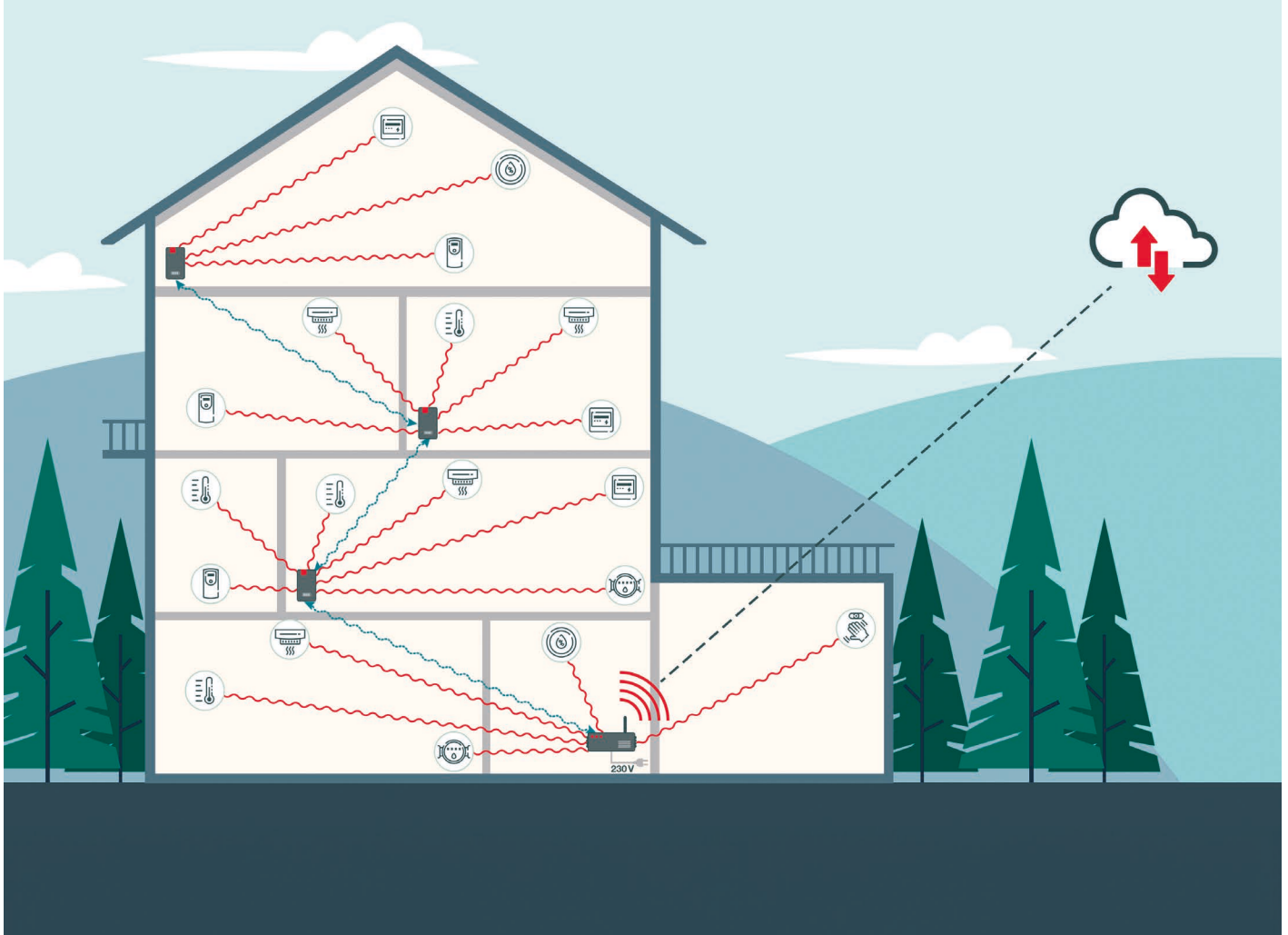


Stromsparende Funkvernetzung in Gebäuden

Selbstkonfigurierende Funknetzwerke sorgen vorteilhaft mit Contiki-NG für die Übertragung von Sensordaten.



Bei der Entwicklung von Funk-elektronik sind die Experten von IK Elektronik von Kunden häufig mit der Anforderung konfrontiert, eine sichere Funkübertragung in großen Gebäuden und unter schwierigen Übertragungsbedingungen zu realisieren. Diese Aufgabe ist nicht ungewöhnlich. Sie wird bei der Kommunikation via WiFi oder DECT durch den Einsatz zusätzlicher Repeater gelöst, die z.B. als Steckdosenmodul am Stromnetz angeschlossen werden.

Sollen darüber hinaus die Repeater einen minimalen Stromverbrauch haben, um beispielsweise über lange Zeit batteriebetrieben und wartungsfrei zu arbeiten, dann gibt es keine einfache und etablierte Lösung mehr. Das ist eine nicht ungewöhnliche,

aber auch spannende Herausforderung für das Entwicklungs-Team von IK Elektronik.

Recherchieren, testen und umsetzen

So begann man bereits vor einigen Jahren, verschiedene technische Möglichkeiten für diese Aufgabe am Markt zu recherchieren, zu testen und auch in Form eigener Software-Protokolle umzusetzen. Als erste Lösung entstand der interne Funkstandard Variomesh als eigenständiger Softwarestack.

Zusätzlich dazu lief die Recherche nach verfügbaren Lösungen für die geschilderte Aufgabe stets weiter. Neben den technisch notwendigen Eigenschaften wurden Kriterien wie

Time-to-Market/Entwicklungszeit, Entwicklungskosten, eventuelle Lizenzkosten und die Möglichkeit, das System bei IK Elektronik anzupassen und weiterzuentwickeln, in die Überlegungen einbezogen. Wachsende Anforderungen, vorrangig aus den Bereichen Smart Home und Smart Metering, bei der Vernetzung von Sensoren und bei der Realisierung von Schnittstellen zur Cloud, führten schließlich zu einer Intensivierung der Aktivitäten und zu einem interessanten Ergebnis.

Die Aufgabe

Für ein konkretes Entwicklungsprojekt galt es, eine Vielzahl batteriebetriebener Sensoren in Gebäuden an ein zentrales Kommunikations-

Gateway anzubinden. Das Gateway kommuniziert über eine spezielle Funkfrequenz mit den Sensoren und stellt deren Daten via Mobilfunk oder DSL für eine Cloud zur weiteren Bearbeitung zur Verfügung. Zusätzlich sollten batteriebetriebene Repeater entwickelt werden, welche ebenso die Funksignale der Sensoren empfangen und gleichzeitig als Netzwerkknoten arbeiten. Sie sollten selbständig eine Verbindung mit benachbarten Repeatern und dem Gateway aufbauen und zuverlässig aufrechterhalten. Zentrale Kundenanforderungen dabei waren eine selbständige, automatische Konfiguration des Netzwerks und der Betrieb der Repeater über mehrere Jahre hinweg ohne Batteriewechsel.

Die Aufgabe war hinsichtlich der Elektronik-, Antennen- und Geräteentwicklung anspruchsvoll. Erstmals setzt man dabei Contiki-NG (Next Generation) als Kernkomponente für die Funkkommunikation zwischen Repeatern und Gateway ein. Das ermöglichte es, innerhalb kurzer Entwicklungszeiten alle gestellten Aufgaben zu realisieren. Individuelle Design-Ziele konnten berücksichtigt werden und optimal in den Entwicklungsverlauf einfließen. Contiki-NG wurde für die spezielle Geräte-Hardware angepasst und in die Software des neuen Systems eingebettet.

Hinter den Kulissen von Contiki-NG

Contiki-NG ist ein freiverfügbares Betriebssystem. Es basiert auf Contiki-OS, das für 8-Bit-Computer von Adam Dunkels 2003 erstmalig veröffentlicht wurde und seitdem ständig weiterentwickelt wird (<https://de.wikipedia.org/wiki/Contiki>).

Contiki-NG eignet sich besonders für Anwendungen im Umfeld des IoT, bei denen nur wenig Ressourcen für die Funk-Datenübertragung zur Verfügung stehen. Es beinhaltet bereits viele notwendige Komponenten und Werkzeuge für Funk- und Netzwerkkommunikation.

Der aktuelle Versionsstand 4.8 (Juli 2022) und die Dokumentation sind im zugehörigen Github frei verfügbar (<https://github.com/contiki-ng/contiki-ng>).

Dank seiner Cross-Plattform-Architektur und der geringen Systemanforderungen kann Contiki-NG auf zahlreichen Mikrocontrollern wie ARM

Cortex M3/M4 und Texas Instruments MSP430 eingesetzt werden. Für die Entwicklung und Herstellung von sehr kompakten Baugruppen und Geräten mit Funkübertragung existieren auf dem Markt hochintegrierte Schaltkreise, bestehend aus HF-Transceiver, Mikrocontroller und weiteren Peripheriekomponenten wie ADCs und Schnittstellentreiber in einem einzigen Bauteil als SoC (System-On-Chip). Beispiele dafür sind die CC13xx/CC26xx SimpleLink MCU Serie von Texas Instruments, die einen großen Bereich an Möglichkeiten für die Sub-GHz- und 2,4-GHz-Datenkommunikation abdecken, oder auch die Nordic-nRF52-Generationen, die sich ebenfalls für 2,4-GHz-Anwendungen eignen. Für diese SoCs sind eine Reihe von Beispielen für Applikations-Codes sowie zahlreiche Treiber für hardware-nahe Programmteile veröffentlicht, die als Ausgangspunkt für Contiki-NG verwendet werden können.

Die Funkkommunikation mit Contiki-NG setzt im Kern auf den IEEE-802.15.4-Standard auf, den auch die genannten SoCs mit zahlreichen Funktionen unterstützen. Beim Einsatz von Contiki-NG sind insbesondere die Eigenschaften der jeweiligen Funkvernetzung flexibel anpassbar. Die Übertragungsparameter können an die Anzahl der Geräte im Funknetzwerk, an die Übertragungsgeschwindigkeit, die Reichweite sowie die Koexistenz mit anderen Funksystemen und die Gegebenheiten des jeweiligen Einsatzorts angepasst werden. Dabei spielt die Funkfrequenz für das eigentliche Funkprotokoll keine Rolle. Sie kann individuell je nach physikalischen und technischen Gegebenheiten ausgewählt werden. Gebäudedurchdringung, Antennengrößen oder regulatorische Bestimmungen spielen bei der Auswahl eine Rolle. So sind die in Europa üblichen freien 433- oder 868-MHz-Bänder ebenso nutzbar wie das weltweit lizenzfreie 2,4-GHz-Band.

Optimiert für wartungsarmen Batteriebetrieb

Um im Batteriebetrieb langjährige Laufzeiten ohne Batteriewechsel zu erreichen, sind bei der Entwicklung besondere Anforderungen zu meistern. Bei der Hardware-

Entwicklung ist ein geringer Stromverbrauch in der gesamten Schaltung – vor allem auch im Standby-Betrieb – außerordentlich wichtig. In der Software sind kürzest mögliche Abarbeitungszeiten der Programmprozesse, möglichst lange Tiefschlafphasen für die Elektronik und vorhersagbare Systemabläufe die nötigen Grundbausteine für die Zielerreichung.

Contiki-NG verwendet fast ausschließlich kooperatives Multitasking. Das bedeutet, dass mehrere Prozesse gleichzeitig abgearbeitet werden können. Der Übergang zwischen zwei Prozessen (Kontextwechsel) erfordert jedoch die aktive Abgabe der Rechenzeit durch den laufenden Prozess. Anschließend kann über den Scheduler der nächste wartende Prozess weiterarbeiten. Per Design ergibt sich so eine strukturierte, ereignisgesteuerte und sehr energieeffiziente Software-Architektur.

Mit dem Contiki-NG-Modul „Energest“ können zusätzlich alle Software-Prozesse hinsichtlich ihrer Laufzeiten analysiert, optimiert und für die Batteriekalkulation herangezogen werden. Zeiten für CPU, Funkkommunikation und Datenübertragung können damit bereits während der Entwicklung gegen die Design-Ziele abgeglichen und angepasst werden.

Parlez-vous IP?

Diese Frage kann für das kleine, vielseitige Betriebssystem Contiki-NG mit einem klaren „Ja“ beantwortet werden. Geräte im Funknetzwerk lassen sich über IPv6-Adressierung und UDP-Datenverbindungen ansprechen. Dazu wird lediglich ein Border Router benötigt, welcher die Verbindung zwischen den Netzsegmenten, zum Beispiel dem Contiki-NG-Funknetzwerk und einem Industrial Gateway, herstellt. Darauf aufbauend kann mit COAP ein leichtgewichtiges Übertragungsprotokoll für IoT-Anwendungen zum Einsatz kommen. Je nach Applikation sind beliebige Änderungen in der Anwendungsschicht möglich.

Auch ein Geräte-Management auf Basis von OMA Specworks/LightweightM2M (<https://omaspecworks.org/what-is-oma-specworks/iot/lightweight-m2m-lwm2m/>) ist nahtlos integrierbar. Für die nötige Sicher-

heit bei der Funkübertragung sorgt eine AES-Verschlüsselung. Sie lässt sich mit weiteren modernen Transportverschlüsselungsverfahren wie DTLS kombinieren. Alle weiteren Teilnehmer im Funknetzwerk werden durch das RPL (routing protocol for lossy and low-power networks) vernetzt.

Der Clou: Das Anlernen der Geräte und die Bildung des Netzes erfolgen automatisch. Routen zur optimalen Verbindung zwischen den Repeatern und dem Gateway werden dynamisch gefunden. Das Funknetzwerk konfiguriert sich also selbständig und passt sich auch während des Betriebes stets an die sich ändernden Übertragungsbedingungen an.

Fazit

Dieses Entwicklungsprojekt endete mit der erfolgreichen Bereitstellung eines leistungsfähigen, wartungsarmen und stromsparenden Systems für den Empfang, die Verarbeitung und die Weiterleitung von Funksignalen in Gebäuden. Bei der Entwicklung der Funkelektronik wurden leistungsfähige SoCs eingesetzt. Für die Embedded-Software der entstandenen Geräte war Contiki-NG ein wichtiger und zentraler Bestandteil. Die sehr komplexe Entwicklung konnte in einer kurzen Entwicklungszeit, mit überschaubaren Entwicklungsressourcen und mit nur zwei Musterzyklen erfolgreich beim Kunden vorgestellt werden. ◀