



MASTERARBEIT

„Internet der Dinge (IoT) via Satellit“

Timon Petermann

Elitestudiengang „Satellite Technology“

Universität Würzburg, Juli 2022

Das Internet der Dinge via Satellit mit dem LoRa-Protokoll und seinen Weiterentwicklungen

Timon Petermann hat im Elitestudienprogramm „Satellite Technology“ an der Universität Würzburg studiert. Dort und am Institut für Kommunikation und Navigation des Deutschen Zentrums für Luft und Raumfahrt (DLR) hat er sich im Rahmen seiner Masterarbeit mit dem Internet der Dinge (IoT) beschäftigt. Vor allem befasste er sich mit der Frage, wie das Protokoll LoRa mithilfe von Satelliten effizient global verfügbar gemacht werden kann.

Ein global verfügbares Kommunikationsnetz als bahnbrechender Fortschritt

Das Internet der Dinge ist eines der Hauptanwendungsgebiete künftiger Kommunikationsnetze, ebenso wie der 5. Mobilfunkgeneration (5G). Es verknüpft schon heute etwa 20 Milliarden Sensoren und Aktuatoren, die für intelligent reagierende Umgebungen eine notwendige Voraussetzung sind. In smarten Städten kann dies beispielsweise eine einfache Benachrichtigung sein, dass eine Mülltonne geleert werden muss. Komplexere Vorgänge, wie zum Beispiel das Nachverfolgen einer ganzen Lieferkette, werden ebenfalls unterstützt. Eine zeit- und ortsunabhängige Verbindung zu gewährleisten ist mit einer rein terrestrischen Infrastruktur jedoch unmöglich. Flächen auf den Meeren können kaum abgedeckt werden und auch in dünnbesiedelten oder abgelegenen Orten lohnt sich der Netzausbau nicht. Dringender Bedarf in solchen Regionen umfasst jedoch beispielsweise auch Anwendungen in Logistik und Landwirtschaft. Satelliten sind in der Lage diese Lücke zu schließen, vor allem wenn eine direkte Verbindung vom Endgerät zum Satelliten möglich ist.

In vielen Anwendungen müssen Sensoren ihre Daten über eine große Distanz zu einem zentralen Knoten schicken. Ein bekanntes Beispiel sind Bodensensoren für die Landwirtschaft. Der Sensor misst den Zustand, wie beispielsweise die Feuchtigkeit, sodass im Falle einer Abweichung vom Idealwert schnell die notwendigen Gegenmaßnahmen getroffen werden können, wie entsprechendes Gießen. Bei Netzwerken, wo auch Distanzen im zweistelligen Kilometerbereich mit einer geringen Sendeleistung überwunden werden können, spricht man von Low-Power Wide-Area Netzwerken (LPWAN's), wo das LoRa-Protokoll mit einzuordnen ist.

In seiner Masterarbeit nutzt Timon Petermann einen eigens entwickelten Simulator um LoRa zu untersuchen. Hierbei wird dessen Leistungsfähigkeit in einem realistischen Szenario mit einem Satelliten im niedrigen Erdorbit (LEO) untersucht.

LoRa ist eine relativ neue Technologie für die unterste Kommunikationsschicht, der sogenannten „Physical Layer“. Aufgrund der Fähigkeit mit einer sehr geringen Sendeleistung über bemerkenswert weite Strecken zu kommunizieren gibt es ein großes Interesse aus Industrie und Forschung. Es ist u. a. möglich, dass Sensoren, die bspw. Umweltparameter wie Feuchtigkeit, Luftqualität oder Temperatur messen, mehrere Jahre mittels Batterie betrieben werden können.

LoRa als Technologie für das globale Satelliten-Internet der Dinge?

Eine Schwäche von LoRa ist die geringe Resilienz gegen Paketkollisionen, was die Skalierbarkeit beschränkt und damit auch die Anwendung im IoT Bereich.

Zur Behebung wurden bereits einige Erweiterungen für LoRa entwickelt. Timon Petermann untersuchte diese in seinem Simulator und verglich sie mit LoRa anhand von Kenngrößen wie Paketfehlerraten, spektrale

Effizienz und Paketerkennungsraten. Vor allem der spektralen Effizienz wurde in vorhandenen Arbeiten bisher kaum Beachtung geschenkt. Dabei ist diese von signifikanter Bedeutung, wenn es dazu kommt, die Performance von LoRa mit anderen LPWAN-Technologien wie Sigfox oder NB-IoT zu vergleichen.

Um LoRa über eine weltraumgestützte Infrastruktur zu nutzen gelten zudem andere Rahmenbedingungen wie bei Netzen auf der Erde. Zum Beispiel kann ein Satellit eine viel größere Fläche mit seiner Antenne ausleuchten als ein Sendemast auf dem Boden. Die Arbeit analysiert das Ermöglichen einer höheren Anzahl von (gleichzeitigen) Paketübertragungen bei LoRa und seinen Erweiterungen. Dazu wurde u. a. eine Erweiterung namens „Pyramid“ weiterentwickelt und verbessert, das Verfahren der sukzessiven Interferenzaufhebung (successive interference cancellation - SIC) anwendet und für einen kohärenten Empfänger untersucht.

Mehr zum Elitestudiengang:

🔗 www.elitenetzwerk.bayern.de

🔗 **Elitenetzwerk: Satellite Technology (bayern.de)**

🔗 **DLR - Institut für Kommunikation und Navigation – KN**

🔗 **electronic library - Internet of Things Waveform Analysis of LoRa and its Evolutions (dlr.de)**