IoT-basierte kabellose Datenübertragung von DMS Signalen – Berichte aus der Praxis

Martin-Christopher Noll, i4M technologies GmbH
VDI/VDE-GMA Fachausschuss 4.51 „Elektrische Messverfahren; DMS-Messtechnik“, Dresden, 05.09.2023

nemione

i4M technologies GmbH
intelligence for mechanical systems

i4M technologies GmbH

- **Mission: Gewinnung aussagekräftiger Messdaten in anspruchsvollen Anwendungen**
- Spezialisiert auf drahtlose Sensorsysteme für Maschinen, Fahrzeuge und Infrastruktur
- Kombination von Wissen über mechanische Systeme, Datenanalyse und fortschrittliche kabellose Messtechnik
- Gegründet 2016 als Spin-Off zweier Institute der RWTH Aachen
- Team aus 9 Elektro- und Maschinenbauingenieuren
- Bedienung einer Vielzahl unterschiedlicher Branchen von Achterbahnen bis Windenergieanlagen

nemione

i4M technologies GmbH intelligence for mechanical systems

Motivation: Kabelloses Messungen und Monitoring in komplexen Anwendungen

- **Warum kabellose Messungen?**
- Beispiel Bauwerks-Monitoring
  - Kosten für Kabel-Installation
  - Kosten für Kabel
  - Herausforderung für Datenqualität

- **Warum IoT-basiert?**
- Beispiel Messungen in rotierenden Systemen
  - Verkabelung keine Option
  - Bestehende PCM Systeme empfindlich und teuer
  - Bestehende PCM Systeme mit geringen Batterielaufzeiten oder Induktive-Kopplung notwendig

- Langzeitüberwachung bedingt Datenaufzeichnung, Archivierung, Analyse und Präsentation
  - Dafür ist das IoT das perfekte System!

Rissmonitoring an einer Autobahnbrücke

Messungen an einer WEA-Rotorwelle (Fraunhofer IWES)

nemione

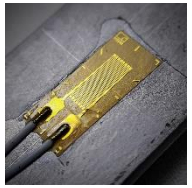
i4M technologies GmbH intelligence for mechanical systems

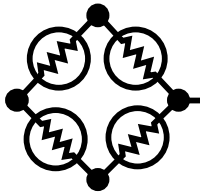
IoT-basierte kabellose Datenübertragung von DMS Signalen - Übersicht

(Industrial) Internet of Things - (I)IoT

Wireless Smart (Multi-)Sensor

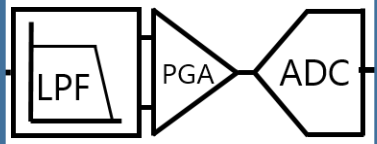
Sensor



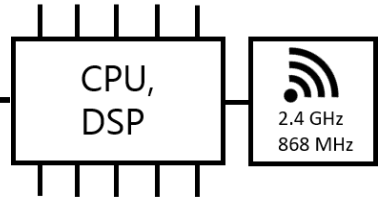


- DMS als Wheatstone - Brücke
- Andere Sensoren

Analog Frontend

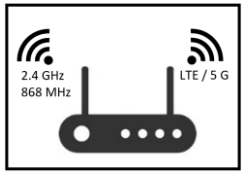


- Analoger AA-Filter
- (Rauscharme) Signalverstärkung
- (Rauscharme) Analog-Digital-Wandlung



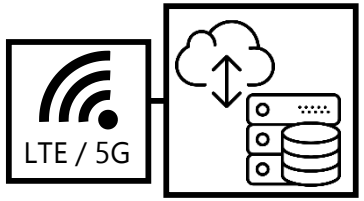
- Zus. Integrierte Sensorik
- Micro-Controller, Signalprozessor
- Funkübertragung im Nahbereich (20 m – 2 km)
- Fähigkeit zum Edge Computing / Analytics

Gateway



- Zus. Integrierte Sensorik (z.B. GNSS)
- Empfang der Daten von den wireless Sensoren
- Weiterleitung / Bereitstellung der Daten via Mobilfunk
- Erweiterte Fähigkeit zum Edge Computing / Analytics

Cloud



- Datenspeicherung und Bereitstellung (Datenbanken)
- Verteilung der Daten in verschiedene Systeme
- Datenanalysen in der Cloud

Client

- Plotten der Daten
- Download der Daten
- Lokale Analyse
- Generierung von Berichten

nemione

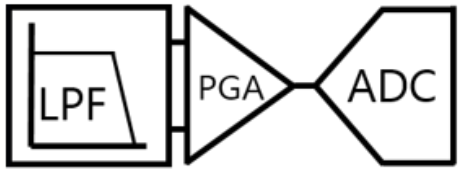
i4M technologies GmbH
intelligence for mechanical systems

Detail: DMS Messkette, analoger Schaltungsteil

- Versorgung des Sensors
  - Konstant-Spannungsquelle z.B für DMS (z.B. 2.5 V)
  - Konstant-Stromquelle z.B. für Pt100 (z.B. 1 mA)
- Signalkonditionierung
  - (Differentielle) analoge Vorfilter zum Anti-Aliasing
  - (Rauscharme) programmierbare Signalverstärkung (z.B. 1-128 fach)
- Signalwandlung
  - (Rauscharme) Analog-Digital-Wandlung (z.B. 24 bit Delta-Sigma)

- Vorteile von Delta-Sigma ADCs
  - Basierend auf dem Prinzip der vielfachen Überabtastung
  - Daher geringere Anforderungen an Vorfilter
  - Sehr geringes Rauschen durch Rauschformung
  - Relativ hohe Samplingraten möglich
  - **Geringer Stromverbrauch!**

Analog Frontend



- Analoger AA-Filter
- (Rauscharme) Signalverstärkung
- (Rauscharme) Analog-Digital-Wandlung

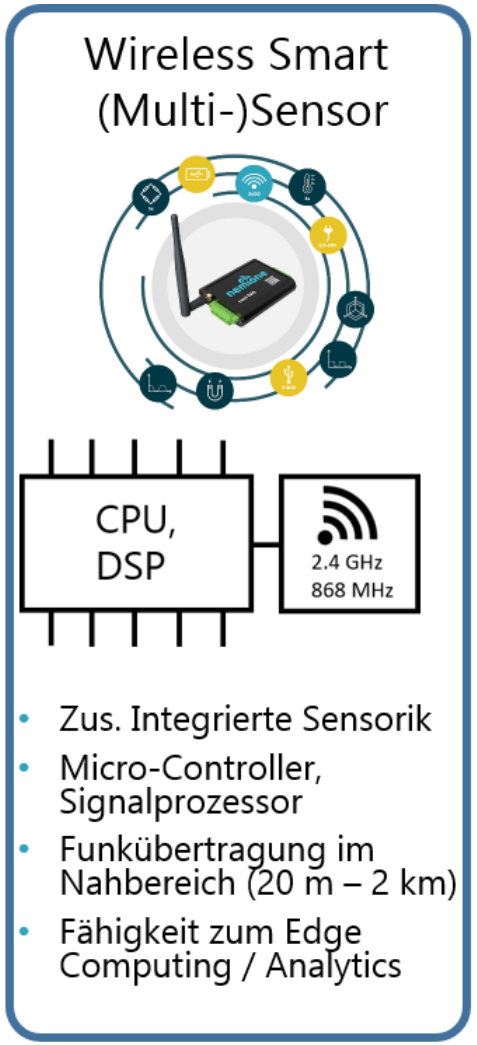
nemione

i4M technologies GmbH intelligence for mechanical systems

Detail: Smart Wireless (Multi-)Sensor

- Smart
  - Mit der Fähigkeit zum Edge-Computing / zu Edge-Analytics
  - Übertragung von (vorbewerteten) Smart-Data anstatt Zeitrohdaten
  - Dadurch geringerer Stromverbrauch und längere Laufzeit
- Wireless
  - Integrierte Energieversorgung (z.B. Lithium-Polymer-Akku)
  - Fähigkeit zum Energy-Harvesting (z.B. Solar)
  - Kabellose Datenübertragung
- Multi
  - Zusätzliche integrierte Sensorik (z.B. 9 DoF MEMS IMU)

Funknetzwerk	Live-Summen-Samplingrate	Funkreichweite
nemione® nemi Link 2400	36.000 Hz	20 – 100 m
nemione® nemi Link 2400 XR	2.000 Hz	100 – 400 m
nemione® nemi Link 868	< 10 Hz	500 – 2000 m

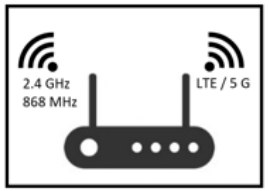


nemione

i4M technologies GmbH intelligence for mechanical systems

Detail: Gateway, Datenanalyse an der Edge und Mobilfunkübertragung

- Gateway
  - Bildet den zentralen Knoten der Funknetzwerke (Sterntopologie)
  - Beinhaltet zusätzliche interne Sensorik (z.B. 9 DoF MEMS IMU, GPS / GNSS)
  - Empfängt die Daten der kabellosen Funk-Sensoren
  - Speichert die Daten zwischen
  - Reicht die Daten weiter / Stellt diese per Mobilfunkverbindung (LTE / 5G) bereit beispielsweise per FTP(S), HTTP(S)
  - Analysiert die Daten und wandelt diese in (reduzierte) Smart-Data um
  - Deutlich höhere Rechenleistung im Vergleich zu den wireless Sensoren
  - Überträgt die Smart-Data beispielsweise per MQTT



- Zus. Integrierte Sensorik (z.B. GNSS)
- Empfang der Daten von den wireless Sensoren
- Weiterleitung / Bereitstellung der Daten via Mobilfunk
- Erweiterte Fähigkeit zum Edge Computing / Analytics

nemione

i4M technologies GmbH intelligence for mechanical systems

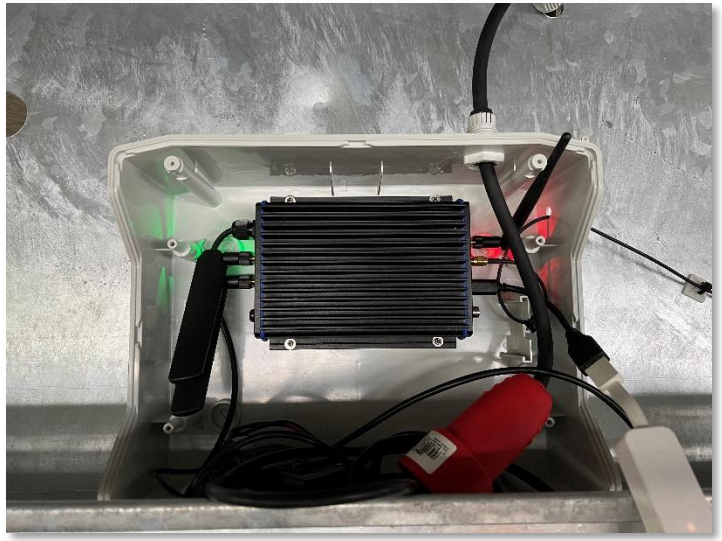
Detail: IT-Infrastruktur / Server / Datenbank / Cloud

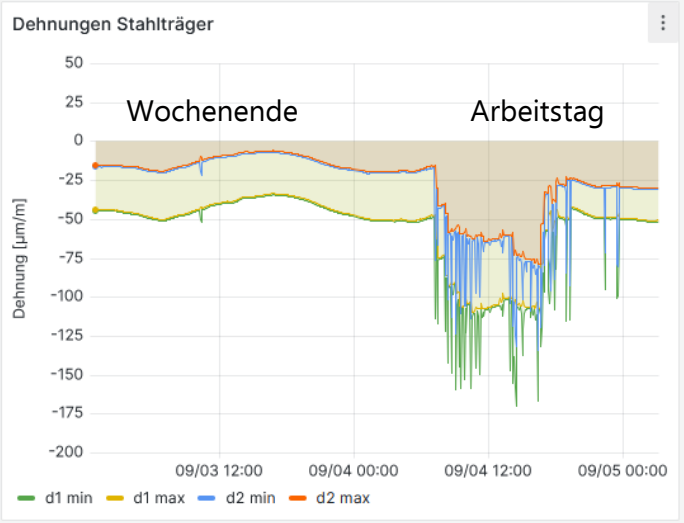
- IT-Infrastruktur
  - Cloud Server, gehostet in Deutschland
  - Mit Time-Series-Datenbank (z.B. Influx DB)
  - Bereitstellung der Rohdaten z.B. via VPN-Verbindung zu der / zu den Gateways
  - Automatisierte Datenanalyse
  - Bereitstellung von Smart Data über Dashboards (z.B. Grafana)

nemione
i4M technologies GmbH intelligence for mechanical systems

Praxisbeispiel: DMS Messung an einem Parkhaus

- Messung von Dehnungen und Durchbiegungen an einem Parkhaus
- Verwendung von
  - 3 x nemione® nemi DAQ (Wireless Smart Multi-Sensor)
  - 1 x nemione® nemi EdgeBase (Gateway)
  - i4M Cloud-Infrastruktur
  - Grafana-Dashboard





nemione

i4M technologies GmbH
intelligence for mechanical systems

Kontakt

Martin Noll
Managing Director

Tel.: +49 (0)241 56 00 22 00
martin.noll@i4m-tech.de

i4M technologies GmbH
Försterstr. 5
52072 Aachen

Tel.: +49 (0)241 56 00 22 00

www.i4m-tech.de
www.nemi.one