



Team Smart Condition Monitoring
Universität Kassel

U N I K A S S E L
V E R S I T Ä T

Autor: Joachim Hebler joachimhebeler@gmail.com
Christian Hoyer choyer.ch@gmail.com
Catharina Schmiedeknecht catharina.schmiedeknecht@web.de

Version vom: 14. Juni 2016

1 Problemstellung

Das „Smart-Home“ ist ein immer beliebterer Begriff und beschreibt die Integration von Sensorik und Aktorik in Wohnräume und -häusern, um tägliche Aufgaben und Abläufe zu automatisieren. Ziel dieser Einbindung, von hauptsächlich vernetzten Systemen, ist eine Erhöhung der Wohn- und Lebensqualität mit Hintergrund, die Energieeffizienz zu erhöhen. Ähnlich ist es in der „Industrie 4.0“. Hier besteht im Gegensatz zu Heimanwendungen die Steigerung der Produktivität und der Qualität in Bezug zur Energieeffizienz im Vordergrund. Eines der größten Probleme von intelligenten vernetzten Systeme tritt bei deren Installation auf. Aktorik und Sensorik verlangen im allgemeinen Fall das Verlegen von zusätzlichen Leitungen. Dies ist in den meisten Fällen mit größeren Renovierungsarbeiten verbunden. Zudem ist die Einrichtung und Wartung der vielen einzelnen Komponenten ein mühseliger Akt mit dem sich viele Hausbesitzer nicht anfreunden wollen.

Ein anderes Problem ergibt sich aus der Lebensdauer einzelner Komponenten. Intelligente Thermostate setzen in Ermangelung an Alternativen auf Batterien, was erfordert, dass man in regelmäßigen Abständen diese wechseln sollte. Gründe für die Ablehnung solcher Systeme sind hohe Anschaffungskosten, großer Installationsaufwand, regelmäßige Wartung und erforderliches Fachwissen. Hierdurch rückt die Revolution des modernen intelligenten Haushaltes weiter in die Ferne.

Dabei muss ein „Smart-Home“ kein Roboter ohne Beine sein. Das was etwas intelligent macht, sind nicht die Aktoren, sondern ein sehr unterrepräsentierter Aspekt: Die Sensorik, Auswertung und damit verbunden die Überwachung des Zustands des Wohnraums oder -hauses. Ein häufiges Problem in Wohnräumen ist die Bildung von Schimmel. Viele Bewohner sind selten zuhause und/oder lüften aus Zeitmangel nicht oft genug. Das Resultat ist, Feuchtigkeit in den Wänden und Möbeln, die zu Schimmelbildung führt. Zur Vermeidung, kann ein Sensorknoten, welcher die Feuchtigkeit des Raumes überwacht, angebracht werden. Ist die Luftfeuchtigkeit zu hoch, wird der Bewohner mittels Push-Benachrichtigung auf seinem Smartphone darauf hingewiesen, dass gelüftet werden sollte. Durch Überwachung von Außentemperatur, Luftfeuchte sowie Zimmertemperatur kann per Algorithmus eine intelligente und effiziente Lüftungsstrategie berechnet werden. Diese wird dem Bewohner mitgeteilt.

Oft ist auch die Schimmelbildung durch undichte Wasserleitungen geschuldet. Um den Bewohner frühzeitig auf eine Undichtigkeit z.B. des Heizungssystems hinzuweisen, kann durch eine Inline-Messung des Heizungszulaufs und Heizungsrücklaufs der Durchfluss gemessen werden. Da es sich bei der Warmwasserheizung um ein geschlossenes System handelt, tritt hier im Regelfall keine Differenz auf. Falls dies dennoch der Fall ist, wird der Bewohner rechtzeitig benachrichtigt und kann so durchaus schwerwiegendere Folgen, wie einen Wasserschaden, vermeiden.

Unschwer erkennbar liegen große Herausforderungen in möglichst einfacher Handhabbarkeit, geringem Installations- und Wartungsaufwand und hohem - vor allem zeitlich richtigem - Informationsgehalt. Wichtig ist hierbei zwischen wichtigen und unwichtigen Informationen zu unterscheiden. Die Bewohner einer Wohnung und/oder eines Hauses möchten nur dann Informationen bekommen, wenn diese tatsächlich in der Nähe des Hauses sind oder die Informationen hohe zeitliche Bedeutung haben, wie eine Information über einen Wasserrohrbruch, der möglichst schnell behoben werden muss. Es besteht die Option die Benachrichtigungseinstellungen zu personalisieren.

2 Ideenbeschreibung

Die im folgenden dargestellte Idee soll die beschriebenen Probleme durch effiziente und kostengünstige Lösungen beseitigen. Ziel ist es, ein endkundenmarktorientiertes System zu entwickeln, das die Probleme effizient behebt. Hierbei muss das System zum einen einfach zu installieren sein, sodass der Endkunde durch einfaches Anbringen der Sensoren und Aufstellen der Basisstation ein funktionsbereites Sensornetzwerk aufbauen kann. Die für den Betrieb des Netzwerks verwendete Energie soll durch Umweltenergiequellen wie z.B. Solarenergie abgedeckt werden. Die bestrebte Nutzungsdauer der Sensoren liegt, wenn möglich, bei mehr als 10 Jahren. Nach 10 Jahren kann man davon ausgehen, dass eine Wohnung renoviert wird, sodass in diesem Zuge Sensoren ausgetauscht werden. Es besteht zudem die Möglichkeit die einzelnen Sensoren auf die entsprechenden Funktionen zu testen.

Der wohl wichtigste Aspekt ist eine zuverlässig funktionierende Funkverbindung, die möglichst wenig Energie benötigt, lizenzfrei ist und auch in Umgebungen mit starken Störsignalen ohne nennenswerte Einschränkungen funktioniert. Es sind intelligente Konzepte notwendig, da nicht auszuschließen ist, dass zwischen einem Sensor und der Basisstation einige hundert Meter liegen. Daher wird die Nutzung eines Mesh-Networks angedacht, bei dem jeder Sensorknoten als Sender und Empfänger arbeitet (vgl. Abb. 1). Die gemessenen Umgebungsparameter wie z.B. die Temperatur und Luftfeuchtigkeit werden nur wenige Male pro Stunde gemessen, und erst dann übermittelt, wenn es notwendig wird. Dies entspricht einer ereignisgesteuerten Übertragung. Somit ist weder hohe Bandbreite, noch geringe Latenz notwendig. Durch die Nutzung eines Mesh-Networks mit intelligenter Topologieerkennung muss jeder Knoten nur so stark senden, dass der nächste Knoten auf dem Weg zur Basisstation die Nachricht empfangen kann.

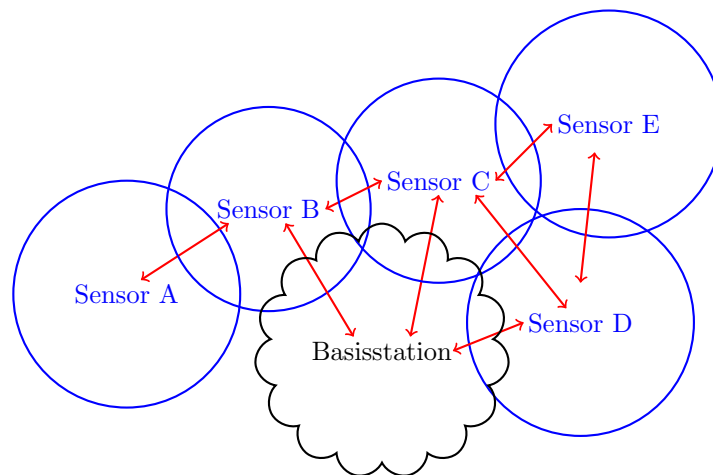


Abbildung 1: Aufbau des Mesh-Networks mit einer Basisstation und 5 Sensorknoten

Da zukünftig die Verwendung von nachhaltigen Energiequellen immer mehr in den gesellschaftlichen Blickpunkt rückt, wird die hier benötigte Energie des Sensorknotens über „Energy-Harvesting“ zur Verfügung gestellt. Hierbei wird die benötigte Energie aus Quellen wie z.B. die Umgebungstemperatur, Umgebungslicht oder Vibrationen gewonnen. Diese Energiegewinnung ermöglicht jedem Sensorknoten autark vom Stromnetz zu agieren und erleichtert so den Betrieb des Systems. Energy-Harvesting ist deshalb so sinnvoll, da für die angestrebte Nutzungsdauer, die Betriebsdauer von Primärbatterien aufgrund der Alterungsprozesse beschränkt ist. Am sinnvollsten erscheint die Nutzung eines Superkondensators, da dieser aufgrund der Art der Speicherung nur sehr geringe Alterung erfährt.

Ein größerer Nachteil von Energy-Harvesting ist die geringe Leistungsdichte der Quellen (vgl. Tabelle 1). Um eine ausreichende Energieversorgung des Sensors sicherzustellen, wird durch ein ausgeklügeltes Energiemanagement ein Pufferspeicher über den Tag mit genügend Energie für den Übertragungsprozess geladen. Da es keine konkreten Messungen für Energy-Harvesting in Wohnräumen gibt, muss hier individuell entschieden werden.

Klassifikation	Energiequelle	Leistungsdichte
Vibration/Bewegung	Mensch	$4 \mu W/cm^2$
	Industrie	$100 \mu W/cm^2$
Temperaturunterschied	Mensch	$25 \mu W/cm^2$
	Industrie	$1 - 10 mW/cm^2$
Licht	Indoor	$10 \mu W/cm^2$
	Outdoor	$10 mW/cm^2$
RF	GSM	$0,1 \mu W/cm^2$
	WiFi	$0,001 \mu W/cm^2$

Tabelle 1: Schätzung der Leistungsdichte von verschiedenen Energiequellen¹

Der Sensor wird durch das Blockschaltbild in Abb. 2 dargestellt. Die Aufgaben der Sensorintelligenz bestehen darin, zwischen wichtigen und unwichtigen Informationen zu unterscheiden. Hierbei muss z.B. entschieden werden, ob die aktuelle Temperatur und Luftfeuchtigkeit Schimmelbildung fördert oder ob eine gravierende Änderung der Temperatur / Luftfeuchtigkeit aufgetreten ist.

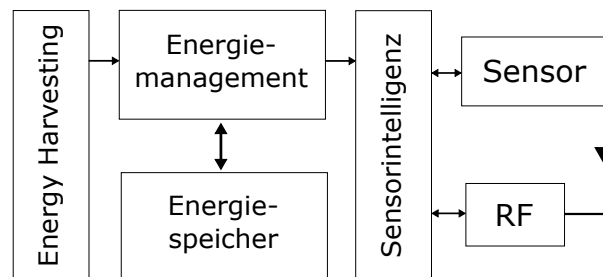


Abbildung 2: Prinzipschaltbild eines Sensorknoten

Ein letzter wichtiger Aspekt stellt die Sicherheit des Netzwerkes dar. Es muss zum einen sichergestellt werden, dass Fremde nicht das eigene Sensornetz auslesen können, es soll aber auch sichergestellt sein, dass mehrere räumlich parallel betriebene Systeme sich nicht gegenseitig beeinflussen. Dafür ist es notwendig, entsprechende Verschlüsselung und Identifikation zu implementieren, die aber für den Anwender möglichst unkompliziert zu nutzen ist und wenig Wissen erfordert.

Aus den oben genannten Anforderungen ergeben sich die folgenden Kernthemen, die in diesem Projekt abgearbeitet werden sollen:

1. Ultra-Low-Power-Sensorik mit Energy-Harvesting (Solar, Thermisch, Mechanisch)
2. Intelligentes Drahtlos Mesh Network im 2,4 GHz ISM-Band
3. Softwareanbindung der Sensoren bis zum Nutzer, Smartphone App
4. Implementierung einer Sicherheitslösung

¹White Paper „Energy-Harvesting“ von M. Raju, M.Grazier (Texas Instruments)