

Bitte Platzhalter löschen
und durch eigenes Bild
ersetzen



Titel des Berichts

Hier steht ein Untertitel

Bachelorthesis

Studiengang: Informatik
Autor: Adrian Bärtschi
Betreuer: Prof. Dr. Ing. Reto E. Koenig
Experte: Dr. Federico Flueckiger
Datum: 23.08.2015

Versionen

Version	Datum	Status	Bemerkungen
0.1	23.08.2015	Entwurf	Dokument erstellt

1. Management Summary

- Was ist das Ziel der Thesis
- Kurzbeschrieb des Themas
- Was wurde gemacht, erreicht

Inhaltsverzeichnis

Management Summary	i
1. Management Summary	i
2. Einleitung	1
3. Project Managment	3
3.1. Organisation	3
3.2. Meilensteine	3
3.3. Ressourcen	3
3.4. Ziele	3
3.5. Aufwände	4
3.6. Deliverables / Termine	4
4. Technologie	5
4.1. MQTT	5
4.2. Bestehende Konzepte	5
4.3. Datenbeschreibung	7
4.4. Konzept aus der nicht-IoT Welt	7
5. Konzept	9
5.1. Allgemein	9
5.2. Hierarchie Topics	10
5.3. Payload Format	12
5.4. Device Description	12
6. Umsetzung	13
6.1. Tinkerforge Teil	13
6.2. MQTT Teil	13
6.3. Thing Description	13
7. Schlussfolgerungen/Fazit	15
Selbständigkeitserklärung	17
Acronyms	19
Literaturverzeichnis	21
Abbildungsverzeichnis	23

Tabellenverzeichnis	25
Stichwortverzeichnis	27
A. Beliebiger Anhang	27

2. Einleitung

Bei Systemen im Internet of Things (IoT) Umfeld sind sehr viele und auch unterschiedliche Geräte in einen Netzwerk miteinander verbunden. Für diese IoT - Machine-To-Machine Kommunikation werden andere Netzwerkprotokolle eingesetzt als im 'klassischen' Internet. Dies ist nötig, weil die Geräte stark eingeschränkte Ressourcen haben und die Netzwerke geringe Bandbreiten aufweisen.

MQTT ist ein Protokoll, welches die Anforderungen für IoT Systeme erfüllen soll. Beim Entwurf des Protokolls wurde auf Einfachheit und Leichtgewichtigkeit grossen Wert gelegt. Mit MQTT ist es möglich, beliebige Daten in beliebiger Codierung zu versenden. Dies bietet den Entwicklern der Systeme grosse Freiheiten.

Es ist aber ersichtlich, dass die fehlende Struktur und Beschreibung der Daten gewisse Schwierigkeiten mit sich bringen kann. Eine Anwendung, welche Daten per MQTT erhält, muss wissen wie diese vom Absender codiert wurden und was sie bedeuten.

Beispielsweise wird eine Messung eines Temperatursensors via MQTT versendet werden. Der Sensor liefert den Wert 22° Celsius. Der ganzzahlige Wert 22 wird als binärer Wert 10110 versendet. Der Empfänger erhält nun die MQTT Nachricht 10110. Er hat aber keine Ahnung, was mit diesem Wert anzufangen ist. Wird dieser Wert als Fließkommazahl interpretiert (Float), so wird der Wert in 3.0828 konvertiert. Der Empfänger müsste wissen, dass es sich um einen Integer Wert (hier 32 bit signed) handelt, damit die Daten in das richtige Format gebracht werden können. Ausserdem muss der Empfänger jetzt noch wissen, dass in welcher Einheit (Celsius, Fahrenheit, etc.) die Temperatur übermittelt wird.

Um diese Information vom Anbieter der Daten resp. des Dienstes oder Geräts den Entwicklern einer Anwendung zur Verfügung zu stellen, werden zurzeit Beschreibungen in Dokumentenform verwendet. Diese sogenannte out-of-band Dokumentation ist aber aufwändig in der Nachführung und Bekanntgabe von Änderungen. Auch ist es schwierig die Struktur der Daten einheitlich und klar zu erklären.

Ziel dieser Thesis ist es, dass Geräte welche ihre Daten per MQTT versenden, die Möglichkeit erhalten, sich selbst inklusive ihrer Daten und Möglichkeiten zur Interaktion zu beschreiben. Dies soll so getan werden, dass die Beschreibung für Mensch und Maschine les- und verstehbar ist, die Eigenschaften der eingeschränkten Geräte und Netze berücksichtigt wird und der MQTT Standard weiterhin eingehalten wird.

3. Project Managament

3.1. Organisation

TODO: formatieren

Name	Rolle	Aufgaben
Adrian Bärtschi	Studierender	Selbständiges Projektmanagement während der Thesis. Setzt die Aufgaben gemäss Aufgabenstellung und Vorgaben Betreuer um. Organisiert Kommunikation mit Betreuer und Experte.
Prof. Dr. Ing. Reto E. König Berner Fachhochschule	Betreuer	Hauptansprechperson für Studierenden, verantwortlich für den Ablauf der Thesis. Beurteilung aufgrund von Aufgabenstellung und abgegebenen Artefakten.
Dr. Federico Flueckiger Eidg. Finanzdepartement	Experte	Beurteilung aufgrund der Aufgabenstellung und abgelieferten Artefakten sowie mindestens ein bis zwei Sitzungen mit dem Studierenden.

Tabelle 3.1.: Involvierte Personen und deren Aufgaben

3.2. Meilensteine

Datum	Meilenstein	Bemerkungen
25.09.2015	Initialisierung, Vorgehen geklärt	-
01.10.2015	Ziele definiert	-
15.10.2015	Prototyp erstellt, Konzept der Lösung skizziert	-
30.11.2015	Implementation System abgeschlossen	-
15.12.2015	Implementation Demo Applikation abgeschlossen	-
18.01.2016	Dokumentation inhaltlich abgeschlossen	-
21.01.2016	Dokumentation fertiggestellt	-

Tabelle 3.2.: Meilensteine der Thesis

3.3. Ressourcen

Kosten, etc.

3.4. Ziele

Die zu entwickelnde Lösung soll folgendes beinhalten:

- asdf

3.5. Aufwände

Task	Soll	Ist	Bemerkungen
asdf	2	2	df

Tabelle 3.3.: Planung der Tasks und Auswertung der Aufwände

3.6. Deliverables / Termine

Datum	Thema
	Abgabe Texte/Grafiken/etc. für das Book
	Abgabe Elektronische Version des Posters
21.01.2016	Abgabe Projektdokumentation an Betreuer, Experte, Sekretariat
22.01.2016	Final Day Bern, Präsentation und Ausstellung
	Verteidigung

Tabelle 3.4.: Termine und Fristen

4. Technologie

4.1. MQTT

Aus Proj2 übernehmen

4.2. Bestehende Konzepte

Die verschiedenen Hersteller von MQTT Anwendungen entwickeln jeweils ihre eigenen Ansätze, um die Daten zu strukturieren.

4.2.1. IBM Internet of Things Foundation

IBM hat unter dem Brand 'IBM IoT Foundation' [2] einen Dienst entwickelt, mit dem vernetzte Geräte verwaltet werden können. Als Kommunikationsprotokoll wird MQTT eingesetzt. Die Plattform verwendet folgende konzeptionelle Ideen:

- Organizations: Eindeutige Identifikation der Kunden der Plattform
- Devices: Beliebiges vernetztes Gerät. Versendet Events und reagiert auf Commands.
- Applications: Anwendung, welche mit den Daten der Devices interagiert.
- Events: Daten, welche von den Devices an die Plattform gesendet werden
- Commands: Applications können mittels Commands mit den Devices kommunizieren.

Events

Events müssen an ein definiertes Topic nach folgendem Schema gesendet werden:

`iot-2/evt/<event_id>/fmt/<format_string>`

Beispiel: `iot-2/evt/temperature_outdoor/fmt/json`

Eine Anwendung, welche Events empfangen möchte, muss sich auf ein Topic in der Form

`iot-2/type/<device_type>/id/<device_id>/evt/<event_id>/fmt/<format_string>` registrieren. Die Teile `device_type`, `device_id`, `event_id` und `format_string` des Topics können auch mit dem Wildcard Charakter '+' ersetzt werden, um jeweils alle Events der Komponenten zu erhalten.

Beispiel: `iot-2/type/temp/id/+ /evt/temperature_outdoor/fmt/+`

Commands

Um einen Command zu erzeugen, sendet eine Anwendung eine MQTT Message mit Topic gemäss folgenden Schema: `iot-2/type/<device_type>/id/<device_id>/cmd/<command_id>/fmt/<format_string>`

Beispiel: `iot-2/type/temp/id/sensor1/cmd/setInterval/fmt/json`

Das Device `sensor1` würde damit eine Message auf Topic `iot-2/cmd/setInterval/fmt/json` erhalten.

Payload Format

Grundsätzlich unterstützt IBM IoT Foundation ein beliebiges Payload Format. Es wird jedoch empfohlen, JSON zu verwenden. Um alle Funktionen der Plattform nutzen zu können, müssen die JSON Dokumente zusätzlich nach den Vorgaben [3] von IBM strukturiert sein.

```
{
  "d": {
    "host": "IBM700-R9E683D",
    "mem": 54.9,
    "network": {
      "up": 1.22,
      "down": 0.55
    },
    "cpu": 1.3,
  }
}
```

Listing 1: JSON Beispiel im IBM IoT Foundation Payload Format

4.2.2. Tinkerforge MQTT Proxy

Tinkerforge hat ein modulares System von Sensoren und Aktoren (so genannte Bricklets) entwickelt, die u. A. für Prototyping und in der Ausbildung (auch an der BFH) eingesetzt werden. Um die Module zu steuern, wird klassischerweise das bereitgestellte SDK in der gewünschten Programmiersprache verwendet. Tinkerforge ausserdem eine Anwendung entwickelt und die Bausteine per MQTT ansprechen zu können [1].

Topics

Die Tinkerforge Devices senden ihre Daten an ein MQTT Topic nach Schema

`tinkerforge/<prefix>/<uid>/<suffix>`.

Ein Temperatur Bricklet mit Unique Identifier (UID) `xf2` würde also den gemessenen Wert an das Topic `tinkerforge/bricklet/temperature/xf2/temperature` senden.

Die Bricklets reagieren auf Messages die an ein passendes Topic mit Suffix `/set` gesendet werden. Sollen beispielsweise die LEDs des Dualbutton Bricklets mit UID `mxg` eingeschaltet werden, muss eine Message an das Topic `tinkerforge/bricklet/dual_button/mxg/led_state/set` gesendet werden mit folgendem Payload:

```
{
  "led_l": 2,
  "led_r": 2
}
```

Listing 2: JSON Beispiel Tinkerforge Format

Payload Format

Die Tinkerforge MQTT Komponente verwendet JSON als Datenformat für die Messages. Jede Message, die von einem Bricklet gesendet wird, enthält unter dem Key `_timestamp` den Zeitpunkt der Erzeugung als UNIX Timestamp.

```
{
  "_timestamp": 1440083842.785104,
  "temperature": 2343
}
```

Listing 3: JSON Beispiel Tinkerforge Format

Die Beschreibung, unter welchen Topics Daten publiziert werden und wie die Bricklets angesprochen werden können, ist in der Dokumentation von Tinkerforge [1] beschrieben.

4.3. Datenbeschreibung

4.3.1. JSON Schema

4.3.2. Protocol Buffer

4.3.3. DFDL

Aus Proj2 übernehmen

4.3.4. Vergleich

4.4. Konzept aus der nicht-IoT Welt

SOAP-WSDL, REST, etc. HATEOAS

5. Konzept

5.1. Allgemein

Gateway

Die einzelnen Sensoren eines Internet of Things (IoT) Systems sind an einen Gateway angeschlossen. Dies kann fix per Kabel oder über eine Drahtlosschnittstelle wie z. Bsp. Bluetooth umgesetzt sein. Typischerweise werden Kleincomputer (Single Board Computer) wie ein Raspberry Pi oder Intel Galileo eingesetzt. Diese Geräte zeichnen sich aus durch sehr kompakte Bauform (Kreditkartenformat) und bieten trotzdem genügend Ressourcen um darauf Hardwareunabhängige Anwendungen (z. Bsp. Java, Python, Javascript) laufen zu lassen. Ein Gateway führt die Daten der einzelnen Sensoren zusammen führt einheitliche Formate der Daten ein. Ausserdem übernimmt er die Kommunikation mit der Aussenwelt, indem er eine Verbindung zum zentralen Broker herstellt.

Broker

Der Broker ist bei MQTT Anwendungen von zentraler Bedeutung, da alle Daten via Broker zwischen den Teilnehmern ausgetauscht werden. Pro System gibt es typischerweise einen Broker. Dieser muss für alle Teilnehmer (Gateways und Applikationen) einfach zu erreichen sein und muss eine hohe Verfügbarkeit aufweisen.

Application

Es können grundsätzlich beliebige Applikationen auf allen gängigen Plattformen und Technologien mit den System kommunizieren. Die einzige Grundbedingung ist, dass die Applikation MQTT fähig ist, was sich durch das Einbinden der entsprechenden Libraries einfach realisieren lässt.

Bei der Beschreibung eines einzelnen Devices werden folgende drei Bereiche unterschieden:

State

Die Menge aller Eigenschaften des Devices und deren Werte wird als State bezeichnet. Beispielsweise Name, Firmwareversion, etc. Der State eines Devices ist beständig, d.h. solange keine Interaktion geschieht, verändert sich der State nicht.

Events

Tritt auf dem Device ein Ereignis ein, wird dadurch ein Event erzeugt. Ein Event wird grundsätzlich vom Device selbst ausgelöst. Beispielsweise erzeugt ein Temperatursensor alle 5 Sekunden ein Event welches den Messwert enthält. Applikationen registrieren sich, um bestimmte Events von den Devices zu erhalten.

Commands

Eine Anwendung interagiert mit einem Device, indem Commands an eines oder mehrere Devices gesendet werden. Die Devices empfangen die Commands und reagieren entsprechend. Ein Command ist bestimmt durch einen Namen und Parameter mit dazugehörigen Werten. Beispielsweise kann bei einem Temperatursensor über einen Command

SetInterval: 10s der Abstand der Messungen eingestellt werden. Ein Device muss bekanntgeben, auf welche Commands mit welchen Paramtern es reagiert.

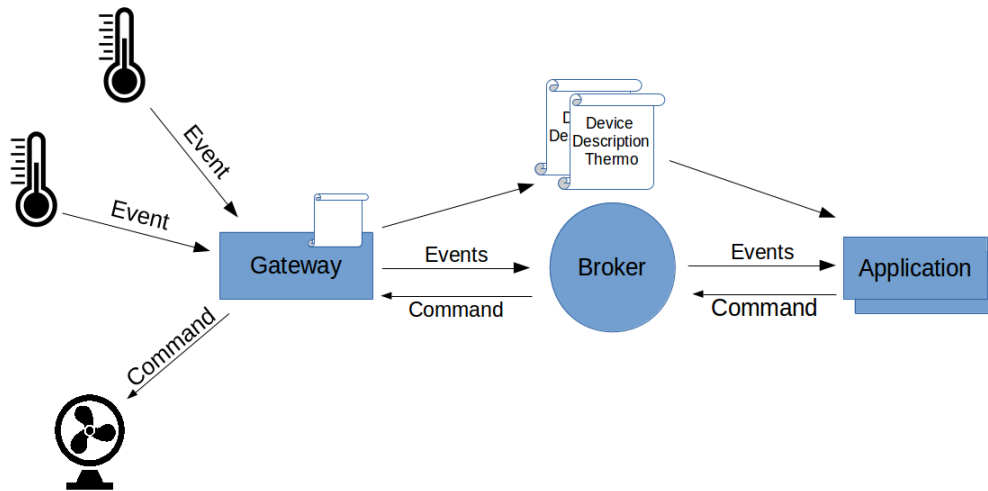


Abbildung 5.1.: Übersicht der

5.2. Hierarchie Topics

Die Topic Hierarchie wird nach folgenden Muster aufgebaut:

Level	Beschreibung	Beispiel
0	Identifikation Anwendung Eindeutige identifikation der Anwendung.	ch.bfh.barta3.myApp
1	Master Host Gruppierung der Devices auf Stufe 1	-
2	Host Gruppierung der Devices auf Stufe 2	-
3	Device Typ Bezeichnung, um was für einen Typ von Sensor oder Aktor es sich handelt.	Temperatursensor
4	Device ID Da mehrere Devices vom selben Typ im Einsatz sein können, wird auf dieser Stufe mit einer eindeutigen ID der konkrete Sensor resp. Aktor angegeben.	mxg
4	Device Description d	-
5	Kategorisierung Devicedaten Die Eigenschaften und Daten werden in die nachfolgenden drei Teile auf- gegliedert.	Events, State, Commands
6	Events	Temperatur
6	State	Interval
6	Commands	setInterval

Tabelle 5.1.: Topic Hierarchie

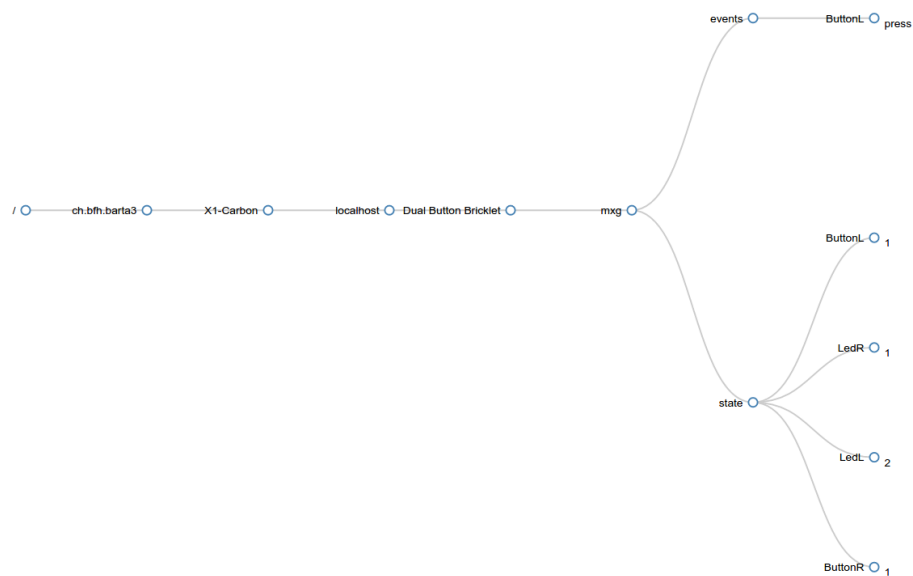


Abbildung 5.2.: Visualisierung MQTT Topics Tinkerforge IR Temperatur Sensor

TODO: better diagram

5.3. Payload Format

5.3.1. JSON

5.4. Device Description

Die Beschreibung eines Device enthält die drei Elemente State, Events und Commands.

State

Die State Informationen des Devices werden als Key-Value Paare abgebildet. Der Name der Keys muss eindeutig sein.

Events

Ein Device muss beschreiben, welche Events es versendet und was darin enthalten ist. Ein Event ist folgendermassen aufgebaut: Name, Liste von Attributen als Key-Value Paare.

Commands

6. Umsetzung

6.1. Tinkerforge Teil

Enumeration

6.2. MQTT Teil

Topic Tree

6.3. Thing Description

7. Schlussfolgerungen/Fazit

Selbständigkeitserklärung

Ich bestätige, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe. Sämtliche Textstellen, die nicht von mir stammen, sind als Zitate gekennzeichnet und mit dem genauen Hinweis auf ihre Herkunft versehen.

Ort, Datum: Bern, 23.08.2015

Namen Vornamen: Bärtschi Adrian

Unterschriften:

Acronyms

IoT Internet of Things. 1, 9

MQTT Masdf. 9

UID Unique Identifier. 6

Literaturverzeichnis

- [1] Brick MQTT Proxy – Tinkerforge. Accessed: 2015-11-02. [Online]. Available: http://www.tinkerforge.com/en/doc/Software/Brick_MQTT_Proxy.html
- [2] IBM Internet of Things Foundation. Accessed: 2015-11-02. [Online]. Available: <https://internetofthings.ibmcloud.com>
- [3] Message Payload — IBM IOT Foundation 1.0 documentation. Accessed: 2015-11-02. [Online]. Available: <https://docs.internetofthings.ibmcloud.com/messaging/payload.html>

Abbildungsverzeichnis

5.1. Übersicht der	10
5.2. Visualisierung MQTT Topics Tinkerforge IR Temperatur Sensor	11

Tabellenverzeichnis

3.1. Involvierte Personen und deren Aufgaben	3
3.2. Meilensteine der Thesis	3
3.3. Planung der Tasks und Auswertung der Aufwände	4
3.4. Termine und Fristen	4
5.1. Topic Hierarchie	11

A. Beliebiger Anhang

Phasellus eget velit massa, sed faucibus nisi. Etiam tincidunt libero viverra lorem bibendum ut rutrum nisi volutpat. Donec non quam vitae lacus egestas suscipit at eu nisi. Maecenas non orci risus, at egestas tellus. Vivamus quis est pretium mauris fermentum consectetur. Cras non dolor vitae nulla molestie facilisis. Aliquam euismod nisl eget risus pretium non suscipit nulla feugiat. Nam in tortor sapien. Nam lectus nibh, laoreet eu ultrices nec, consequat nec sem. Nulla leo turpis, suscipit in vulputate a, dapibus molestie quam. Vestibulum pretium, purus sed suscipit tempus, turpis purus fermentum diam, id cursus enim mi a tortor. Proin imperdiet varius pellentesque. Nam congue, enim sit amet iaculis venenatis, dui neque ornare purus, laoreet porttitor nunc justo vel velit. Suspendisse potenti. Nulla facilisi.