

Drahtlose Technologien für die industrielle Kommunikation



Whitepaper

Ein Leitfaden für die Nutzung verschiedener
Wireless-Technologien.

Inhalt

1. Einleitung
2. Welche Wireless-Technologie ist die beste Wahl?
3. Bluetooth
4. Wireless LAN (WLAN)
5. Koexistenz von Wireless-Technologien
6. Fazit: Welche Technik sollte man wählen?

1. Einleitung

Die Verwendung drahtloser Kommunikation in schwierigen, anspruchsvollen Anwendungen ist nicht neu – sie wird seit mehr als 30 Jahren auf Basis proprietärer Funkstandards benutzt. Doch mit der Modernisierung industrieller Netzwerke und der Entstehung verschiedener Ethernet-Protokolle, hat es eine zunehmende Nachfrage nach “standardisierten” Drahtlos-Technologien gegeben.

In den letzten 10 Jahren haben Technologien wie Wireless LAN (IEEE 802.11) und Bluetooth (IEEE 802.15.1) die dominierende Rolle übernommen.

Dieses Whitepaper vergleicht die zur Verfügung stehenden Wireless-Technologien und liefert Ansätze, um diejenige Lösung zu finden, die am besten zu Ihrer Anwendung passt.

Von:

Mats Andersson, CTO, u-Blox

Martin Falkman, Product Manager, HMS Industrial Networks

Vorteile der Wireless-Technologie gegenüber der traditionellen Verkabelung

- Größere Mobilität und Bewegungsfreiheit
- Überwindung großer Entfernungen und einfacher Einsatz in Bereichen, bei denen Kabel ein Problem sind
- Vermeidung von teurer und wartungsintensiver Verkabelung
- Schnelle und einfache Montage und Inbetriebnahme
- Hohe Flexibilität bei Änderungen in der Anlage
- Erhöhte persönliche Sicherheit in gefährlichen Bereichen (zum Beispiel die Besteigung eines Krans) durch Steuerungs-/Kontrollmöglichkeit aus größerer Entfernung
- Einfache Integration von Geräten in das Netzwerk
- Einsatz von Smart Devices wie Smart Phone, Tablet für die Datenvisualisierung (Bring-your-own-Device)

2. Welche Wireless-Technologie ist die beste Wahl?

Es gibt nicht die „eine“ Wireless-Technologie, die alle Funktionen und Stärken bietet, die von den unterschiedlichen Anwendungen gefordert werden. Standardisierte Funktechnologien wie WLAN, klassisches Bluetooth und Bluetooth Low Energy, sowie eine Reihe von proprietären Technologien, haben ihre Stärken in den unterschiedlichsten Anforderungen. Das kann entweder ein hoher Datendurchsatz sein, eine gewisse „Robustheit“ oder ein niedriger Energiebedarf (letzteres vor allem für Batteriebetriebene Geräte).

WLAN wird häufig für die Produktionsplanung und Datenerfassung verwendet, Bluetooth gern für Human Machine Interfaces (HMI), Programmierung, Service/Wartung und Echtzeit-Steuerungsaufgaben eingesetzt.

In den letzten Jahren kommt zunehmend auch Bluetooth Low Energy (Bluetooth LE) zum Einsatz, um Sensoren, Aktoren und andere kleine Geräte zu verbinden.

Tabelle 1: Überblick über die unterschiedlichen Wireless-Technologien.

	Bluetooth	Bluetooth LE	WLAN
Datendurchsatz	+/-	-	++
Robustheit	++	++	+/-
Reichweite	10-300 m	10-250 m	50-300 m
Lokale Systemdichte	++	++	-
Roaming	+	N/A	++
Große Netzwerke	-	+	+/-
Niedrige Latenz	+++	++	+/-
Geschwindigkeit Verbindungsaufbau	-	++	+/-
Stromverbrauch	+	+++	-
Kosten	+	++	-

+++ = Hervorragend

++ = Stark

+ = Gut

+/- = mittelmäßig

- = schwach

Zusammenfassung

- Wenn hoher Datendurchsatz am wichtigsten ist, **wählen Sie WLAN**
- Wenn die Robustheit / Stabilität einer Verbindung oder die Kosteneffizienz am wichtigsten sind, **wählen Sie Bluetooth**

3. Bluetooth

Klassische Bluetooth-Technologie

Die klassische Bluetooth-Technologie (IEEE 802.15.1) ist gut geeignet für die drahtlose Integration von Automatisierungsgeräten in seriellen, Feldbus- und Ethernet-Netzwerken. Sie erfüllt hohe Anforderungen in Bezug auf Platzbedarf, geringen Stromverbrauch und Wirtschaftlichkeit.

Bluetooth Technologie - Fakten

- Reichweiten von 10 bis über 300 Meter (mit einem Long-Range-Modul)
- Zyklische und schnelle Übertragung kleinerer Datenpakete
- Datendurchsatz von maximal 780 kbit/s brutto (bis zu ~ 700 kbit/s netto);
- Mit Bluetooth v4.0 + EDR (Enhanced Data Rate) beträgt der Datendurchsatz 2,1 Mbit/s brutto (ca. 1,5 Mbit/s netto)
- Latenzzeit von 5 bis 10 ms
- 128-Bit-Verschlüsselung bietet Schutz vor Lauschangriffen
- Hohe Systemdichte – mehrere drahtlose Geräte können in der gleichen Funkumgebung angeschlossen werden und einwandfrei arbeiten
- Robustes Übertragungskonzept, mit Funktionen wie „Adaptive Frequency Hopping“ (AFH), „Forward Error Correction“ (FEC) sowie schmalen Frequenzkanälen und geringer Empfindlichkeit gegenüber Reflexionen / Multi-Pathing
- Hohe Verfügbarkeit in Verbraucherprodukten (Smartphones, Tablets, Laptops usw.)

Bluetooth Low Energy (Bluetooth Smart)

Bluetooth Low Energy (auch bekannt als Bluetooth Smart) wurde 2011 eingeführt und wird seitdem heiß diskutiert. Die Technologie hat einige wichtige Einschränkungen, aber auch Vorteile und unterscheidet sich stark von der „klassischen“ Bluetooth-Technologie:

- Die Bluetooth Low Energy Technology (Bluetooth LE) ermöglicht neue Anwendungen und ist ideal für die episodische oder periodische Übertragung von kleinen Datenmengen
- In Bluetooth-Anwendungen, bei denen Streaming-Daten verwendet werden, ist klassische Bluetooth-Technologie die bevorzugte Wahl, da sie einen wesentlich höheren Datendurchsatz als Bluetooth LE erzielt.

Wireless-Technologien für die industrielle Kommunikation

Vergleich: Classic Bluetooth vs. Bluetooth LE

Stromverbrauch

Da ein Gerät mit Bluetooth LE die meiste Zeit im Sleep-Modus ist, beträgt der maximale / Spitzenstromverbrauch nur 15 mA und der durchschnittliche Stromverbrauch nur etwa 1 μ A.

Zeit für den Verbindungsaufbau

Bei Bluetooth LE betragen die tatsächlichen Verbindungszeiten nur wenige Millisekunden; dadurch wird die Verbindung schnell aufgebaut, wenn das Gerät „aufwacht“.

Robustheit

Viele Funktionen der klassischen Bluetooth-Technologie sind auch Teil der Bluetooth LE Technologie; so z.B. das Adaptive Frequency Hopping (AFH) sowie ein Teil des Logical Link Control und der Adaptation Protocol (L2CAP) Schnittstelle.

Datendurchsatz

Die Datenübertragungsraten mit klassischer Bluetooth-Technologie (Enhanced Data Rate Bluetooth v2.1 + EDR) können 2 Mbit/s (tatsächliche Nutzlast) nicht überschreiten; die realen Übertragungsraten bei der Bluetooth LE Technologie liegen unter 100 kbit/s (tatsächliche Nutzlast von etwa 1/20).

Profilunterstützung

Bluetooth LE bietet in der Standard-Spezifikation v4.0 keine Unterstützung für das Serial Port Profile (SPP). Auch viele andere Profile werden – aufgrund der Unterschiede in den Verbindungsmodellen – nicht für Bluetooth LE angeboten. Zu den klassischen Bluetooth-Szenarien, die nicht Teil der Bluetooth LE Technologie sind, gehören Headset (HSP), Audio Distribution (A2DP), Video-Distribution (VDP) und File-Transfer (FTP).

Anzahl der Knoten

Genau wie bei der klassischen Bluetooth-Technologie, basiert Bluetooth LE auf einem Master an den eine Reihe von Slaves angeschlossen werden; in Bluetooth LE kann die Zahl der Slaves jedoch beträchtlich höher sein. Die Anzahl der (anschließbaren) Slaves hängt von der Implementierung und dem verfügbaren Speicher ab.

Advertising

Bluetooth LE arbeitet mit 37 Datenkanälen und 3 „Advertising“-Kanälen; die Advertising-Kanäle dienen der Erkennung benachbarter Geräte und sind in verschiedenen Teilen des Frequenzspektrums angesiedelt, um die Anfälligkeit gegen Störungen aus anderen Netzwerken zu verringern.

Software-Struktur

In Bluetooth LE haben alle Parameter einen Zustand, auf den durch das Attribute-Protokoll zugegriffen wird. Attribute sind Merkmale, die Signalwerte, das Präsentationsformat, die Client-Konfiguration usw. beschreiben.

Wireless-Technologien für die industrielle Kommunikation

Gegenüberstellung „klassisches Bluetooth“ vs. „Bluetooth LE“

Tabelle 2: „Klassisches Bluetooth“ vs. „Bluetooth LE“

	Klassisches Bluetooth	Bluetooth Low energy
Datennutzlast Durchsatz (netto)	2 Mbit/s	~100 kbit/s
Robustheit	++	++
Reichweite	300 m	250 m
Lokale Systemdichte	++	++
Aufbau großer Netzwerke	-	+
Niedrige Latenz	++	++
Geschwindigkeit Verbindungsaufbau	-	++
Stromverbrauch	+	+++
Kosten	+	++

-: Schwach; +: Gut; ++: Stark; +++: Hervorragend

“Single-Mode” und “Dual-Mode” - Was bedeutet das?

Da die beiden Bluetooth-Technologien grundsätzlich verschieden sind, gibt es zwei Möglichkeiten für eine Implementierung mit niedrigem Energieverbrauch:

Single-Mode-Geräte:

Diese Geräte sind Stand-alone Bluetooth LE-Geräte (auch als “Bluetooth Smart” Geräte bekannt) optimiert für kleine, batteriebetriebene Geräte mit dem Fokus auf niedrigen Kosten und geringem Stromverbrauch. Ein typisches Single-Mode-Gerät ist beispielsweise ein Herzfrequenzsensor.

Dual-Mode-Geräte:

Diese Geräte (auch als “Bluetooth Smart Ready” Geräte bekannt) umfassen sowohl Bluetooth LE als auch die klassische Bluetooth-Technologie. Dual-Mode-Geräte werden nur selten zu Energieeinsparungen führen, da sie beide Technologien unterstützen müssen; Energieeinsparungen werden nur mit der Single-Mode-Option erreicht. Ein typisches Dual-Mode-Gerät ist ein Mobiltelefon oder PC.

In einer Dual-Mode-Implementierung können zum Beispiel, parallel eine Reihe von klassischen Bluetooth Single-Mode-Modulen (OBS410 / 411 / etc.) sowie einige Bluetooth LE Single-Mode-Module (OLS426) mit einem Bluetooth Dual-Mode-Modul (OBS421) verbunden werden. Es können aber auch Bluetooth Dual-Mode-Module miteinander verbunden werden.

4. Wireless LAN (WLAN)

Wireless LAN (IEEE 802.11) ist gut geeignet für die Überwachung, Konfiguration und Datenerfassung, kann aber auch für eine zeitkritische Steuerung in den gleichen Anwendungen verwendet werden. Darüber hinaus ist die enthaltene Roaming-Funktionalität nützlich in Anwendungen von beweglichen Geräten in der Fabrikautomation.

Wireless LAN Fakten

- Reichweite
 - im 2,4-GHz-Band beträgt die typische Reichweite 200 m (bis zu 400-500 Meter bei freier Sicht; LoS: „Line of sight“)
 - im 5-GHz-Band (802.11a) beträgt die Reichweite etwa 50 Meter (bei freier Sicht bis zu 150 Meter)Hindernisse und Störungen können die Reichweite erheblich senken.
- Datendurchsatz von 11 bis 54 Mbit/s brutto (~ 5 bis 25 Mbit/s netto) für IEEE 802.11b/g und 300 Mbit/s brutto (~ 70 Mbit/s netto für IEEE 802.11n).
- Sicherheitsmodelle wie WEP, WPA, WPA2, TPK und PSK EAP.
- IEEE 802.11a arbeitet im 5-GHz-Band und bietet die Möglichkeit, 19 zusätzlicher, nicht überlappender Kanäle zu den drei nicht überlappenden Kanäle im 2,4-GHz-Band.
- Hohe Verfügbarkeit in Verbraucherprodukten.

Der Unterschied zwischen 2,4 GHz und 5 GHz Wireless LAN

Da der Einsatz von Wireless-Technologien im 2,4-GHz-Band zunimmt, können Interferenz-Probleme auftreten. Um sicherzustellen, dass die Wireless-Lösung stabil funktioniert, beginnen Unternehmen damit, das 2,4-GHz-Band für Büro- und IT-Kommunikation zu nutzen und das 5-GHz-Band für die Produktion und M2M-Kommunikation.

Die Wireless LAN IEEE 802.11b/g Sender nutzen das 2,4-GHz-Frequenzband (2.412-2.472 GHz) und die IEEE 802.11a Sender nutzen das 5-GHz-Frequenzband (5,180 -5.825 GHz). IEEE 802.11n Sender können in jedem Frequenzband arbeiten.

Es gibt weltweit folgende Implementierungsattribute:

- Das 2,4-GHz-ISM-Band bietet 13 überlappende Kanäle, gleichmäßig verteilt über die Frequenzen, sowie einen 14-ten Kanal der in Japan genutzt wird (Mittelfrequenz 2.484 GHz). Damit bleiben nur drei nicht überlappende Kanäle im 2,4 GHz-Band.
- Das 5-GHz ISM-Band gliedert sich in Teilbänder – U-NII-Bands (Unlicensed National Information Infrastructure) – die in der Regel U-NII-1, U-NII-2, U-NII-2e und U-NII-3 genannt werden, wobei U-NII-3 nicht weltweit frei zur Verfügung steht. Insgesamt ergibt dies 23 nicht überlappende Kanäle, von denen vier Einschränkungen* haben, die vom Einsatzort abhängen.

Wireless-Technologien für die industrielle Kommunikation

Tabelle 3: U-NII-Bands im 5-GHz-Frequenzband . (Ref. Www.wikipedia.com)

Kanal	U-NII Band	Frequenz (MHz)	United States 40/20 MHz	Europa 40/20 MHz
36	1	5180	●	●
38	1	5190	○	○
40	1	5200	●	●
42	1	5210	○	○
44	1	5220	●	●
46	1	5230	○	○
48	1	5240	●	●
52	2	5260	●	●
56	2	5280	●	●
60	2	5300	●	●
64	2	5320	●	●
100	2e	5500	●	●
104	2e	5520	●	●
108	2e	5540	●	●
112	2e	5560	●	●
116	2e	5580	●	●
120	2e	5600*	○	●
124	2e	5620*	○	●
128	2e	5640*	○	●
132	2e	5660*	○	●
136	2e	5680	●	●
140	2e	5700	●	○
149	3	5745	●	○
153	3	5765	●	○
157	3	5785	●	○
161	3	5805	●	○
165	3	5825	●	○

*) Für die FCC Kanäle 120-132 ist die Verwendung in der Nähe von Flughäfen aufgrund des Interferenzrisikos des Terminal-Doppler-Wetterradar (TDWR) eingeschränkt. (Ref. FCC KDB 443.999). Kanada erfordert eine Beschränkung auf den Kanälen 120-128.

●: abgedeckt; ○: nicht verfügbar

5. Koexistenz von Wireless-Technologien

Da oft mehrere Wireless-Technologien parallel verwendet werden, kann es möglicherweise zu Störungen kommen, die zu einer höheren Latenz oder sogar zu Datenverlusten führen. Diese möglichen Nebenwirkungen können in unternehmenskritischen industriellen und medizinischen Anwendungen nicht akzeptiert werden. Daher ist es wichtig, die Koexistenz verschiedener Funktechnologien zu optimieren, um einen störungsfreien Betrieb zu gewährleisten.

Die meisten der heute verwendeten Funktechnologien arbeiten im 2,4-GHz-Band und gehen mit möglichen Störungen auf unterschiedliche Weise um:

- **Wireless LAN / WLAN** hat 3 nicht überlappende Kanäle mit einer Bandbreite von 22 MHz und nutzt das Direct-Sequence Spread Spectrum (DSSS). DSSS sorgt dafür, dass das übertragene Signal eine größere Bandbreite als das modulierte Informationssignal aufnimmt; dadurch wird die drahtlose Kommunikationsverbindung weniger anfällig für Störungen.
- **Klassische Bluetooth-Technologie** verfügt über 79 Kanäle mit einer Bandbreite von 1 MHz und kombiniert diese mit Adaptive Frequency Hopping (AFH), um Störungen zu vermeiden. AFH überwacht die Bitrate und wenn Störungen auftreten (wenn z.B. eine andere drahtlose Technologie die Verbindung benutzt), stoppt das klassische Bluetooth die Nutzung der Kanäle, die besetzt sind. Der Kanal wird im Hintergrund überwacht und sobald er wieder frei ist, kann er wieder verwendet werden.
- **Bluetooth LE** nutzt auch AFH, allerdings werden nur vierzig 2 MHz breite Kanäle genutzt.

Verbesserte Möglichkeiten der WLAN-Koexistenz

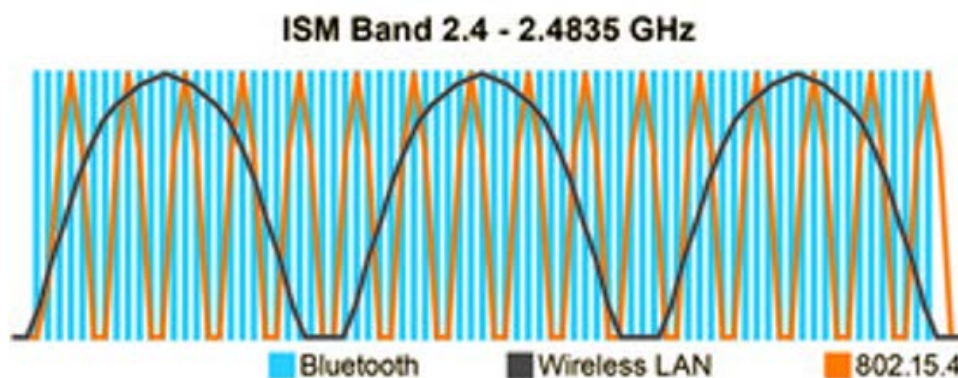


Abb. 1: WLAN, Bluetooth und IEEE 802.15.4 arbeiten im gleichen 2,4-GHz-Frequenzband

Wie in der obigen Abbildung zu sehen ist, ist das 2,4-GHz-Frequenzband sehr stark genutzt. Neben WLAN, Bluetooth, IEEE 802.15.4 / ZigBee / Wireless HART, senden auch mehrere proprietäre Technologien im 2,4-GHz-Band.

Wireless-Technologien für die industrielle Kommunikation

Da WLAN in vielen Bereichen eingesetzt wird – von der Büroanwendung bis hin zur Produktion - muss zur Erreichung einer störungsfreien Kommunikation zunächst dafür gesorgt werden, dass das WLAN nicht gestört wird.

Verschiedene Möglichkeiten zur Vermeidung von Störungen

Implementierung von 5-GHz-WLAN

WLAN-Sender nach IEEE 802.11 b, g nutzen das 2,4-GHz-Frequenzband und die Sender nach IEEE 802.11a das 5-GHz-Frequenzband; Sender nach dem Standard IEEE 802.11n können in beiden Frequenzbändern arbeiten. Um störungsfreie WLAN-Kommunikationsverbindungen zu erreichen, ist es somit möglich, das 5-GHz-Band anstelle des 2,4-GHz-Band zu verwenden. Aber auch wenn das 5-GHz Band an Popularität in industriellen und medizinischen Anwendung gewinnt, gibt es eine große installierte Basis von IEEE 802.11 b, g Netzwerken, die eine gute Koexistenz erfordern.

Hardware-Lösungen

Um eine störungsfreie Kommunikation für WLAN im 2.4GHz Band zu sichern, ist es möglich, spezielle Antennenlösungen (wie Leckkabel; LTL) zu verwenden, jedoch sind diese Lösungen sehr teuer.

Frequenzplanung

Es ist auch möglich, bewusst Kanäle auszuwählen, die nicht verwendet werden (Frequenzplanung), um so Interferenzen mit anderen drahtlosen Systemen in der gleichen Umgebung zu vermeiden. So kann z.B. in Fällen, in denen WLAN und IEEE 802.15.4 parallel verwendet werden, für eine Koexistenz gesorgt werden, indem Raum für einige IEEE 802.15.4 Kanäle zwischen den drei WLAN-Kanälen geschaffen wird. Hierdurch ist es möglich, dass WLAN und IEEE 802.15.4 zuverlässig parallel arbeiten. Bei Verwendung von Bluetooth ist durch die Verwendung von „Kanal-Black-Listings“ die gleiche Funktion möglich.

Adaptive Frequency Hopping (AFH)

Sowohl das klassische Bluetooth als auch Bluetooth LE nutzen „Adaptive Frequency Hopping“ (AFH) das potentielle Kanalinterferenzen erkennt; beispielsweise ein WLAN 802.11 b, g, n Gerät, das in nächster Nähe sendet. Wenn eine solche Störung gefunden wird, wird der Kanal automatisch auf die „schwarze Liste“ gesetzt. Um temporäre Störungen zu behandeln, wird nach einem implementierten Schema geschaut, ob die Störungen auf diesem Kanal noch existieren. Wenn die Störung auf dem Kanal beendet ist, kann er wieder verwendet werden. Hierdurch verhindert AFH, dass Bluetooth andere, in der Nähe befindliche Wireless-Technologien stört.

Low Emission Mode® (LE Mode)

Klassisches Bluetooth ist sehr robust, hauptsächlich dank AFH. Trotzdem können in der Phase der Geräteerkennung oder des Verbindungsaufbaus die Bluetooth-Aktivitäten ein WLAN-Netzwerk stören.

Um sicher zu stellen, dass klassisches Bluetooth reibungslos und parallel zu anderen Wireless-Technologien arbeitet, gibt es eine erweiterte Bluetooth-Funktion, die den Namen „Low Emission Mode®“ trägt. Diese von u-blox entwickelte Methode wird in der Anybus Wireless Bridge von HMS eingesetzt.

Mit dem Low Emission Mode ist ein mögliches Problem der Koexistenz während Geräteerkennung und Verbindungsaufbau gelöst, ohne dass die Bluetooth-Spezifikation oder die Interoperabilität zwischen verschiedenen Bluetooth-fähigen Produkten gefährdet wird.

6. Fazit: Welche Technik sollte man wählen?

Wie wir gesehen haben, gibt es keine „One-for-All“-Technologie für die industrielle drahtlose Kommunikation. Wir können aber allgemein sagen, dass,

- a) wenn ein hoher Datendurchsatz am wichtigsten ist, vorzugsweise WLAN gewählt werden sollte.
- b) wenn die Robustheit / Stabilität der Verbindung oder die Kosteneffizienz im Vordergrund stehen, Bluetooth das „Medium der Wahl“ ist.

Wählen Sie eine Lösung, die viele Wireless-Technologien unterstützt

Da sich Anforderungen im Lauf des Netzausbaus ändern können, ist es ratsam, eine drahtlose Lösung zu wählen, die verschiedene Technologien unterstützt. Auf diese Weise können Sie Ihre Infrastruktur leicht an die neuen Rahmenbedingungen anpassen.

Lesen Sie mehr auf www.anybus.com/wireless