

---

# **Development of an Internet of Things architecture framework based on Sensing as a Service**

---

**A thesis submitted for the  
Master of Science in Information Systems**

**by**

**Patrick Nitschke**

Student ID: 209210074

E-Mail: nitschke@uni-koblenz.de

Faculty 4: Computer Science

Institute for IS Research

**University of Koblenz-Landau, Germany**

Supervisors:

Prof. Dr. Susan P. Williams

Prof. Dr. Petra Schubert

Koblenz, February 2017



## **Declaration/ Erklärung**

---

I declare that,

This thesis presents work carried out by myself and does not incorporate without acknowledgement any material previously submitted for a degree or diploma in any university. To the best of my knowledge, it does not constitute any previous work published or written by another person except where due reference is made in the text.

---

Ich versichere,

dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Mit der Einstellung dieser Arbeit in die Bibliothek bin ich einverstanden. Der Veröffentlichung dieser Arbeit im Internet stimme ich zu.

**Patrick Nitschke**

Koblenz, March 2017



## Abstract (English)

---

The Internet of Things (IoT) is a network of addressable, physical objects that contain embedded sensing, communication and actuating technologies to sense and interact with their environment (Geschickter 2015). Like every novel paradigm, the IoT sparks interest throughout all domains both in theory and practice, resulting in the development of systems pushing technology to its limits. These limits become apparent when having to manage an increasing number of *Things* across various contexts. A plethora of IoT architecture proposals have been developed and prototype products, such as IoT platforms, been introduced. However, each of these architectures and products apply their very own interpretations of an IoT architecture and its individual components so that IoT is currently more an Intranet of Things than an Internet of Things (Zorzi et al. 2010). Thus, this thesis aims to develop a common understanding of the elements forming an IoT architecture and provide high-level specifications in the form of a *Holistic IoT Architecture Framework*.

*Design Science Research* (DSR) is used in this thesis to develop the architecture framework based on the pertinent literature. The development of the *Holistic IoT Architecture Framework* includes the identification of two new *IoT Architecture Perspectives* that became apparent during the analysis of the IoT architecture proposals identified in the extant literature. While applying these novel perspectives, the need for a new component for the architecture framework, which was merely implicitly mentioned in the literature, became obvious as well. The components of various IoT architecture proposals as well as the novel component, the *Thing Management System*, were combined, consolidated and related to each other to develop the *Holistic IoT Architecture Framework*. Subsequently, it was shown that the specifications of the architecture framework are suitable to guide the implementation of a prototype.

This contribution provides a common understanding of the basic building blocks, actors and relations of an IoT architecture.



## Abstract (German)

---

Das Internet der Dinge (IoT) ist ein Netzwerk bestehend aus adressierbaren, physikalischen Objekten, die Sensor-, Kommunikations- und Aktuator-Technologien bereitstellen und mit ihrer Umwelt interagieren (Geschickter 2015). Wie jedes neue Konzept, hat auch IoT Interesse über jeden Anwendungsbereich hinweg, sowohl in Theorie als auch Praxis, geweckt und die verfügbaren Technologien an ihre Grenzen gebracht. Diese Grenzen machen sich insbesondere dann bemerkbar, wenn die Anzahl von Dingen (Things), die über verschiedenste Anwendungsbereiche hinweg verwaltet werden müssen, steigt. Um die neuartigen Anforderungen zu erfüllen, wurde eine Fülle von verschiedenen Systemen entwickelt, die alle ihre eigenen Interpretationen einer IoT Architektur und ihrer jeweiligen Komponenten anwenden. Dies hat dazu geführt, dass IoT aktuell eher ein Intranet der Dinge als ein Internet der Dinge ist (Zorzi et al. 2010). Daher ist es Ziel dieser Arbeit, ein einheitliches Verständnis der Komponenten, die eine IoT Architektur bilden, zu erlangen und generische Spezifikationen in Form eines *Ganzheitlichen IoT Architektur Frameworks* zur Verfügung zu stellen.

Diese Arbeit verwendet *Design Science Research* (DSR), um die genannte Architektur auf Basis der einschlägigen Literatur zu entwickeln. Die Entwicklung des *Ganzheitlichen IoT Architektur Frameworks* umfasst die Nutzung zweier neuer Perspektiven auf IoT Architekturen (*IoT Architecture Perspectives*), die während der Analyse von IoT Architekturen in der Literatur identifiziert wurden. Die Anwendung dieser neuen Perspektiven führte zur Erkenntnis, dass eine weitere, ebenfalls neuartige, Komponente in der Literatur implizit erwähnt wird. Die Beschreibungen der Komponenten von verschiedenen IoT Architekturen wurden vereinheitlicht und mit der neuen Komponente, dem *Thing Management System*, in Beziehung gesetzt, um das *Ganzheitliche IoT Architektur Framework* zu entwickeln. Weiterhin wurde gezeigt, dass die Spezifikationen der Architektur als Vorlage für die Implementation eines Prototypen geeignet ist.

Der Hauptbeitrag dieser Arbeit ist ein vereinheitlichtes Verständnis der einzelnen Komponenten sowie deren Interaktionen einer IoT Architektur.



## Table of Contents

5.2	Publisher .....	116
5.3	Service Provider .....	118
5.4	Evaluation Results.....	120
6	Summary and Conclusion.....	123
6.1	Research Questions .....	123
6.2	Research Contribution .....	125
6.3	Limitations .....	126
6.4	Future Work.....	127
	References.....	129
	Appendix.....	135
	Appendix 1: Source code of the prototype.....	135
	Appendix 2: Overview of the icons used in the illustrations .....	136