06. MRZ. 2020
100416

Richtlinie zum „Software-Sprint“

ESP - Unabhängiges Solar- Energie Meshnetz

Schlussbericht

Zuwendungsempfänger:

Corinna Aichele

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01IS19S03 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Kurze Darstellung der Aufgabenstellung und Motivation

Vier Milliarden Menschen auf der Welt haben keinen Zugang zum Internet und mehr als eine Milliarde Menschen haben keinen Zugang zu Elektrizität. Mangel an Kommunikation – der sogenannte *Digital Divide* – erhöht die sozialen Ungleichheiten. Do-it-yourself-Lösungen wie das ESP-Unabhängiges Solar-Energie Meshnetz (im Folgenden als ESP-ISEMS abgekürzt) helfen, energie-autarke Internet und Kommunikationstechnologie auch dort zur Verfügung zu stellen, wo gleichwertige Lebensverhältnisse nicht gegeben sind.

Arme Menschen am langen Ende des ökonomischen Long-Tail sind für kommerzielle Provider uninteressant, weil alles – auch Energieversorgung – mitgebracht werden muss und dem keine oder nur geringe Profiterwartungen oder gar Verluste gegenüberstehen. Insbesondere zuverlässige Elektrizität muss in Entwicklungs- und Schwellenländern oder Katastrophenfällen erst bereitgestellt werden. Energieffiziente und preiswerte energieautonome Systeme sind dafür Voraussetzung.

Zweckentfremdung von IOT-Hardware dank ESP-ISEMS-Software (IOT = Internet of Things)

Ziel des ESP-Projekts für Unabhängige Solar-Energie Meshnetze (kurz ISEMS auf Englisch für Independent Solar Energy Mesh System) ist es, Menschen zu befähigen, ressourcenschonende, unabhängige und energie-autarke Kommunikationsinfrastruktur zu errichten, wo sie am notwendigsten gebraucht wird, um z.B. die digitale Spaltung zu überwinden oder zumindest zu verkleinern. Dazu wurde eine Firmware für den ESP32-IOT-Chip von Espressif entwickelt, die den energiesparenden und kostensparenden Betreib von Kommunikationsrelais zu minimalen Kosten auf der Basis einer IOT-Hardware entwickelt, die sehr wenig kostet und extrem wenig Energie

verbraucht. Immer mit dem Augenmerk, dass die verwendete IOT-Hardware nur minimale Ressourcen bietet (RAM, CPU) und daher clevere und effiziente Lösungen gefragt sind.

Die Firmware für diesen Zweck steht nun dank der im Projekt entwickelten ESP-ISEMS-Softwarelösung (eines LUA-basierten Softwaresystems auf der Basis der Betriebssystems Free-RTOS) zur Verfügung. Eventuelle spätere Erweiterungen von ESP-ISEMS sind von interessierten Entwickler*innen in LUA leicht zu entwickeln. Parallel zur geförderten Entwicklung der Firmware von Seiten des BMBF wurde ausserhalb und unabhängig von der Förderung in den letzten drei Monaten eine neue angepasste Hardware entwickelt, die den ESP32-Chip mit einem Solarladeregler mit MPPT-Funktion integriert, nach dem die Entwicklung von Prototypen auf der Basis kommerziell verfügbarer universellen Entwicklerplatinen abgeschlossen war.

Die MPPT-Funktion erhöht den Energieertrag eines energie-autonomen Solarsystems um bis zu 40% gegenüber einem System mit einem einfachen Laderegler, der die Ladung nur abregelt, wenn der Akku voll ist. https://de.wikipedia.org/wiki/Maximum_Power_Point_Tracking Der Gesamtpreis des Systems, das nun aus der vom BMBF geförderten Software und der in der Endphase hinzugekommenen (ungeförderten) Hardwareentwicklung besteht, liegt jetzt bei unter 100 € in Kleinserie. In Großserie dürfte der Preis um etwa 40% sinken. 6 Prototypen wurden bereits getestet. Davon befinden sich vier Geräte mit ESP-ISEMS-Software bei interessierten Entwickler*innen und Anwender*innen, die bei einem ESP-ISEMS-Workshop auf dem 36C3-Kongress Ende Dezember teilgenommen haben. So ist bereits seit zwei Monaten Feedback in das Projekt eingeflossen.

Beitrag des Projektes zu den Zielen der Förderinitative „Software-Sprint“

ESP-ISEMS unterstützt ökonomisch benachteiligte Menschen, die in abgeschiedenen Regionen oder nach einer Katastrophe preiswert drahtlose Netzwerk-Infrastruktur mit WLAN aufbauen wollen oder weiße Flecken in der Netzwerkversorgung schließen wollen, z.B. durch ein solarbetriebenes Kommunikationsrelais auf dem Hügel oder Berg, der ansonsten eine breitbandige Richtfunkstrecke blockieren würde. Durch die Portierung des Systems auf eine IOT-Plattform sind die Kosten und der Materialaufwand stark gesunken – eben unter 100€ für ein Kommunikationsrelais in Kleinserie mit allen dafür erforderlichen Komponenten im Vergleich zu 220-250€ für ein kleines System mit Linux auf OpenWRT-Basis. Ebenso kann das System zur Energieversorgung eines externen Kommunikationssystems mit größerer Leistung dienen und dieses aus der Ferne schalten.

Hilfe zur Selbsthilfe zu ermöglichen ist für die von klassichen ökonomischen Systemüberlegungen abgehängten Bevölkerungsgruppen ein naheliegender Schritt, wenn wir die Lösung für systemische Probleme neu denken und ändern wollen. Hier kann ESP-ISEMS helfen. Die Software ist Open-Source und kann als Grundlage für weitere Entwicklungen dienen. Auch die fertiggestellte Hardware-Entwicklung ist unter Open-Hardware-Lizenz. Auf Wunsch und dank Feedback der Community wird die Hardware gerade zusätzlich um Hardware-Schnittstellen für Umweltsensoren und weitere Kommunikationssysteme (z.B. LoRaWAN) erweitert.

Ausführliche Darstellung der Ergebnisse

Das Projekt wurde erfolgreich abgeschlossen und alle geplanten Funktionen und Meilensteine wurden implementiert und getestet. Die Steuerung und Auswertung eines MPPT-Ladereglers (MPPT = Maximum Power Point Tracking) wurde in LUA implementiert, Daten werden in LUA analysiert, aufbereitet, im CSV-Format per HTTP-Protokoll bereitgestellt und über einen in den Code integrierten Webserver in maschinen- sowie menschenlesbarer Form zur Verfügung gestellt. Das System benötigt nur minimale Ressourcen und ist voll kompatibel mit der ISEMS-Web-App und ISEMS-Data-Collector aus Förderrunde 3. Die Lösung aus Runde 3 war noch auf Linux und wesentlich größere und energieaufwendigere Hardware für die Solarknoten angewiesen, mit minimal etwa vierfachem Energieverbrauch gegenüber der jetzt bestehenden Lösung. Darüber hinaus wurden hinzugefügt: Lua-Shell über Telnet als Debug-Schnittstelle, eine Unix-artige minmale Shell (Kommandozeilen-Interface), Telemetrie-Daten-Upload über MQTT-Protokoll im JSON-Format, Fernsteuerung über HTTP-Kommandos und kryptographische Authentifizierung nach einem vereinfachten Digest-Access-Authentification-Protokol, angelehnt an das IETF Protokoll RFC 7616, um RAM gegenüber einer SSL/TLS-Lösung zu sparen. Der ESP32 besitzt nur 520 kByte RAM – etwa ein Achttausendstel eines Laptops oder Desktop-Computers mit 4 GB RAM. Trotzdem ist das System nach nur 8 Sekunden betriebsbereit. Ausserdem wurde ein Linux-Kommandozeilen-Tool entwickelt, um das System von einem Linux-basierten Router per skriptbarem Fernzugriff zu steuern. So kann das System aus der Ferne beispielsweise automatisiert aktiviert oder deaktiviert werden. Auch für Tüftler*innen und Bastler*innen mit allgemeinen Interessen an drahtloser Sensorik und unabhängiger Energieversorgung dürfte die ESP-ISEMS-Plattform wegen der effizienten und optimierten Lösung interessant sein. Vorbereitungen für eine kleine Serienproduktion der für ESP-ISEMS angepassten Hardware laufen.

Das Projekt hat bereits viel positives Feedback und Support von anderen Open-Source-Entwickler*innen bekommen. Persönlich konnte ich meine Kenntnisse über die ESP-Hardware-Plattform erweitern. Es werden aus diesem Projekt noch weitere Projekte hervorgehen.

Zielgruppe, Nutzen und mögliche Weiterentwicklungen

Die Kosten für einen Solarknoten als energieautonome WLAN-Infrastruktur wurden durch das Projekt auf unter 40% gegenüber der Lösung aus Förderungsrunde 3 gesenkt. Auch aus anderen Open-Source- und Maker-Communities gibt es Interesse und Anfragen für das Projekt. Funktionierende Hardware-Prototypen werden wie erwähnt bereits von der Community betrieben und getestet. Es ist zu erwarten, dass auch andere Projekte, die z.B. nach einer energieautonomen Lösung für relativ energiehungrige Umweltsensoren (Feinstaub, Schadstoffe) suchen, von ESP-ISEMS profitieren werden.

Die Arbeit hat meine persönlichen und fachlichen Kenntnisse für die Hardwareplattform und Telemetrie generell ausgebaut. Im Moment arbeite ich bereits an einem Umweltsensor-System, dass auf der ESP-ISEMS Firmware und den gewonnen Erfahrungen aufbaut. Ich habe gerade Sensoren für Feinstaub, CO^2, Luftfeuchte, Luftdruck gekauft. Support für diese Sensorik wird jetzt nach und nach als Erweiterungen für ESP-ISEMS hinzugefügt.

Kurze Darstellung der Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben, gab es in diesem konkreten Projekt nicht. Am Anfang des Projektes standen zwei ESP-Chips zur Auswahl, ESP8266 und ESP32. Der ESP8266 ist schon länger auf dem Markt, veraltet und kostet etwa einen Dollar weniger, leistet aber auch viel weniger. Vor allem hat er mit 96 kByte RAM nur sehr wenig Arbeitsspeicher. Daher wurde schon zu Anfang nach kurzen Untersuchungen der Entwicklungsfokus auf den ESP32 beschränkt, da die alte Plattform sich nicht für den Entwicklungsaufwand rentiert. Für die erforderlichen Recherchen wurde nur wenig Zeit aufgewendet.

Kurze Angabe von Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer

Der Sourcecode, Dokumentation und Firmware-Images sowie Begleitwerkzeuge sind über Github erhältlich: https://github.com/ISEMS/ISEMS-ESP32

Weitere Informationen für die breite Öffentlichkeit sind über die Projekt-Webseite www.isems.de zugänglich.

Kurze Erläuterung zur Einhaltung der Arbeits- und Kostenplanung

Das Projekt verlief in seiner Entwicklung erstaunlich reibungslos, bis auf die Tatsache, dass die Analogmessungen des ESP32-Chips nachträglich kalibriert werden mussten, um die Präzision der Messwerte zu erhöhen. Dafür wurde zusätzlich eine Kalibrierungs-Software geschrieben. Allerdings habe ich am Ende aus purer Begeisterung für die ESP-ISEMS-Plattform, die sich immer mehr wie ein minimales Linux-System anfühlt noch weitere Funktionen hinzugefügt und Zeit investiert, die nicht abgerechnet werden konnte. Auch motiviert durch die Tatsache, dass aus der Community Softwarepatches und Erweiterungswünsche angetragen wurden.

Kurze Darstellung von etwaigen Ergebnissen bei anderen Stellen

Von der Machart und vor allem der Grundidee her, ist das ESP-ISEMS Projekt meines Wissens nach bislang einzigartig. Auf die unkonventionelle Idee, einen WLAN-Chip aus dem Bereich IOT (Internet of Things – Internet der Dinge) von seinem angedachten Zweck zu entfremden und stattdessen als extrem kosten- und stromsparende Lösung für energieautonome WLAN-Infrastruktur mit Solarenergie einzusetzen, ist offenbar noch niemand bislang gekommen und es gibt – zumindest bislang – auch keine mir bekannten ähnlichen Projekte. Von der Hive-Eyes-Community, die Bienenstöcke mit telemetrischen Systemen überwacht, gibt es aktives Interesse an ESP-ISEMS. Von dieser Seite kam auch der Vorschlag das MQTT-Telemetrieprotokoll zusätzlich zu ESP-ISEMS hinzuzufügen, was auch bereits von mir in Zusammenarbeit mit der Hive-Eyes-Community umgesetzt wurde.

Berlin, den 5.3.2020