

# Bachelorarbeit

## *Live Long Or Go Home*

### Simulative Modellierung der Leistungsaufnahme für Bluetooth 5 und LoRaWAN Netzwerke in charakteristischen Internet of Things Verkehrs- und Umgebungsszenarien

Kaffeemaschinen, Wearables, Kameras, Mülltonnen, Parkplätze, Straßenlaternen oder Umwelterfassung: Die zunehmende Vernetzung alltäglicher Geräte und vielseitiger Sensorsysteme, die mit dem Internet verbunden sind, wächst rasant. Experten machen nun eine gewaltige Prognose. Statistiken zufolge<sup>1</sup> wird es im Jahr 2020 weltweit mehr als 75 Mrd. vernetzter Internet of Things (IoT) Geräte geben. So vielseitig IoT Anwendungen auch sind, definiert ein Großteil vergleichbar anspruchsvolle Anforderungen an die Kommunikationstechnologien. Im besonderen Fokus stehen hierbei geringe Anschaffungs- und Installationskosten, ein sehr geringer Energieverbrauch, um möglichst lange Laufzeiten zu garantieren und gleichzeitig die Gewährleistung einer zuverlässigen und robusten Konnektivität.



In diesem Kontext werden aktuell Vernetzungsstrategien auf Basis innovativer Technologielösungen der Low Power Wide Area Network (LPWAN, dt. Niedrigenergieweitverkehrsnetzwerk) Kategorien diskutiert. Anders als z.B. die in diesem Kontext vollständig neuartige **LoRaWAN** Technologie [1][5] mit sehr spezifischem Fokus auf hohe Reichweiten, stellt die Bluetooth SIG mit der neuesten **Bluetooth 5** Spezifikation [2][4] eine auf der etablierten Bluetooth Low Energy (BLE) Technologie basierende und auf IoT Anforderungen angepasste *One fits All* Variante in den Ring, um sich einen wesentlichen Anteil am IoT Kommunikationsmarkt über bestehende BLE Anwendungsfälle hinaus erarbeiten zu können. Vor diesem Hintergrund ist das Ziel dieser Arbeit die Beantwortung einer der Herausforderungen aktueller IoT Forschungsfragen – **Evaluierung der Batteriebensdauer drahtloser IoT-Kommunikationstechnologien** unter Berücksichtigung Kontext-abhängiger Parameter wie z.B. der Umgebungs-abhängigen Kanalqualität und der Anwendungs-abhängigen Verkehrscharakteristik. Hierbei sollen gezielt Energiemodelle (Power Budgets) für relevante Betriebsmodi der Bluetooth 5 Technologie mit korrespondierenden LoRaWAN Charakteristiken verglichen werden.

Denkbare Arbeitspunkte dieser Arbeit sind:

<sup>1</sup> Statista, <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>, 2018

- Einarbeitung in Bluetooth 5 und LoRaWAN
- Einarbeitung in das Context-Aware Power Consumption Model [3] und Einordnung in den aktuellen Stand der Technik für IoT Energiemodellierung
- Anwendung und notwendige Anpassung des parametrisierbaren Modells zur anwendungsbezogenen Laufzeitberechnung der zu betrachtenden IoT Systeme (BT5 und LoRaWAN)
- Evaluierung der Batterielebensdauer von BT5 und LoRaWAN unter Berücksichtigung Kontext-abhängiger Parameter wie z.B. der Umgebungs-abhängigen Kanalqualität und der Anwendungs-abhängigen Verkehrscharakteristik
  - Erstellung von Datenverkehrsmodellen IoT-typischer Anwendungsfälle [6][7]
  - Umsetzung eines automatisierten Laboraufbaus für Messungen unter wechselnden kommunikationstechnischen Bedingungen wie variierender Modulationen und Kanalbedingungen
  - Überführung der Ergebnisse in ein parametrisierbares Energieverbrauchsmodell zur Batterielaufzeitabschätzung

Voraussetzungen:

- Erforderlich:
  - Programmierkenntnisse Matlab / R
  - Grundverständnis von Kommunikationsnetzen und ihrer Protokolle
  - Hohes Maß an Motivation und Leistungsbereitschaft
- Wünschenswert:
  - Grundlegende Erfahrung in simulativer und analytischer Modellierung

[1] LoRa Alliance, <https://www.lora-alliance.org/technology>, 2018

[2] Bluetooth SIG, Bluetooth Core Specification v 5.0, Dec 2016.

[3] B. Dusza, C. Ide, L. Cheng, C. Wietfeld, "CoPoMo: A Context-Aware Power Consumption Model for LTE User Equipment", In Transactions on Emerging Telecommunications Technologies (ETT), Wiley, vol. 24, no. 6, pp. 615-632, Oktober 2013.

[4] S. Böcker, C. Arendt, C. Wietfeld, "On the Suitability of Bluetooth 5 for the Internet of Things: Performance and Scalability Analysis", In IEEE 28th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC), Oktober 2017.

[5] P. Jörke, S. Böcker, F. Liedmann, C. Wietfeld, "Urban Channel Models for Smart City IoT-Networks Based on Empirical Measurements of LoRa-links at 433 and 868 MHz", In IEEE 28th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC), Oktober 2017.

[6] ETSI, "Electromagnetic compatibility and radio spectrum matters (erm); system reference document (srdoc): Spectrum requirements for short range device, metropolitan mesh machine networks (m3n) and smart metering (sm) applications," ,ETSI TR 103 055 V1.1.1., 2011.

[7] GSMA, "3GPP Low Power Wide Area Technologies," White Paper, Tech. Rep., 2016.