



Hochschule für angewandte Wissenschaften München
Fakultät für Informatik und Mathematik

Masterarbeit zum Thema:

**Entwicklung und Analyse eines LoRaWAN-basierten
Tracking-Systems zur globalen Überwachung von Transportgütern
unter besonderer Berücksichtigung maritimer Logistikketten**

**Expanding a software toolchain to include continuous deployment, taking into account
Linux- and cloud-based solutions with Debian packages.**

Vorgelegt von: Christoph Schwarz
Matrikelnummer: 32004720
Studiengang: Informatik (Master Embedded Computing)
Betreuer: Prof. Dr. Lars Wischhof
Firma: MicroDoc GmbH
Firma Betreuer: Regine Rudeck
Abgabedatum: ...

1. Abstract

Inhaltsverzeichnis

1. Abstract	II
2. Einleitung	2
2.1. Motivation und Problemstellung	2
2.2. Zielsetzung der Arbeit	2
2.3. Methodisches Vorgehen	2
3. Theoretische Grundlagen	2
3.1. LoRa und LoRaWAN Technologie	2
3.2. The Things Network (TTN)	2
3.3. Helium Network	2
3.4. Maritime Logistik und Transportüberwachung	2
3.5. Latenzzeiten in IoT-Netzwerken	2
4. Konzeption und Entwicklung des Tracking-Systems	2
4.1. Systemanforderungen	2
4.2. Hardware-Design	2
4.3. Implementierung der LoRaWAN-Kommunikation	2
4.4. Integration des Temperatur-Monitoring	2
4.5. Energiemanagement und Batterielaufzeit	2
5. Implementierung der Datenerfassung und -analyse	2
5.1. TTN Mapper Integration	2
5.2. Entwicklung der Datenbank-Struktur	2
5.3. Implementierung der Analysewerkzeuge	2
5.4. Visualisierung der Ergebnisse	2
6. Experimentelle Untersuchung und Auswertung	2
6.1. Testszenarien und Versuchsaufbau	2
6.2. Analyse der Signallaufzeiten	2
6.3. Einfluss der Schiffsgeschwindigkeit	2
6.4. Netzwerkabdeckung und Verbindungsqualität	2
6.5. Auswertung der Kühlkettenüberwachung	2
7. Diskussion der Ergebnisse	2
7.1. Bewertung der Systemleistung	2
7.2. Limitationen und Herausforderungen	2
7.3. Verbesserungspotentiale	2
8. Zusammenfassung und Ausblick	2
8.1. Zusammenfassung der Ergebnisse	2
8.2. Ausblick auf zukünftige Entwicklungen	2

A. Appendix	3
Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
Quellcodeverzeichnis	6

2. Einleitung

2.1. Motivation und Problemstellung

2.2. Zielsetzung der Arbeit

2.3. Methodisches Vorgehen

3. Theoretische Grundlagen

3.1. LoRa und LoRaWAN Technologie

3.2. The Things Network (TTN)

3.3. Helium Network

3.4. Maritime Logistik und Transportüberwachung

3.5. Latenzzeiten in IoT-Netzwerken

4. Konzeption und Entwicklung des Tracking-Systems

4.1. Systemanforderungen

4.2. Hardware-Design

4.3. Implementierung der LoRaWAN-Kommunikation

4.4. Integration des Temperatur-Monitoring

4.5. Energiemanagement und Batterielaufzeit

5. Implementierung der Datenerfassung und -analyse

5.1. TTN Mapper Integration

5.2. Entwicklung der Datenbank-Struktur

5.3. Implementierung der Analysewerkzeuge

5.4. Visualisierung der Ergebnisse

6. Experimentelle Untersuchung und Auswertung

6.1. Testszenarien und Versuchsaufbau

6.2. Analyse der Signallaufzeiten

6.3. Einfluss der Schiffsgeschwindigkeit

6.4. Netzwerkabdeckung und Verbindungsqualität

6.5. Auswertung der Kühlkettenüberwachung

7. Diskussion der Ergebnisse

A. Appendix

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Quellcodeverzeichnis

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe.

München, den 11. Februar 2025

C. Schwarz

Christoph Schwarz