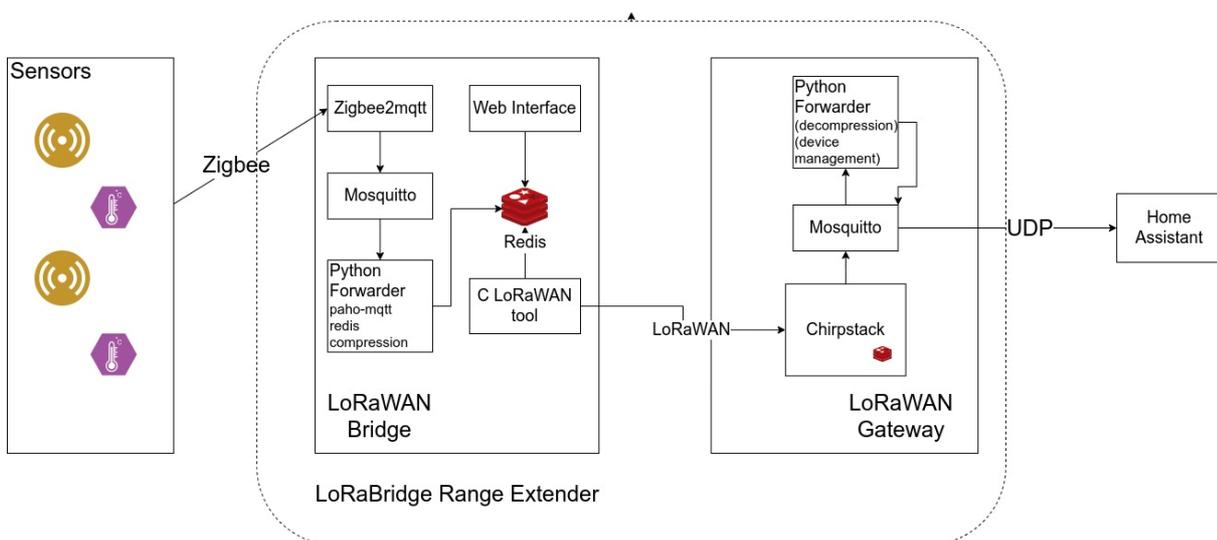


Abbildung 1 - Systemdiagramm des LoRaBridge Range Extender

Das wichtigste Ergebnis von AP3 war ein voll funktionsfähiger erster Prototyp eines LoRaBridge Range Extenders. Der erste Schritt zum Prototyp bestand in der Erstellung eines Systemdiagramms, das oben abgebildet ist. Die Abbildung zeigt zunächst alle Teilkomponenten, die für die Kommunikation notwendig sind: 1) Empfang der ZigBee Pakete, 2) Übermittlung der LoRaWAN Pakete und 3) Empfang der LoRaWAN-Pakete. Wie in der Abbildung zu sehen ist, besteht unser Range Extender aus zwei Einheiten: der Bridge und dem Gateway. Erstere sammelt, komprimiert und leitet die Daten der lokalen Sensoren weiter, während letztere die ursprünglichen Sensordaten empfängt, rekonstruiert und die resultierenden Daten an ein Backend-Framework

weiterleitet. Darüber hinaus werden Algorithmen und Datenstrukturen zur Verarbeitung und Speicherung der Sensordaten im Systemdiagramm dargestellt.



Abbildung 2 - LoRaBridge „Bridge“ Einheit auf einem Raspberry PI 4 Computer implementiert

Wir begannen mit dem Aufbau des Prototyps, indem wir zunächst die fehlenden Softwarekomponenten programmierten, z.B. Data Forwarder, Gerätemanager und LoRaWAN-Sender. Anschließend wurden die Open-Source-Frameworks, wie zigbee2mqtt, Chirpstack und Home-Assistant, individuell konfiguriert und auf der Raspberry PI-Computerplattform getestet (siehe Abbildung oben). Nachdem alle Komponenten einsatzbereit waren, griffen wir auf die Container Technologie zurück, um die Verwaltung, das Debugging und die Bereitstellung zu erleichtern. Im letzten Schritt wurde der korrekte Datenfluss von zigbee2mqtt bis zum Home-Assistant-Backend sorgfältig mit simulierten und realen Sensordaten verifiziert.

3.4 Arbeitspaket 4 – Leistungsbeurteilung

Nach der Fertigstellung des Prototyps führten wir intensive Testkampagnen mit verschiedenen drahtlosen ZigBee-Sensorgeräten durch. Der Hauptzweck der Tests bestand darin, etwaige

Implementierungsfehler herauszufinden, die einen kontinuierlichen Langzeitbetrieb behindern. Zweitens wurde die Leistung der LoRaWAN-Verbindung in Bezug auf den Datendurchsatz zunächst unter Laborbedingungen (mit Hilfe von HF-Dämpfungsgliedern emulierte Streuverluste) und anschließend in einem Innenraumszenario, das den Funkbedingungen unseres Anwendungsfalls sehr nahekommt, bewertet.

Da sich die MQTT-Sensordaten von ZigBee-Geräten als viel zu informationsreich erwiesen, um über eine einzelne LoRaWAN-Verbindung übertragen zu werden, implementierten wir einfache, aber effiziente Kompressionsalgorithmen. Bei aktivierter Komprimierung können mehrere Sensorwerte in eine einzige LoRaWAN-Nutzlast eingebettet werden, was zur Verringerung der Latenzzeit beiträgt.

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Endberichts hat der LoRaBridge Prototyp schon acht Monate lang erfolgreich Sensordaten im Dauerbetrieb übertragen. Laut den Logdaten von Chirpstack und Home Assistant, funktioniert die LoRaBridge Reichweitenerweiterung gut für die Erfassung von Zeitseriendaten, wie z.B. Temperatur/Luftfeuchtigkeit. Auch ereignisbasierte Sensoren wie Kontakt- und Bewegungssensoren werden unterstützt. Die Abbildung unten zeigt typische Sensordaten im Home Assistant Backend.

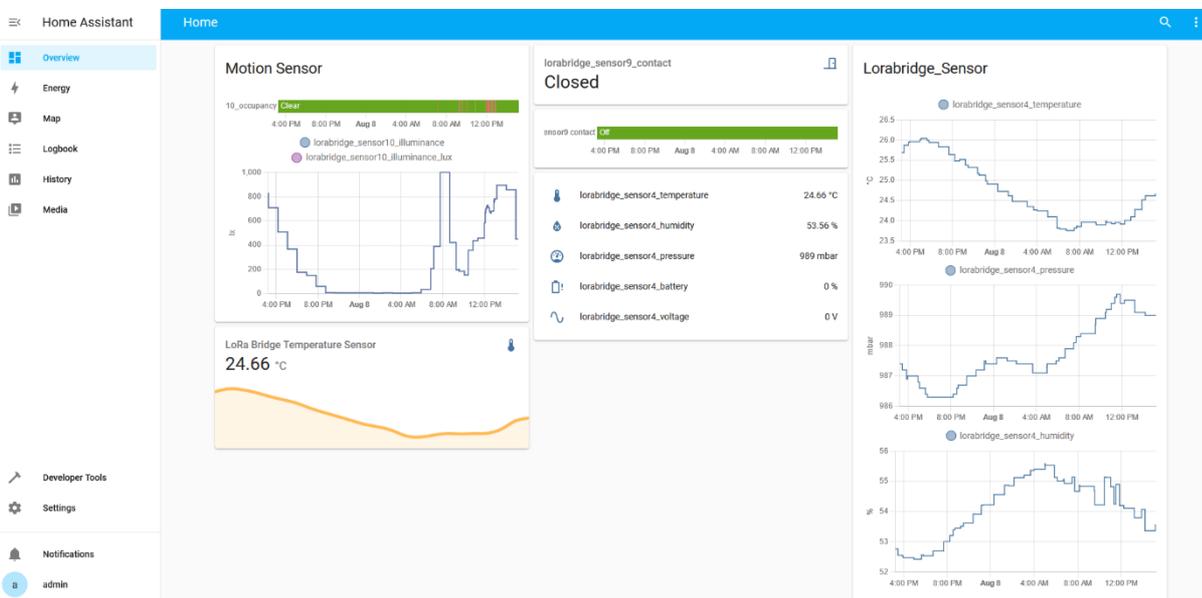


Abbildung 3 - Sensordaten, die von mehreren lokalen drahtlosen Sensoren weitergeleitet werden, in Home Assistant dargestellt

In der zweiten Projekthälfte wurden weitere umfangreiche Tests mit einem zusätzlichen Sensorgerät durchgeführt. Im Gegensatz zu den Temperatur-/Feuchtigkeitssensoren, die nur sporadisch Daten senden, überträgt die drahtlose Steckdose (von Xiaomi) Daten alle fünf

Sekunden. Um eine Reichweitenerweiterung auch für solche Geräte zu ermöglichen, haben wir unsere Datenkompressionsalgorithmen so erweitert, dass redundante Messungen (d.h. der genaue Messwert hat sich zwischen zwei Messungen nicht geändert) entfallen. Auf diese Weise können noch mehr Zigbee Geräte von LoRaBridge unterstützt werden.

3.5 Arbeitspaket 5 – Leistungsbeurteilung in Use-Case Szenarien

Da unsere Experimente mit der LoRaBridge Kommunikation in Innenräumen in AP4 sehr genau den ursprünglich geplanten Smart-Home Use-Case darstellen, haben wir uns mit dem Use-Case “Weinbauer:in” dazu entschieden, die Leistung in einem Outdoor Use-Case in AP5 zu untersuchen. Daher haben wir uns sorgfältig auf eine Messkampagne vorbereitet.

Zunächst mussten sowohl die Bridge- als auch die Gateway-Einheiten für den Outdoor Betrieb vorbereitet werden. Hier bestand eine der Herausforderungen darin, sicherzustellen, dass die Netzteile eine stabile Betriebsspannung für die Raspberry Pis liefern konnten. Als nächstes wurde die Robustheit der Bridge-Einheit überprüft, z.B. bei einem abrupten Absturz einiger Software-Container. Zuletzt haben wir ein wetterfestes Gehäuse für die Brückeneinheit vorbereitet.



Abbildung 4 - LoRaBridge Bridge Einheit in wetterfestes Gehäuse

Für unsere Messkampagne haben wir den Use-Case "Weinbauer:in" gewählt. In diesem Anwendungsfall setzt z.B. ein/e Weinbauer:in mehrere, unterschiedliche ZigBee Sensoren (z. B. Temperatursensoren) auf einem seiner/ihrer Felder ein und verwendet die LoRaBridge Software, um diese Geräte über LoRaWAN mit einem anderen Weinberg oder mit seinem/ihrer Zuhause zu verbinden. Die vom LoRaWAN Gateway gesammelten Daten können beispielsweise zur Überwachung der Temperatur verwendet werden, was eine automatische Benachrichtigung z.B. bei Frost ermöglicht. Das LoRaBridge Gateway wurde in einem Auto aufgestellt und blieb dort während der meisten Teststandorte stationär. Um sicherzustellen, dass das Auto selbst die LoRaWAN-Verbindung nicht beeinträchtigt, haben wir eine Antenne an der Außenseite des Autos montiert und mit einem Antennenverlängerungskabel mit dem Gateway verbunden. Nach einem ersten Verbindungstest fuhren wir zu verschiedenen Orten in Langenlois (siehe Abbildung 5 unten) und führten die Messungen durch.

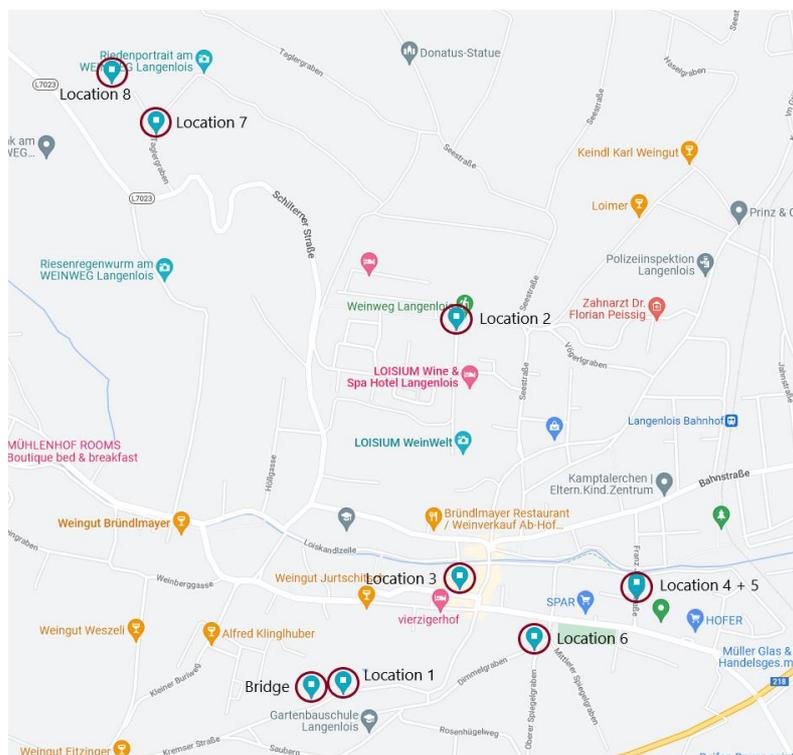


Abbildung 5 - Standorte der Messungen

Laut den Logdaten der Bridge Einheit konnten wir Messungen von den Standorten 1-3, 7 und 8 erhalten. Die fehlenden Messungen an den Standorten 4-6 könnten durch extreme HF-Fading Bedingungen (d.h. Signalpegeldämpfung von Gebäuden und Umgebung) erklärt werden. Da jedoch eine erfolgreiche Kommunikationsverbindung zu den Standorten 7 und 8 hergestellt werden konnte, konnten wir zeigen, dass Kurzstreckensensoren eine praktikable Option für Fernerkundungsanwendungen im Freien sind. So kann beispielsweise ein Weinbauer:in mehrere

kostengünstige Sensoreinheiten in Weinfeldern montieren und das Gateway, das sich im Vorstadtbereich, z.B. bei einem Weingut, befindet, kümmert sich um die Datenerfassung, Datenvisualisierung und später auch um automatisierte Warnungen auf Basis von Sensordaten.



Abbildung 6 - LoRaBridge Gateway in Use-Case "Weinbauer"

Basierend auf den Erkenntnissen unserer Expedition haben wir sogenannte „Heartbeat“ LoRaWAN Nachrichten an die Bridge Einheit implementiert, die periodisch gesendet werden, da ein batteriebetriebenes Sensorgerät in sehr unregelmäßigen Intervallen sendet (z.B. einige Male pro Stunde). Das Heartbeat Paket stellt sicher, dass die LoRaWAN Verbindungsqualität kontinuierlich für sich ändernde HF-Kanalbedingungen optimiert wird, was besonders in Outdoor-Anwendungsfällen wichtig ist. Schließlich veröffentlichten wir die während der Messkampagne gesammelten Telemetriedaten auf einer Zenedo Open-Data Plattform als Forschungsartefakt.

3.6 Arbeitspaket 6 – Optimierung der Benutzeroberfläche

In den letzten Monaten in Projekt haben wir intensiv an den User-Interface Komponenten gearbeitet. Zum einen wurde eine Weboberfläche entwickelt (Siehe Abbildung 7) über die man Mess-/Metadaten von Sensoren abwählen kann, um die Weiterleitungsleistung zu optimieren.

Darüber hinaus ist die Konfiguration der Bridge Einheit auch über die Weboberfläche möglich. Auf der anderen Seite wurde die LCD-Display-basierte Benutzeroberfläche (siehe Abbildung 8) verfeinert, um einige relevante Wartungsinformationen (z.B. Status der LoRaWAN/ZigBee Verbindung bzw. Sensoraktivität) der Bridge Einheit anzuzeigen. Diese Funktion ist unerlässlich, da die Bridge Einheit an Orten montiert werden kann, an denen keine Remote Internetverbindung verfügbar ist.

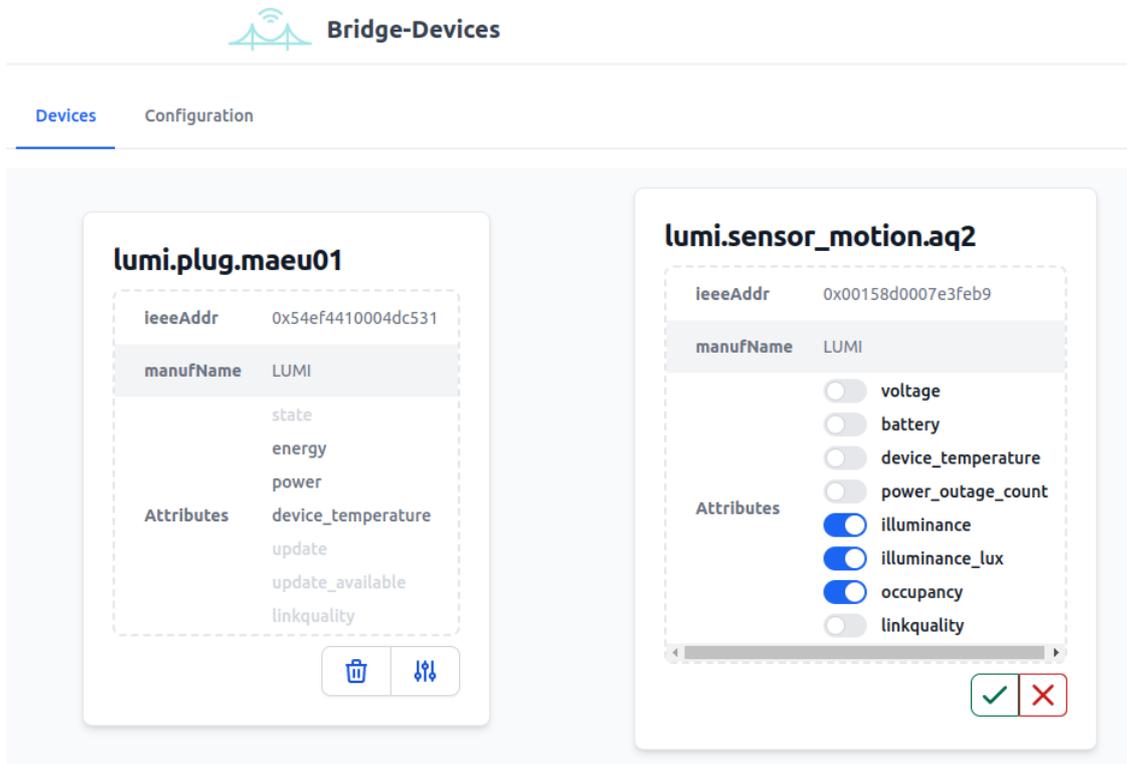


Abbildung 7 - Weboberfläche von Bridge Einheit



Abbildung 8 Physische Benutzeroberfläche von Bridge Einheit

3.7 Arbeitspaket 7 – Projektmanagement und Kommunikation

Durch ein kompaktes Projektteam von zwei Personen konnten wir die Arbeitszeit für das Projektmanagement auf dem ursprünglich geplanten Limit halten. Entscheidungen z.B. zur Steuerung der Arbeitspaketschwerpunkte sowie zur Bewertung des Arbeitspaketstatus wurden in regelmäßigen wöchentlichen Treffen getroffen. Die Kommunikation zwischen Netidee und dem Projektteam wurde lückenlos über E-Mails und kurze Telefonate organisiert.

Die Dissemination verzögerte sich um einige Monate gegenüber dem ursprünglichen Plan. Das ursprünglich geplante Zeitfenster für Veröffentlichungen war Q4/2022. Das eigentliche Zeitfenster wurde aufgrund fehlender Daten aus realen Anwendungsfällen auf Q1/2023 verschoben. Wir wollten auch Präsentationen / Veröffentlichungen in der Nähe der Github-Veröffentlichung von LoRaBridge planen, die Ende Januar 2023 stattfand.

Da keine Konferenzreisen unternommen wurden, wurde auch kein Reisebudget verbraucht. Stattdessen wurden mehr Stunden in die Arbeitspakete 3-6 investiert, um die Qualität der technischen Lösung zu verbessern.

3.8 Arbeitspaket 8 – Dokumentation und formales Projektende

In diesem Arbeitspaket haben wir die folgenden Dokumente erstellt: 1) BenutzerIn- und Entwicklerhandbücher 2) Projektbericht 3) Zusammenfassung 4) Letzter Blog-Beitrag

4 Umsetzung Förderauflagen

Für das Projekt LoRaBridge wurden keine besonderen Anforderungen oder Vereinbarungen zur Finanzierung getroffen.

5 Liste Projektergebnisse

1	<i>Projektzwischenbericht</i>	CC-BY-3.0 AT	https://www.netidee.at/lora-databridge
2	<i>Projektendbericht</i>	CC-BY-3.0 AT	https://www.netidee.at/lora-databridge
3	<i>EntwicklerInnen Dokumentation</i>	CC-BY-3.0 AT	https://lorabridge.github.io/
4	<i>BenutzerInnen Dokumentation</i>	CC-BY-3.0 AT	https://lorabridge.github.io/
5	<i>Veröffentlichungsfähiger Einseiter</i>	CC-BY-3.0 AT	https://www.netidee.at/lora-databridge
6	<i>Dokumentation Externkommunikation (In EB)</i>	CC-BY-3.0 AT	https://www.netidee.at/lora-databridge
7	<i>LoRaBridge Software (Github organization, insgesamt 15 Repositories)</i>	GPL-3.0	https://github.com/lorabridge
8	<i>Messdaten aus „Weinbauer:in“ use-case, Veröffentlicht als open-data Repository</i>	CC-BY-4.0 AT	https://zenodo.org/record/7544257

6 Verwertung der Projektergebnisse in der Praxis

Da eines der Hauptziele die Implementierung des ersten Proof-of-Concepts war, wird die praktische Verwertung der Projektergebnisse erst nach dem offiziellen Release (Q1/2023) zur Verfügung stehen. Unsere Erwartung ist, dass BenutzerInnen von Smarthome Communities (Home Assistant / ZigBee2mqtt) mit Erfahrungen mit ZigBee basierter Heimautomatisierung LoRaBridge übernehmen und Beiträge durch weitere Validierung / Fehlersuche / Github Pull Anfragen leisten werden. Weiters planen wir Folgeprojekte mit österreichischen Unternehmen mit Fokus auf drahtlose Sensortechnologien.

7 Öffentlichkeitsarbeit/ Vernetzung

Während des Projekts wurden die folgenden Disseminationsaktivitäten durchgeführt:

- Netidee Blog - Sieben kurze Einblicke in Entwicklungsarbeiten wurden erstellt
- Nachrichtenartikel auf der www-Seite der FH St. Pölten - Kurze Einführung in das Projekt wurde veröffentlicht (<https://www.fhstp.ac.at/de/newsroom/news/start-fuer-projektlorabridge>)
- WWW-Seite des Instituts für IT-Sicherheitsforschung / FH St. Pölten - Eine ausführlichere Beschreibung des Projekts wurde veröffentlicht (<https://research.fhstp.ac.at/projekte/lorabridge-reichweitenerweiterung-fuerkostenguenstige-drahtlose-sensoren>)
- Research Gate Seite - Eine WWW-Seite zu den zukünftigen Projekt-Artefakten wurde erstellt (<https://www.researchgate.net/project/LoRaBridge>)

Folgende Disseminationsaktivitäten sind nach dem Projekt geplant:

- Alumni-news letter von FH St. Pölten
- Presseveröffentlichung
- Postings auf Sozial Media Plattformen
- Erstellung des Projekt Poster
- Vortrag bei 16. FH Forschungsforum
- Vorstellungen bei Firmenkontakte

8 Eigene Projektwebsite

Zu diesem Zeitpunkt gibt es keine zusätzliche Projekt-WWW-Site.

9 Geplante Aktivitäten nach netidee-Projektende

Wir planen Folgeprojekte, die sich auf die experimentelle Entwicklung konzentrieren. Auf einer Seite möchten wir die Funktionalität und die Zugänglichkeit des entwickelten Proof-of-Concept erweitern, um LoRaBridge mit weiteren Use-Cases verfügbar zu machen. Andererseits sind mehr experimentelle Auswertungen erforderlich, um z.B. die Funktionalität über einen längeren Zeitraum zu verifizieren. Mögliche Finanzierungsmöglichkeiten hierfür sind ein Netidee-Folgeprojekt und geeignete FFG-Projektausschreibungen. Die geplanten kooperativen Forschungsprojekte mit österreichischen Partnern sollen Studien beinhalten, wie die LoRaBridge Technologie im industriellen Umfeld eingesetzt werden können.

10 Anregungen für Weiterentwicklungen durch Dritte

Folgende Aktivitäten werden empfohlen:

- Nutzung der LoRaBridge Reichweitenerweiterung mit verschiedenen ZigBee Geräten
- Überprüfung der Reichweitenerweiterung unter extremen HF-Ausbreitungsbedingungen (z.B. über sehr große Reichweiten und/oder in städtischen Bereichen)
- Experimente mit großen LoRaBridge Systemen mit möglicherweise Hunderten von Sensorknoten und 10-20 LoRaBridge Bridge Einheiten.