

Impuls: Kabelloser Feldbus

Brauchen wir ein „kabelloses Kabel“?



IRL Kaiserslautern
Andreas Weinand,
Daniel Lindenschmitt,
Michael Karrenbauer

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

- Industry 4.0¹:
 - Anwendung der Konzepte des IoT auf die Fertigung
 - Self-X-Mechanismen
 - Hochflexible Produktion
- Drahtlossysteme haben in diesem Zusammenhang gewisse Vorteile:
 - Geringer Installations- und Wartungsaufwand (vor allem in einem Brownfield-Szenario)
 - Geringes Gewicht
 - Geringere Anfälligkeit für mechanische Belastungen
 - Unterstützung mobiler Anwendungsfälle
- Herausforderung: Bereitstellung einer (im Hinblick auf Latenz und Zuverlässigkeit) vergleichbaren Leistung zu drahtgebundenen Systemen

¹Kagermann, Henning, et al. *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group*. Forschungsunion, 2013.

Existierende Funkssysteme und deren Einschränkungen

mMTC

URLLC

eMBB

Vergleichssysteme	Diagnose & Wartung		Diskrete Fertigung		Industrielle Anwendungsfälle Lager und Logistik			Prozess- automatisierung	Augmented Reality	Funktionale Sicherheit
	Generell	Condition Monitoring	Generell	Motion Control	Generell	AGV	Kran- szenario			
	IEEE 802.11 (WLAN, IWLAN)	✓	✓	✗	✗	■	✗			
IEEE 802.15.1 (Bluetooth, WISA)	✓	✓	■	✗	■	✗	■	■	✗	■
IEEE 802.15.4 (ZigBee, ISA100.11a, Wireless-HART)	✓	■	✗	✗	■	✗	✗	■	✗	✗
LPWAN (LoRa, Sigfox, NB-IoT)	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗
2G (GSM)	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	■	✗	✗
3G (UMTS)	■	■	✗	✗	✗	✗	✗	■	✗	✗
4G (LTE)	✓	✓	✗	✗	✓	■	■	✓	■	✗

✗ - Anforderungen werden nicht erfüllt ■ - Anforderungen werden nur für spezifische Anwendungen erfüllt ✓ - Anforderungen werden erfüllt

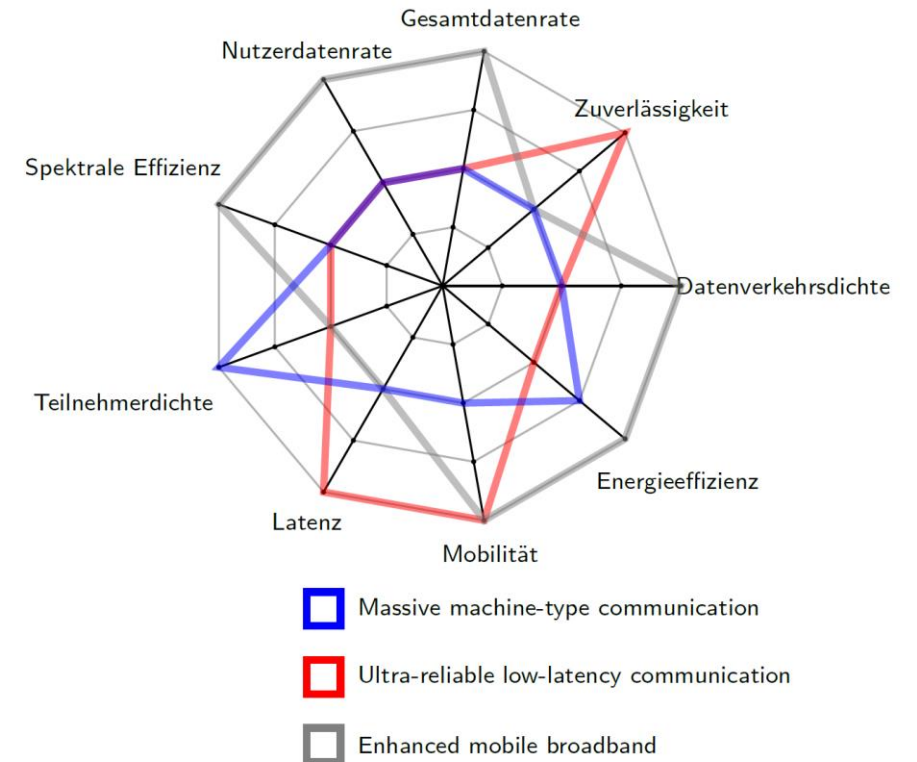
Vergleiche: Aktas et al., "Funktechnologien für industrie 4.0," Jun. 2017.

Unzulänglichkeiten heutiger Drahtlossysteme sind insbesondere in den Bereichen Vielfachzugriff² und Zuverlässigkeit³ zu verorten.

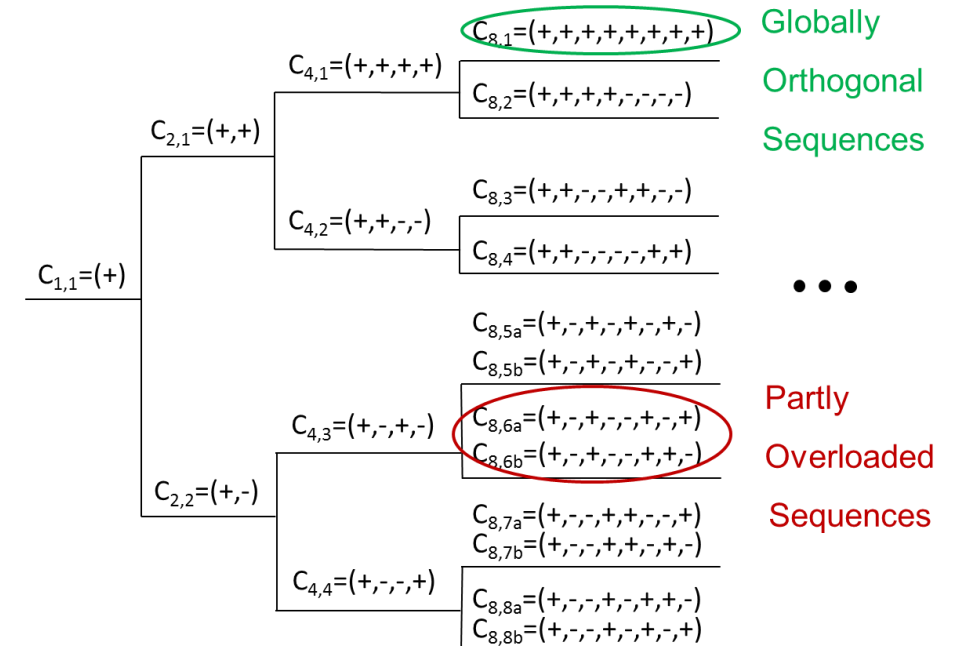
²Karrenbauer, Michael, et al. „On industrial mac protocols: State of the art systems and recent approaches.“ IFAC-PapersOnLine 51.10 (2018): 40-45.

³Karrenbauer, Michael, et al. „A Study on the Application of Rateless Coding in Non-Cellular MIMO Systems for Machine-Type Communication.“ Proceedings of the 21st IFAC World Congress (Virtual). Berlin, Germany, 2020.

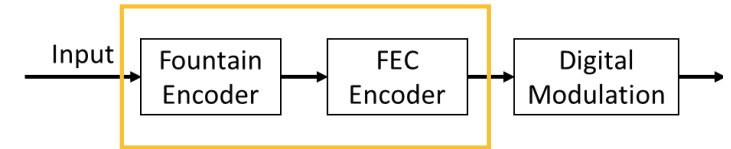
- Anforderungen an das Vielfachzugriffsverfahren:
 - Einerseits: Echtzeitanforderungen
 - Robust Modulationsverfahren (BPSK oder QPSK)
 - Keine Paketwiederholungen
 - Deterministische Ressourcenzuordnung
 - Sehr kurze Pakete
 - Andererseits: best effort traffic (bspw. Updates, Konfigurationen, etc.)
 - Höherstufige Modulation möglich
 - Paketwiederholungen möglich bzw. notwendig
 - Längere Pakete wahrscheinlich
 - Herausforderung: Effiziente gleichzeitige Unterstützung von Echtzeit- und Best Effort-Datenverkehr
 - Wünschenswert: Inhärente Broadcast/Multicast-Unterstützung



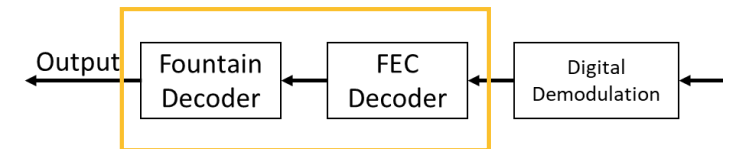
- Verwendung eines CDMA-basierten Vielfachzugriffsverfahrens:
 - Einfache Implementierung
 - Kein zentraler Scheduler notwendig
 - Keine Sendeverzögerung
 - Möglichkeit der (teilweisen) Überladung in Anhängigkeit der Diensteklassen
 - Echtzeitfähigkeit
 - Multiraten-Betrieb möglich



- Die Erreichung der Zuverlässigkeitsanforderungen erfordert die konsequente Ausnutzung aller verfügbaren Diversität:
 - Räumliche Diversität
 - Frequenzdiversität
 - Zeitdiversität
- Die Ausgestaltung des Kanalcodierverfahrens ist von besonderer Bedeutung:
 - Es muss die Erfüllung der Zuverlässigkeitsanforderungen gewährleisten.
 - Gleichzeitig muss es nach einer deterministischen Zeitspanne abgeschlossen sein, sodass Echtzeitanforderungen eingehalten werden können.
- Lösungsansatz: Verkettung von Erasure- und Bitfehlercodierung



Transmitter



Receiver

- Ein drahtloser Eins-zu-eins-Ersatz für Feldbussysteme stellt nach wie vor eine technische Herausforderung dar.
- Herausforderungen ergeben sich insbesondere in den Bereichen Vielfachzugriffsverfahren und Kanalcodierung.
- Ursächlich hierfür sind die hohen Anforderungen an Latenz und Zuverlässigkeit einerseits, sowie die kurze Paketlänge andererseits.
- Vielversprechende Lösungsansätze ergeben sich
 - aus der Nutzung von CDMA-Verfahren
 - Aus der Verkettung von Erasure- und Fehlerschutzcodierung