

bzgl. der Positionierung/Montage der Interfaces in der späteren Applikation, bei nur geringfügig niedrigerem Gewinn.

Systemparameter und deren Messung

Für die Untersuchung des Systemverhaltens wurde eine Traffic-Applikation im Bluetooth-Master realisiert. Ein einzelnes SAI-Modul wird mit der Zykluszeit 50 ms periodisch über eine Zeitdauer von ca. 17 min. abgefragt. Dies entspricht rund 20.000 Zyklen. Das SAI antwortet mit einem SPP-Protokoll, das aus 7 Byte besteht (Identifier, Polling Byte, Zählerwert, Bitmuster, Link Quality Indication = LQI-Wert). Max. fünf Telegrammwiederholungen wurden zugelassen. Ein Protokoll-Analysator erfasst und protokolliert sämtliche Bluetooth-bezogenen Kommunikationsparameter auf der Luftschnittstelle.

Leitungs- und strahlungsgebundene Messungen

Um den Einfluss verschiedener fremdartiger Funksysteme ohne Umgebungseffekte erfassen zu können, empfehlen sich Messungen, bei denen das Bluetooth-SAI System und Störsysteme (hier WLAN) leitungsgebunden über Koppler miteinander verbunden sind. Über Teiler und Dämpfungsglieder wurde eine Standard-Umgebung geschaffen, die eine Funkstrecke von 3 m bzw. 12 m repräsentiert. Somit lassen sich exakt die von WLAN-Clients durch Kommunikation mit dem Access-Point verursachten Störungen erfassen, ohne dass andere äußere Einflüsse die Datenübertragung beeinträchtigen. Das Bluetooth-Nutzsignal und das WLAN-

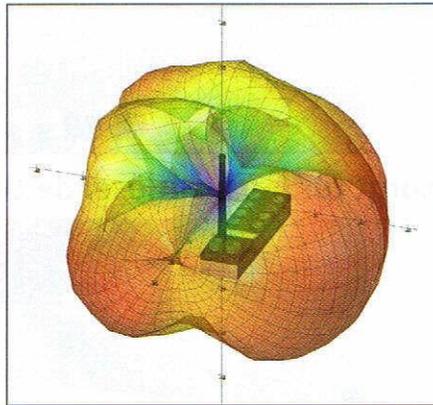


Abb. 2: Richtdiagramm SAI-Stabantenne für horizontale Polarisation (0-40 dB)

Störsignal sind am SAI-Modul gleich stark, das Signal-Stör-Verhältnis SIR (signal-to-interference ratio) beträgt also 0 dB. Einkoppelt werden mehrere WLAN-Störer mit unterschiedlichen Frequenzkanälen. Über Richtkoppler wird der Protokoll-Analysator drahtlos angebunden.

Alle strahlungsgebundenen Messungen wurden a) im abgeschirmten und reflexionsarmen Messraum, b) im Labor mit zusätzlichen WLAN-Störern und c) in realen Industrieumgebungen an vier charakteristischen Orten vorgenommen, jeweils mit Funkstrecken von 3 m und 12 m. Störungen durch parasitäre Maschinenemissionen und andere Funksysteme lagen im Frequenzbereich von Bluetooth nicht vor.

Fazit und Ausblick

Die stärksten Beeinträchtigungen zeigten sich, wenn ein oder zwei WLAN-Störer auftraten und deren Störpegel in die Größenordnung des Nutzpegels fällt. Passive

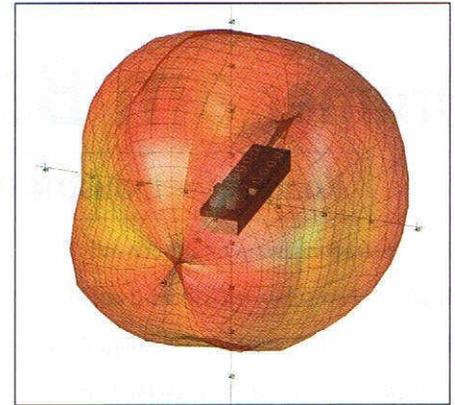


Abb. 3: Richtdiagramm SAI mit integrierter Antenne für horizontale Polarisation (0-40 dB)

Umgebungseinflüsse durch Mehrwegeausbreitung und Bewegungen ergaben bei Abständen bis zu 12 m hingegen geringere Beeinträchtigungen. Die bei diesen Messungen eingesetzten Gateway- und SAI-Module verwendeten jeweils integrierte Antennen mit nahezu isotroper Charakteristik, was zu folgenden Systemeigenschaften führt:

- vereinfachte Montage, weil keine Richtungsabhängigkeit besteht;
- geringe Abschattungseffekte, weil insbesondere in industrieller Umgebung stets redundante Signalwege vorliegen;
- ungünstigeres Störverhalten, weil Störer nicht über die Antennenrichtwirkung ausgeblendet werden können.

Zusammenfassend bestätigt sich, dass Bluetooth neben seiner kommerziellen Verwendung auch in rauen Industrieumgebungen ein geeignetes Kommunikationssystem darstellt. Die inhärenten Systembestandteile wie adaptives Frequency Hopping, FEC und ARQ führen selbst bei schlechter Kanalqualität zu sehr guten Ergebnissen der Applikationsparameter. Bluetooth-basierte Sensor-Aktor-Systeme können somit leitungsgebundene Systeme sinnvoll ergänzen, ohne jedoch konventionelle Feldbuskabel vollständig aus der Automatisierung verdrängen zu wollen.

► Kontakt

Dipl.-Ing. Kai Helmig,
Prof. Dr.-Ing. Uwe Meier
Fachhochschule Lippe und Höxter, Lemgo
Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik
Tel.: 05261/702-150
Fax: 05261/702-561
uwe.meier@fh-luh.de
www.fh-luh.de/fb5

Dipl.-Ing. Michael Höing
Weidmüller Interface GmbH & Co. KG, Detmold
Tel.: 05231/14-0
Fax: 05231/14-251663
michael.hoeing@weidmueller.de
www.weidmueller.com

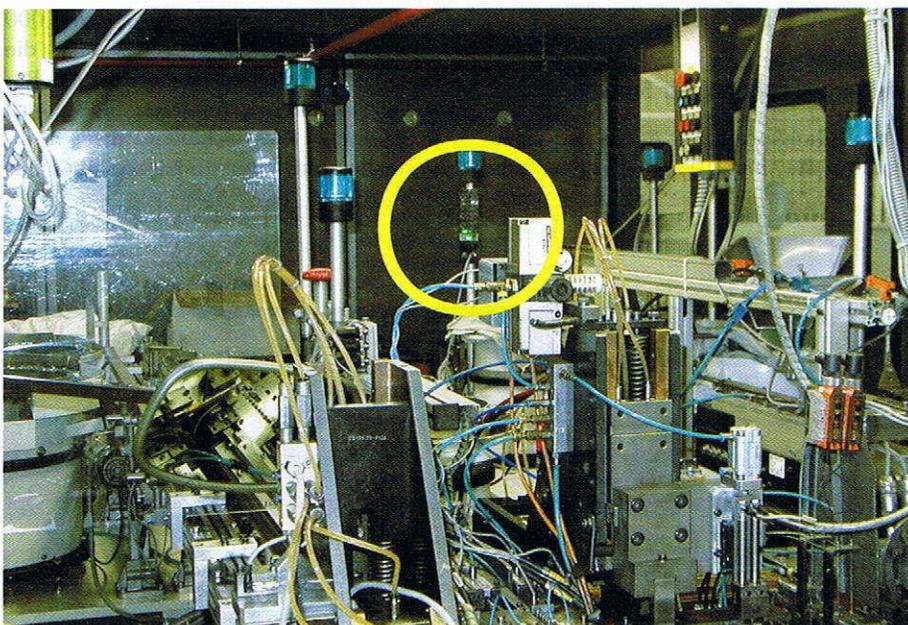


Abb. 4: Feldtest des SAI-Bluetooth-Modul in der Industrieumgebung: Fertigungszelle, Funkstrecke 3m, Sichtverbindung, schnelle zyklische Maschinenbewegung.