Funkstandards bei IoT / IIoT Technologien für Industrie 4.0

rAAAreware

Heidelberg

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung....2
2. Drahtlose Verbindungsmöglichkeiten / Funksysteme....2
   2.1. Bluetooth....3
   2.2. Zigbee....4
   2.3. Ant+....4
   2.4. WLAN....4
3. Bewertung von Funkstandards für Industrieprojekte....4
   3.1. Anbindung an die Infrastruktur....5
   3.2. Zuverlässigkeit....5
   3.3. Energieversorgung....6
4. Rechtliches....7

Version 1.1, Stand: 2021-01-15

1. Einleitung

Dieses Dokument vergleicht verschiedene Ansätze für IoT Devices in der Messtechnik. Es zeigt die Unterschiede verschiedener Anbindungstechniken (Funktechnik) und hebt die Vor- und Nachteile einzelner Funksysteme hervor. Ein besonderer Aspekt gilt der industriellen Anwendung. Was für Hausautomation im Bereich IoT möglich und üblich ist muss nicht zwingend für die Industrie geeignet sein, auch wenn diese Bereiche sicherlich immer mehr Überschneidungspunkte bieten.

IoT (Internet of Things; Internet der Dinge) oder im speziellen IIoT (Industrial Internet of Things) bedeutet, dass einzelne Dinge (Devices; Geräte) über das (ein) Internet verbunden sind. In diesem Artikel interessieren wir uns die Devices (also z.B. Messmittel) welche an ein Backend angebunden sind. Das Backend kann eine Qualitätssoftware, eine Automationssoftware, eine Produktionsplanung oder - im Industrie 4.0 Sinne - ein kombiniertes heterogenes System aus all diesem sein.
Hier interessiert uns zunächst nur das Device.
Devices sind in unserem Fall Messmittel wie Messuhren, Messschrauben oder Messschieber.
Theoretisch wäre ein IoT auch kabelgebunden realisierbar. Im allgemeinen Verständnis wird bei IoT jedoch von Kabelloser Übertragung ausgegangen. Speziell bei den genannten Handmessmitteln macht dies im Besonderen auch wirklich Sinn. Eine Mobilität ist hier impliziert. Alles andere ist speziell in der Industrie eher klassische Automatisierungstechnik mit den entsprechenden Feldbussystemen. Auch hier kann diskutiert werden, wo und wie Funkverbindungen in Bezug auf Wartungsfreiheit, Flexibilität und Kosten eine Verbesserung der etablierten Standards auf dem Weg zu Industrie 4.0 mit sich bringen - dies soll hier und heute nur ganz am Rande und am Ende dieses Artikels kurz das Thema sein.

2. Drahtlose Verbindungsmöglichkeiten / Funksysteme

Eine drahtlose Verbindung wird über Funksysteme umgesetzt.
Als Möglichkeiten drahtloser Systeme sind etabliert:

- Bluetooth
- Zigbee
- Ant+
- WLAN/WIFI

Alle genannten Funktechnologien bis auf WLAN sind nicht wirklich Internetprotokolle. Daher ist es gewagt, Geräte mit diesen Funkstandards als IoT Geräte zu bezeichnen. Internet bedeutet TCP/IP oder ein vergleichbares Protokoll, welches zumindest auf dem OSI-Schichtenmodell (https://de.wikipedia.org/wiki/OSI-Modell) aufbaut. Nur WLAN und insbesondere WIFI erfüllt hier die IEEE-802.11 Standards.
Alles andere sind zwar Funkprotokolle oder Funksysteme, sind jedoch nicht direkt an ein oder das Internet anzubinden sondern benötigen dafür einen dedizierten Rechner oder zumindest einen Gateway.
Doch es sollen auch nicht einfach Normen abgebildet werden - entscheidend ist, ob ein Protokoll eine bestimmte Aufgabe sicher und zuverlässig erfüllt.
Hierbei ist es nur ein Aspekt von vielen, ob ein Protokoll einem normierten Internetprotokoll entspricht. Die Vorteile des Internetprotokolls liegen auf der Hand:

- Sehr hohe Verbreitung.
- In der Industrie meist schon vorhandene Infrastruktur (WLAN-Accesspoints und WLAN-Meshes).
- Einfache Sklierbarkeit von einfacher lokaler Punkt-zu-Punkt Verbindung (Ad-Hoc-Netzwerk) bis hin zu globalen Erdumspannenden IP-Netzwerken.
- Hohe Sicherheit auf verschiedenen Ebenen des OSI-Modells bereits implementiert oder einfach implementierbar.

Eine Vergleichstabelle der Funkstandards gibt eine erste Übersicht.

Funkstandard	**Bluetooth**	**Zigbee**	**Ant+**	**WLAN**
Reichweite	sehr gering	mittel	gering	hoch
Nötige Infrastruktur	gering	mittel	mittel	gering
Standard in Smartphone / Tablet / Notebook	ja	nein	nein	ja
Verbreitung / Aktzeptanz	hoch	gering	sehr gering	sehr hoch
Stromverbrauch	gering	gering	gering	mittel
Komplexität	hoch	mittel	mittel	gering
Mesh Funktionen	einfach	mittel	-	sehr hoch
Zentral administrierbar	nein	ja	nein	ja
Frequenzbereich	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4GHz	2,4GHz; 5GHz
Sendeleistung [mW]	2,5	10 (üblich)	2	25 / 200 / 1000

2.1. Bluetooth

Bluetooth erfreut sich auf der einen Seite einer großen Beliebtheit. Gleichzeitig jagt es dem einen oder anderen auch schnell einen Schauder über den Rücken.
Vorteil ist sicherlich, dass es in den meisten Fällen recht einfach zu handhaben ist. Der größte Nachteil ist sicherlich, dass es eine nur geringe Reichweite hat. Weiter ist es in den meisten Implementierungen ein reines Empfänger - Sender System. Das bedeutet, dass Geräte immer gekoppelt werden müssen. Wer sein Smartphone mit verschiedenen Headsets, im Auto und mit der Smartwatch gleichzeitig betreibt kennt das Spiel, dass Bluetooth immer genau mit dem falschen Gerät verbunden ist und ständig eine Verbindung mit dem aktuell gewünschten Partner manuell hergestellt, getrennt oder korrigiert werden muss.
Im Prinzip will Bluetooth erwachsen werden: Als sehr rudimentäre Punkt-zu-Punkt Verbindung entstanden werden immer mehr Dienste und Funktionen auf diese Technologie gepackt. Inzwischen kann es fast alles - aber die bescheidene Reichweite bleibt und die Komplexität wird nicht weniger.
Dies bedeutet auch und immer mehr, daß die Implementation eigener Treiber und Systeme nicht ganz trivial ist und entsprechend oft selbst von großen Anbietern schlecht oder falsch umgesetzt wird.

2.2. Zigbee

Zigbee ist toll. Aber es ist und bleibt ein Exote. Ob sich die Technik in der Industrie durchsetzt kann als mehr als fraglich angesehen werden. Die Industrie will nicht 5 verschiedene Standards.
Bluetooth als Punkt-zu-Punkt Verbindung für sehr lokale Anwendungen ist Standard.
WLAN für "richtige" Netzwerke ist auch Standard.
Einen weiteren Standard zu etablieren wird für die Anbieter von Devices mit Zigbee als einzigem Funkstandard wird schwer werden. Auch wenn große und sehr große Anbieter darauf setzen. Mitutoyo als Entwickler und Hersteller von Handmessmitteln bewirbt seine Wireless-Produkte mit einem eigenen Namen "U-Wave". Der Name ZigBee wird hierbei nicht erwähnt - ob es wirklich ZigBee ist oder etwas ganz eigenes bleibt im Verborgenen. Im Kleingedruckten der technischen Details findet sich jedoch der Hinweis, dass es sich bei der Funktechnologie um ein Standard nach der IEEE802.15.4 Spezifikation handelt. Diese Spezifikation ist die Grundlage von ZigBee.

2.3. Ant+

Ähnlich zu Zigbee ist Ant+ eher ein Exote und wird aktuell in einigen Bereichen und von einigen Herstellern eingesetzt und präferiert. Unserer Einschätzung nach wird es sich aber sicherlich nicht als IIoT Protokoll durchsetzen. Hierzu ist die Verbreitung und Akzeptanz im Markt zu klein.

2.4. WLAN

WLAN ist direkt TCP/IP fähig. Damit bieten sich alle Möglichkeiten des Internets an.
Es ist sowohl als einfache Punkt-zu-Punkt Verbindung einfach konfigurierbar als auch in einem sehr komplexen Netzwerk mit Millionen von Teilnehmern bewährt und stabil.

3. Mischbetrieb von Funksystemen

Für den Mischbetrieb von Funksystemen gilt: Die Kanäle sollten sich nicht in die Quere kommen.

Funkstandard	**Bluetooth**	**Zigbee**	**Ant+**	**WLAN**
UG [MHz]	2402	2402	2403	2412
OG	2480	2480	2480	2472
Kanalzahl	79	11/16	78	13
Kanalbreite [MHz]	1	5	1	5
Automatische Kanalwahl	Ja			Ja

Zu möglichen Interferenzen der Kanäle siehe auch
https://www.it-administrator.de/themen/netzwerkinfrastruktur/fachartikel/135697.html

4. Bewertung von Funkstandards für Industrieprojekte

Wir von rAAAreware präferieren WLAN als Funkstandard mit MQTT als IoT Übertragungsprotokoll. Entsprechend legen wir einen Fokus auf WLAN und MQTT als Funkstandard in der Industrie.

4.1. Anbindung an die Infrastruktur

In großen wie kleinen Unternehmen ist es eine fundamentale Entscheidung, welche Funkstandards eingesetzt werden. Zum einen will man einen "Wildwuchs" vermeiden: Jedes neue Funknetzwerk kann - zumindest theoretisch - eine andere Funktechnik stören. Gerade in Montagehallen mit sehr vielen Geräten kann die Einführung eines neues Systems die Funktion eines bestehendes Systems beeinträchtigen oder gefährden. Dieses Risiko soll minimiert oder vermieden werden.
Weiter steigt mit jedem neuen Funkstandard der allgemeine administrative Aufwand. Das technische Know-How muss für jede neue Technik im Unternehmen aufgebaut und geschult werden. Hardware für die angewandte Technik muss vorgehalten werden.
Das Sicherheitsrisiko und das Überwachen auf Angriffspunkte und Schwachstellen steigt mit jedem neuen Funksystem.
Gerade aus diesem Grund zögert die Industrie mit der Einführung neuer Funkstandards. WLAN ist normalerweise gesetzt und wird sauber administriert. Es spricht nicht viel dagegen, auch die Messtechnik oder Sensorik über dieses Netzwerk zu betreiben.

Bluetooth ist ebenso etabliert, aber eben nicht als Mesh-Netzwerk für ein ganzes Industrie 4.0 Szenario sonder lediglich als Punk-zu-Punkt Verbindung zwischen einem IoT Gerät und einem einzelnen Empfänger (PC, Notebook oder Smartphone / Tablet). Der Empfänger kann dann wiederum Teil eines Industrie 4.0 Ansatzes sein. Das Messgerät selbst ist es nicht.

Andere Funkstandards haben es aus den oben genannten Gründen in den meisten Industriebetrieben schwer.

4.2. Zuverlässigkeit

Bluetooth ist zuverlässig und sicher - allerdings nur, wenn die Funkbedingungen ideal und die Entfernungen eher klein sind. Für individuelle Punkt-zu-Punkt Verbindungen sollte Bluetooth gut funktionieren. Wenn sich Punkt-zu-Punkt Verbindungen dynamisch ändern - also ein Messgerät einmal mit Endgerät A und dann wieder mit Endgerät B gekoppelt werden soll - wird Bluetooth ungemütlich. Es ist jeweils ein "Pairing", also ein Bekanntgeben der Kommunikationspartner erforderlich, damit die Kommunikation funktioniert. Gerade dieser Punkt wird bei flexiblen und dynamischen Anwendungen oft als störend, aufwändig und problembehafted angesehen.

WLAN ist nicht gleich WLAN.
Es gibt Firmen, welche beim Einsatz von WLAN für die Automation zögern. Ein Grund ist, eine vielleicht aus dem häuslichen Gebrauch unzuverlässige Installation mit Verbindungsabbrüchen bei jeder sich bietenden Gelegenheit.
Hierbei ist zu bemerken, dass ein WLAN natürlich zunächst richtig als Mesh-Netzwerk installiert und konfiguriert werden muss. Weiter ist der Datenverkehr im Netzwerk zu planen, überwachen und zu bewerten.
Es ist sicherlich weder im Heimgebrauch noch in der Industrie nicht sinnvoll, z.B. Videodaten über das WLAN in möglichst Echtzeit zu verbreiten. Kameradaten sollten zumindest solange kein 5G Netzwerk betrieben wird per Kabel das Netzwerk passieren.
Für Sensordaten wie Messwerte oder auch Aktoren gilt: Die hier übertragenen Datenmengen sind normalerweise sehr klein oder sollten dies sein. Das von uns meist eingesetzte MQTT Protokoll ist genau dafür ausgelegt. Einzelne Daten werden in den allermeisten Fällen in einem einzigen Tcp/Ip Frame versendet.
Zwar kann MQTT auch große Datenmengen übertragen - der Regelfall sollte dies bei richtiger Anwendung jedoch nicht sein.
Wenn dies der Fall ist sollte über eine direkte Kabelverbindung nachgedacht werden um das Funknetzwerk nicht über die Maßen für eine einzelne Device zu beanspruchen.

Die anderen Funkstandards sind innerhalb ihrer Spezifikation zuverlässig. Da sie aufgrund der Aktzeptanz der Standards ein Schattendasein führen wird auf deren Besonderheiten hier nicht eingegangen. Die generelle Funktion und der übliche Anwendungsfall ist am ehesten mit Bluetooth zu vergleichen.

4.3. Energieversorgung

Für den Regelbetrieb einer Anlage ist es wichtig, dass dieser Reibungslos und möglichst wartungsfrei läuft.
Funkgestützte Systeme haben das Problem, dass die Funkeinheit - genauso wie Normalerweise der Sensor oder Aktor selbst auch - mit Strom versorgt sein wollen.
Für die Stromversorgung existieren mehrere Möglichkeiten:
- Batteriebetrieben
- Akkubetrieben
- Kabelgebunden
- Sonstiges, z.B. autonom über ein Solarmodul

Für Batteriebetrieben und Akkubetrieb muss für einen kontinuierlichen und reibungslosen Betrieb eingeplant werden, dass die Leistung von Batterie oder Akku zur Neige gehen und ausgetauscht werden. Bei Batterien müssen die richtigen Batterien vorgehalten werden. Hier ist sicherzustellen, dass diese nicht selbst schon am Ende ihrer Haltbarkeit sind.

Bei Betrieb mit Akkus müssen genügend Akkus zum Tausch vorgehalten werden. Zudem müssen Ladegeräte bereitstehen um die leeren Akkus wieder aufzuladen.

Eine Versorgung von Funksystemen über Kabel scheint im ersten Moment paradox. Schließlich soll ein Funksystem gerade Kabel vermeiden.
In der Praxis kommt aber auch diese Möglichkeit zum Einsatz.
In Anlagen, welche sich dynamisch ändern, also z.B. Messuhren an verschiedenen Stellen angebracht werden um dort dann für mehrere Wochen oder Monate in einem verbauten Komplex zu verbleiben, ist es
- einfach
- störungssicher
- flexibel
- günstig

nur eine 2-adrige Versorgungsleitung zu verlegen. Die alternative wäre ein Ethernet- oder Feldbuskabel ohne der oben genannten Vorteile einer einfachen Leitung für die Stromversorgung.
Die Dynamik der Funktechnik bleibt gewahrt und ein dauernder Betrieb ohne Batterietausch oder Akkuwechsel kann gewährleistet werden.

Die autonome Versorgung mit Energie ist eher ein Sonderfall und speziell die Versorgung mit Solarenergie kann nur im Freifeld mit zusätzlichen Pufferakkus eingesetzt werden.

Da WLAN mit einer deutlich höheren Leistung sendet und einen aufwändigeren Protokollstack abarbeiten muss verbraucht es mehr Energie als die anderen Funkstandards. Dies ist sicherlich der Grund, warum viele gerade kleinere Messgeräte eher auf Bluetooth setzen als auf WLAN. Aktuelle Lithium-Ionen (LiIon) oder Lithium-Polymer (LiPo) Akkus können hinreichend große Energiemengen über lange Zeit sicher zur Verfügung stellen. Weiter kann ein intelligentes Power-Management die Sendeeinheit eines Messgerätes nur aktivieren wenn auch wirklich gerade ein Messwert übertragen werden soll. Moderne Mikrocontroller haben ausgeklügelte Power-Management Funktionen und können gesamt oder teilweise in einen Sleep-Modus versetzt werden. Auf diese Weise ist es möglich auch mobile Geräte mit WLAN auszustatten, welche sehr effizient mit dem Strom haushalten. Auf diese Weise ist auch bei mit WLAN ausgestatteten Messgeräten eine Laufzeit von mehreren Tagen bis hin zu mehreren Wochen gut realisierbar. Ein Betrieb von WLAN IoT Devices auf Batteriebasis ist weder Umweltbewusst noch wirtschaftlich. Aktuelle Akku-Technologie ermöglicht einen zuverlässigen und insgesamt ökonomischen und ökologischen Betrieb. Bei der Umsetzung ist darauf zu achten, dass eine gute Akku-Wechseltechnik und Akku-Ladeinfrastruktur mit umgesetzt wird. Weiter müssen die Messgeräte den Batterieladestand selbst überwachen, damit rechtzeitig auf einen niedrigen Batteriestand hingewiesen werden kann und der Akkuwechsel rechtzeitig eingeplant und eingeleitet werden kann.

5. Rechtliches

Urheberrecht
Das Urheberrecht für diesen Text liegt bei der rAAAreware UG.
Der Text darf verwendt und weiterverbreitet werden, solange die Quelle angegeben wird.
(CC BY-SA 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de))

Namensnennungen
Einige Namen in diesem Text können Urheberrechtlich geschützt sein.
Bluetooth ist eine eingetragene Marke der Bluetooth SIG, Inc.
ANT+ ist ein eingetragene Marke der ANT Alliance bzw. Garmin.
Zigbee ist eine eingetragene Marke der Zigbee Alliance, USA.
Wi-Fi ist eine eingetragene Marke der Wi-Fi Alliance.
Wir weisen darauf hin, dass wir keine Rechte an diesen Namen haben oder beanspruchen, diese Namen nur redaktionell zur Erklärung verwenden und keine Verbindung zu den Firmen mit den Namensrechten haben.