

LoRa vs MQTT

BIOMETRISCH TOEGANGSSYSTEEM
PIOTR TADRALA | INFORDB

O-PP-CMK

INHOUDSOPGAVE

1.0 Inleiding.....	2
2.0 Omschrijving van de protocollen	2
2.1 LoRa.....	2
2.2 MQTT	3
3.0 Criteria.....	3
3.1 Bereik	4
3.1.1 Vergelijkingstabel.....	5
3.1.2 Conclusie.....	5
3.2 Energieverbruik.....	5
3.2.1 Formule	5
3.2.2 Charts.....	5
3.3.5 Conclusie.....	8
3.4 Latency	9
3.4.1 One Way Latency Chart.....	10
3.4.2 Round Trip Latency Chart	10
3.4.3 Conclusie.....	11
3.5 Betrouwbaarheid	11
3.6 Kosten	11
3.7 Security.....	12
4.0 Conclusie.....	12
5.0 Bronnen.....	12

1.0 INLEIDING

Tijdens het onderzoek naar geschikte communicatieprotocollen voor de on-premise architectuur zijn twee potentiële opties naar voren gekomen: MQTT en LoRa. Om te bepalen welk van deze twee protocollen het meest geschikt is voor het systeem, zullen er enkele tests en verdiepende onderzoeken worden uitgevoerd. Dit document richt zich voornamelijk op de verschillen tussen MQTT en LoRa, met als doel tot een onderbouwde conclusie te komen over welk protocol het best toegepast kan worden binnen het toegangssysteem.

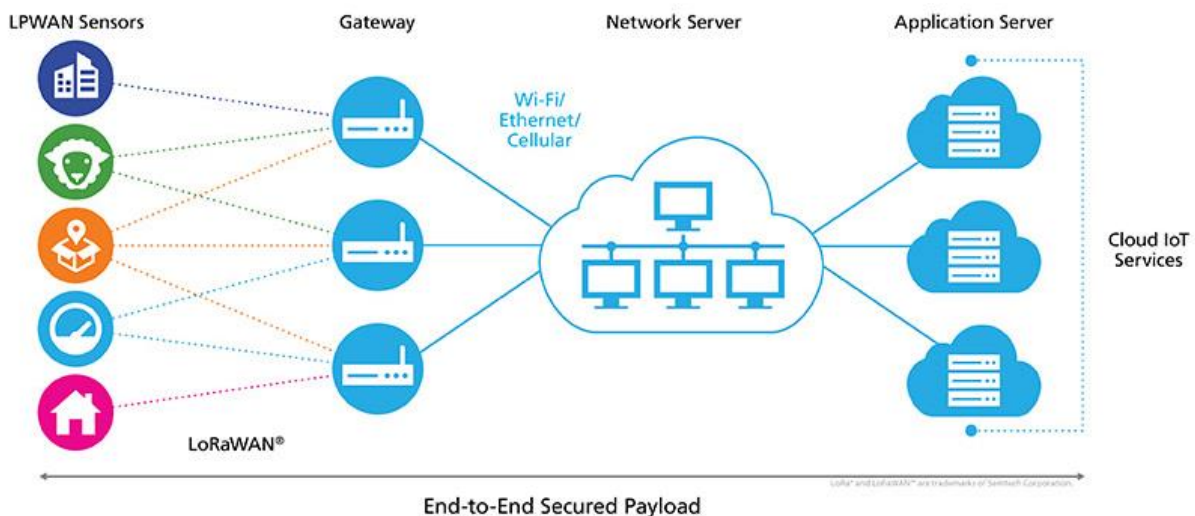
2.0 OMSCHRIJVING VAN DE PROTOCOLLEN

2.1 LORA

LoRa WAN staat voor Long Range Wide Area Network. Het netwerk bestaat uit nodes (sensoren of apparaten) die via LoRa-verbindingen communiceren met gateways. Een kenmerkende eigenschap van LoRa is het grote bereik, onder ideale omstandigheden kan het netwerk zelfs 15km bereiken met een enkele zender.

LoRa-nodes hebben geen directe internetverbinding nodig. In plaats daarvan communiceren ze met LoRa-gateways via radiogolven op lage frequenties, zoals 868 MHz in Europa en 915 MHz in de VS.

Een van de grootste voordelen van LoRa is de kosten-efficiëntie. Dankzij de lage complexiteit van de modules zijn LoRa-apparaten relatief goedkoop en kunnen ze, door hun zeer lage energieverbruik, enkele jaren functioneren op slechts een paar batterijen

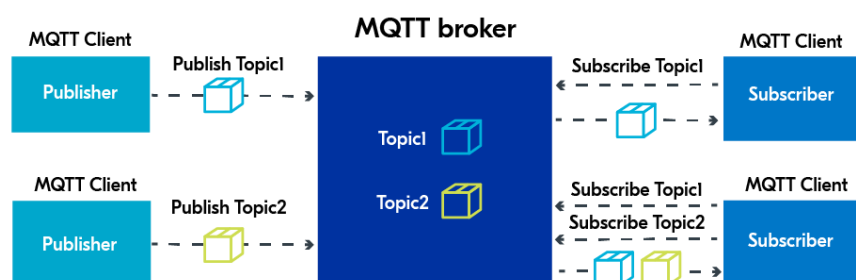


2.2 MQTT

MQTT is een publish/subscribe-protocol dat werkt op basis van berichten. Het gebruikt het TCP-protocol voor betrouwbare communicatie tussen de broker en de aangesloten clients (publishers en subscribers).

De MQTT-broker funktioneert als de centrale server die verantwoordelijk is voor het ontvangen, filteren en doorsturen van berichten naar de juiste clients. De publishers verzenden berichten naar specifieke topics op de broker, terwijl de subscribers zich subscriben op deze topics om de berichten te ontvangen.

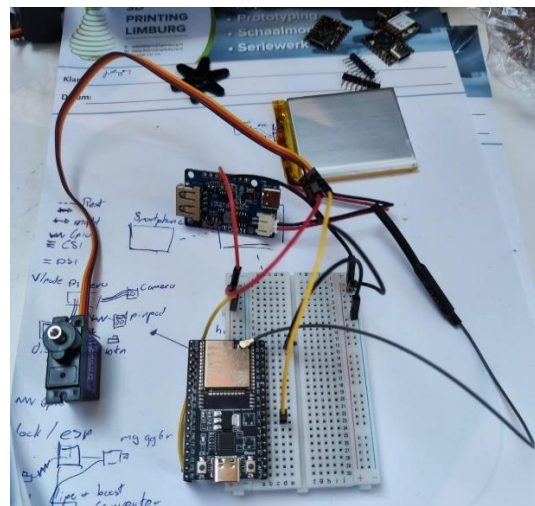
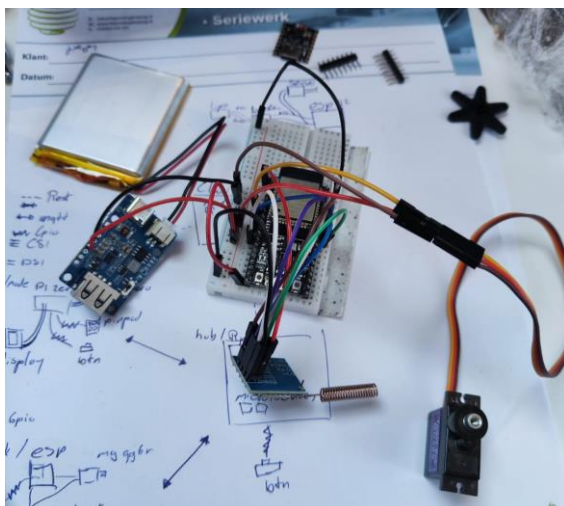
De grootste voordelen van MQTT zijn lightweight en reliability. Het protocol heeft minder overhead dan bijvoorbeeld REST, en dankzij drie verschillende Quality of Service (QoS) niveaus kan het voldoen aan verschillende eisen voor berichtaflevering.



3.0 CRITERIA

Om te bepalen welk van de twee communicatieprotocollen het meest geschikt is, is het belangrijk om eerst de beoordelingscriteria in kaart te brengen. In dit hoofdstuk worden deze criteria één voor één besproken, en wordt aan de hand van prototypes en literatuuronderzoek een conclusie getrokken over welk communicatieprotocol het meest geschikt is.

Voor dit onderzoek zijn er twee prototypes gebouwd met een ESP32, die op basis van een commando vanuit de hub een servo aansturen via MQTT of LoRa. Dit vormt een minimalistische representatie van hoe het uiteindelijke slotmechanisme eruit zal zien. Gebruikte componenten: ESP32, Lipo 3.7v, Lipo booster 3.7v => 5v, MG90s Servo, SX1278 LoRa Module.



- LoRa Source Code: [Piotr-InforDB / Biometrisch-Toegangssysteem-Lock-LoRa](#)
- MQTT Source Code: [Piotr-InforDB / Biometrisch-Toegangssysteem-Lock-MQTT](#)

3.1 BEREIK

Het slotmechanisme kan zich mogelijk op grote afstand bevinden van de centrale hub die onder andere het openingscommando verstuurt. Het is daarom van belang dat de hub het slot betrouwbaar kan bereiken.

Om het bereik van LoRa en MQTT te meten, zijn twee identieke tests uitgevoerd waarbij telkens een signaal vanuit de hub naar het slotmechanisme wordt verstuurd. Tijdens deze tests is de signaalsterkte gemeten onder verschillende omstandigheden, waaronder willekeurige obstakels in het gebouw (zoals tafels, deuren en beeldschermen), de buitenmuur van het gebouw, en op toenemende afstand.

Voor het meten van het bereik wordt gebruikgemaakt van de RSSI-waardes van zowel LoRa als MQTT. RSSI staat voor Received Signal Strength Indicator en wordt gebruikt om de draadloze signaalsterkte tussen een sender en receiver te meten, gemeten in decibel-milliwatt (dBm). Apparaten functioneren over het algemeen het beste bij een RSSI ≥ -85 dBm. Bij lagere waardes neemt de kans toe dat data corrupted raakt.

RSSI	Signal Strength	Description
≥ -70 dBm	Excellent	Strong signal with maximum speeds
-70 dBm to -85 dBm	Good	Strong signal with good speeds
-86 dBm to -100 dBm	Fair	Fair Data speeds with intermittent data drop-outs possible.
< -100 dBm	Poor	Performance issues expected
-110 dBm	No Signal	Disconnected

De RSSI-waardes voor de test worden op vooraf gedefinieerde locaties en afstand intervals gemeten en vervolgens met elkaar vergeleken. De resultaten kunnen echter niet precies 1:1 met elkaar worden vergeleken, vanwege verschillen in variabelen zoals de spreading factor, zendvermogen (TxPower) en signaalbandbreedte bij LoRa, en de frequentieband, kanaalbreedte en verbindingstype van de Wi-Fi-router. En het optimaliseren van het bereik variabelen, zal invloed hebben op andere eigenschappen, zoals latency, of energieverbruik.

3.1.1 VERGELIJKINGSTABEL

Obstakels & Afstand	LoRa	MQTT (WiFi)
<i>(Referentie) 5cm</i>	-16 dBm	-25 dBm
<i>Beeldscherm + 1.5m</i>	-49 dBm	-41 dBm
<i>Meerdere Beeldschermen + 10m</i>	-53 dBm	-44 dBm
<i>Glazen Deur & Beeldschermen + 15m</i>	-63 dBm	-58 dBm
<i>Betonnen Verdipingsvloer + 2m</i>	-77 dBm	-61 dBm
<i>Betonnen Muur + 40m</i>	-93 dBm	-85 dBm
<i>Betonnen Muur + 80m</i>	-95 dBm	N.V.T.
<i>Betonnen Muur + 120m</i>	-89 dBm	N.V.T.
<i>Betonnen Muur + 160m</i>	-92 dBm	N.V.T.
<i>Betonnen Muur + 200m</i>	-91 dBm	N.V.T.
<i>Betonnen Muur + 240m</i>	-93 dBm	N.V.T.
<i>Betonnen Muur + 280m</i>	-96dBm	N.V.T.
<i>Betonnen Muur + 300m</i>	N.V.T.	N.V.T.

3.1.2 CONCLUSIE

3.2 ENERGIEVERBRUIK

Om het systeem gebruiksvriendelijk te houden, wil je natuurlijk voorkomen dat het slotmechanisme elke twee dagen opgeladen moet worden. Om dit te testen, heb ik beide prototypes elke seconde een request laten sturen via het bijbehorende protocol.

Op de ESP is een 2500 mAh 3.7 V LiPo-batterij aangesloten, die via een 5 V booster de microcontroller van stroom voorziet. De raw output van de LiPo is ook verbonden met een 3.3V 12-bit ADC GPIO van de microcontroller, via een voltage divider. Daarmee kan de ADC meting uitgelezen worden als een waarde tussen 0 en 4095.

3.2.1 FORMULE

Met behulp van de volgende formule wordt de ADC input omgerekend naar de batterij percentage:

$$\text{Percentage} = (((\text{ADC_VALUE} / \text{ADC_MAX}) * \text{V_REF} * \text{V_SPLIT}) - \text{LIPO_MIN_V}) / (\text{LIPO_MAX_V} - \text{LIPO_MIN_V}) * 100$$

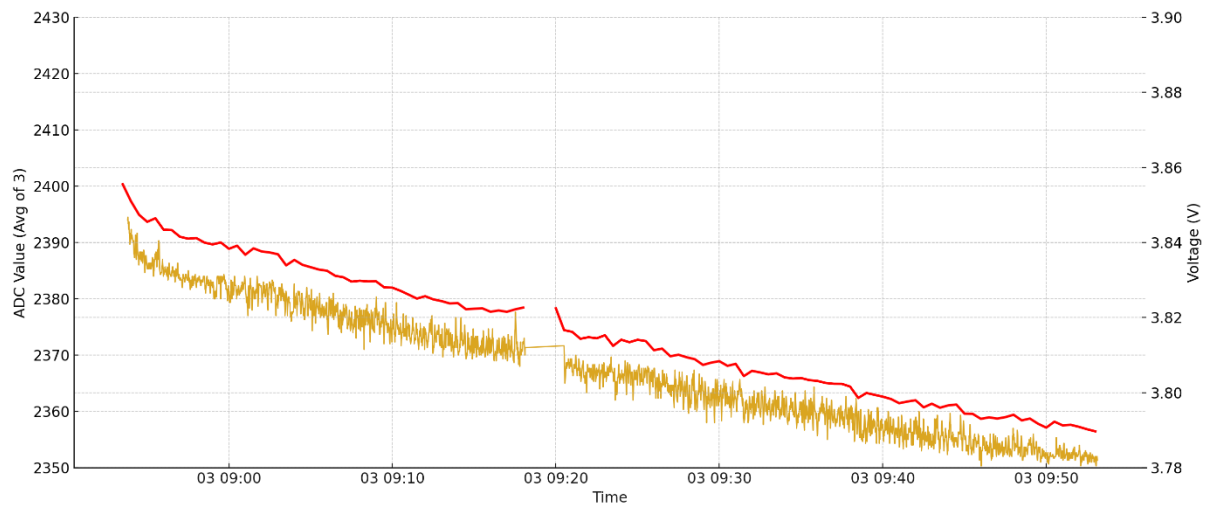
- **ADC_VALUE:** de gemeten ADC waarde
- **ADC_MAX:** maximale waarde van de ADC: 4095 bij 12bit
- **V_REF:** referentiespanning van de ADC, 3.3v
- **V_SPLIT:** voltage division, 1:2
- **LIPO_MIN_V:** minimale spanning van de LiPo: 3.7v
- **LIPO_MAX_V:** maximale spanning van de LiPo: 3.9v

3.2.2 CHARTS

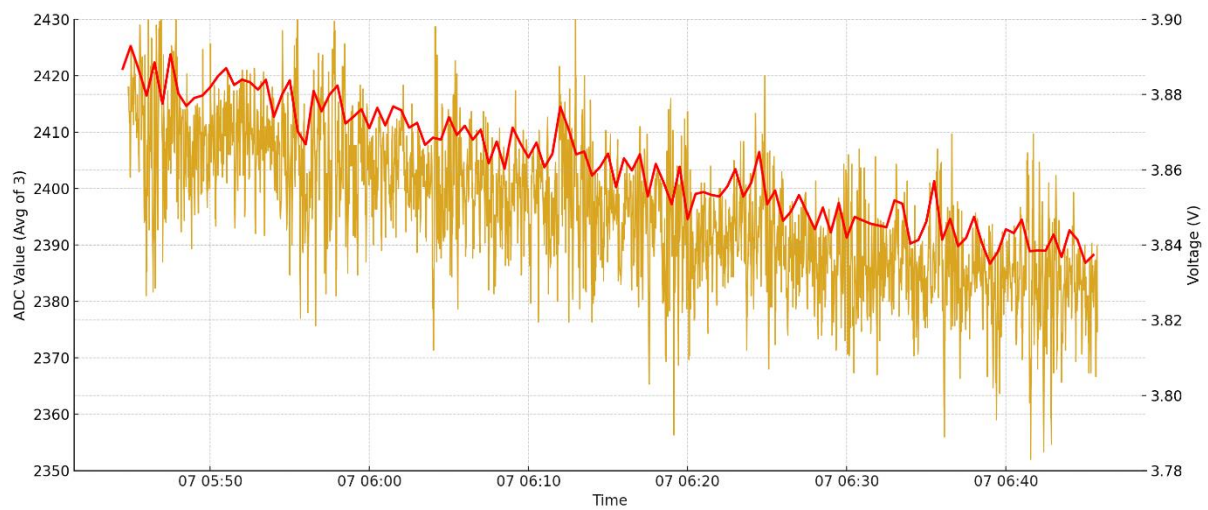
- **ADC Value**

- Voltage

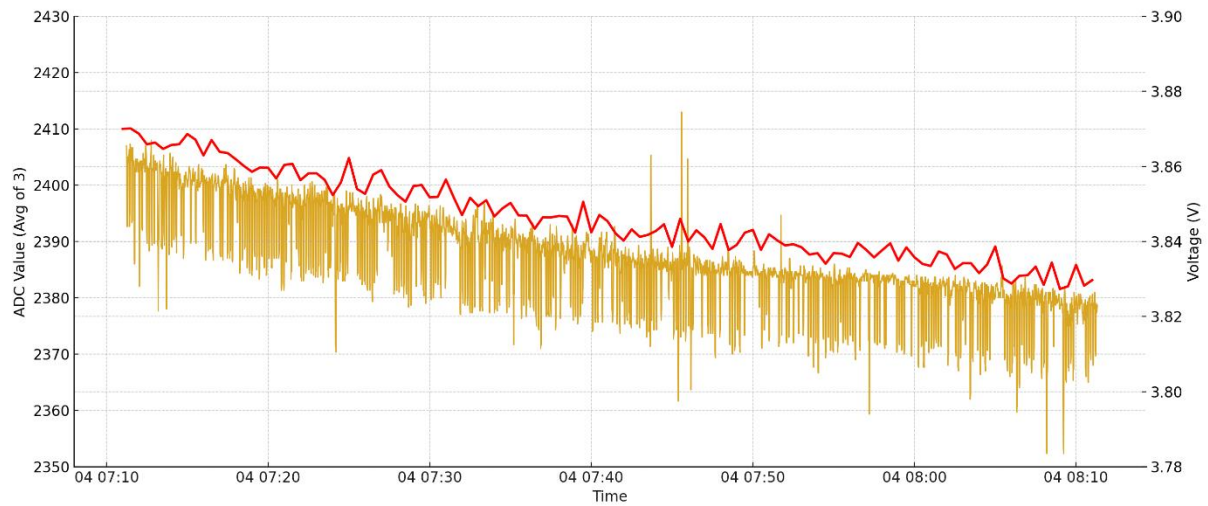
LORA, TX ONLY, 2S INTERVAL, 0.068V DROP, 9.7% BATTERY DROP



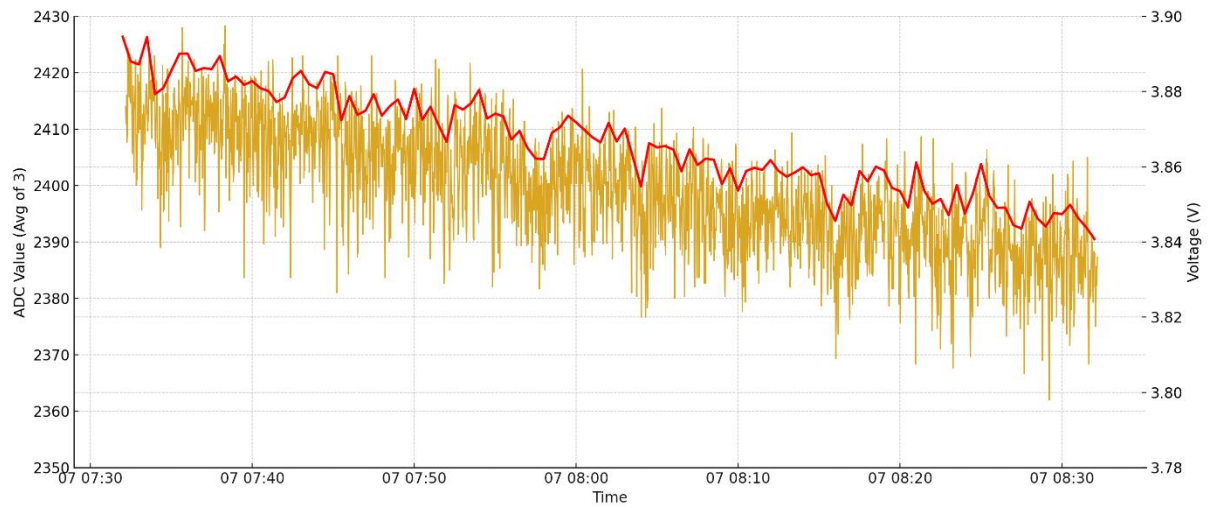
LORA, RX ONLY, 2S INTERVAL, 0.054 DROP, 7.7% BATTERY DROP



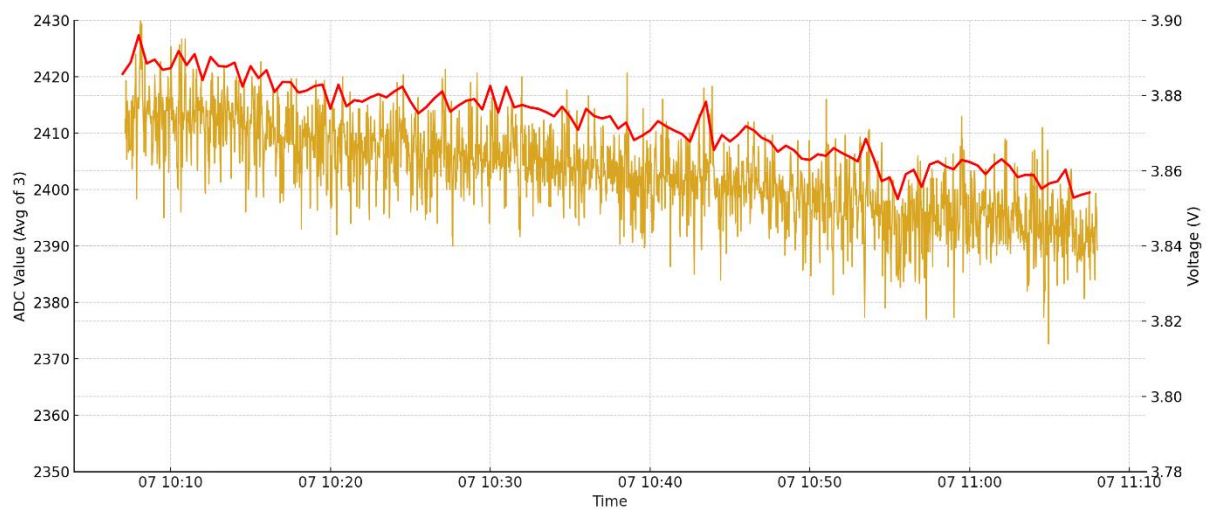
MQTT, TX ONLY, 2S INTERVAL, 0.038V DROP, 5.4% BATTERY DROP



MQTT, RX ONLY, 2S INTERVAL, 0.043V DROP, 6.1% BATTERY DROP



BASELINE REFERENCE, IDLE, 0.031V DROP, 4.4% BATTERY DROP



BATTERY VOLTAGE LOSS PER TEST (MINDER IS BETER)



3.3.5 CONCLUSIE

De algemene consensus is dat LoRa een zeer energiezuinig communicatieprotocol is. Verrassend genoeg bleek uit de test dat MQTT toch efficiënter was dan LoRa. De microcontroller die de requests via MQTT verwerkte, bleek minder snel leeg te raken. Uit verder onderzoek bleek dat een vergelijkbare test al was uitgevoerd door Laura G., Jose J., Jaime L. en Pascal L., genaamd "WiFi and LoRa Energy Consumption Comparison in IoT ESP32/SX1278 Devices". De resultaten van hun vergelijking kwamen vrijwel overeen, MQTT bleek energiezuiniger te zijn dan LoRa.

- Laura García, Jose M. Jimenez, Jaime Lloret, Pascal Lorenz, (2023) [WiFi and LoRa Energy Consumption Comparison in IoT ESP 32/ SX1278 Devices](#)

3.4 LATENCY

Latency is de vertraging in de dataoverdracht over een communicatienetwerk. Bij alle communicatieprotocollen is er sprake van latency bij het versturen van data. Latency wordt gemeten in milliseconden (ms) en geeft het tijdsverschil aan tussen het versturen van data door de sender en het ontvangen ervan door de receiver.

In de context van het toegangssysteem is latency minder cruciaal dan bijvoorbeeld energieverbruik of bereik. Een gebruiker zal namelijk geen verschil merken of een deur binnen 50 ms of 150 ms opent. Wanneer de latency echter richting de secondes gaat, wordt het wel een probleem.

Voor het testen van de latency van LoRa en MQTT worden twee scenario's uitgevoerd.

- **One Way Latency:** In het eerste scenario wordt data verstuurd vanuit de hub naar het slotmechanisme, waarbij het slotmechanisme het tijdstip logt waarop het bericht werd ontvangen.
- **Round Trip Latency:** In de tweede scenario wordt de tijd gemeten tussen het versturen van een request door de hub en het ontvangen van een response van het slotmechanisme.

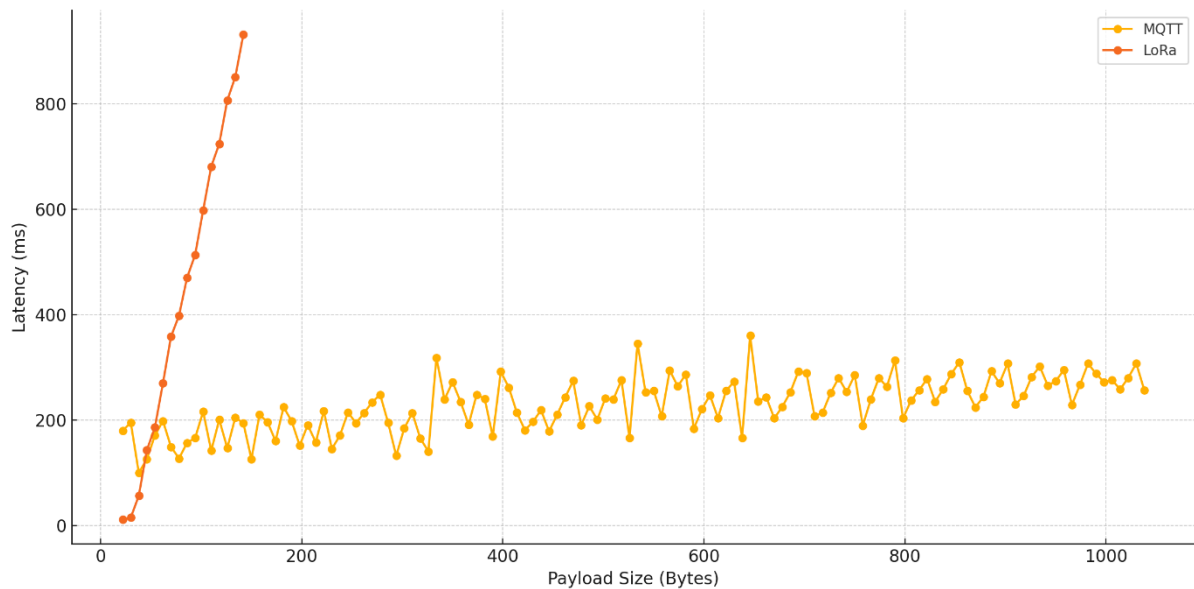
Het meten van een one-way request is vrij lastig, omdat beide kanten perfect met elkaar gesynchroniseerd moeten zijn. Het synchroniseren van de microcontroller brengt extra latency met zich mee, wat de daadwerkelijke metingen beïnvloedt. Hierdoor is het onmogelijk om een volledig nauwkeurige latencymeting te verkrijgen.

In mijn test scenario worden er requests verstuurd vanuit de hub naar de microcontroller, en wordt de meting vervolgens uitgelezen via de serial ports. De gemeten latency bevat dus ook de vertraging van de serial ports communication.

Om de resultaten te normaliseren, worden er steeds 3 requests met dezelfde payload size verstuurd, waarna het gemiddelde wordt berekend. Zowel bij MQTT als bij LoRa is de extra latency van de serial ports gelijk, waardoor de resultaten alsnog met elkaar vergeleken kunnen worden. De payload size begint bij 24 bytes, waarvan 13 bytes worden gebruikt voor de timestamp en 1 byte voor het scheidingsteken. Daarna wordt er padding toegevoegd, die per iteratie met 8 bytes toeneemt.

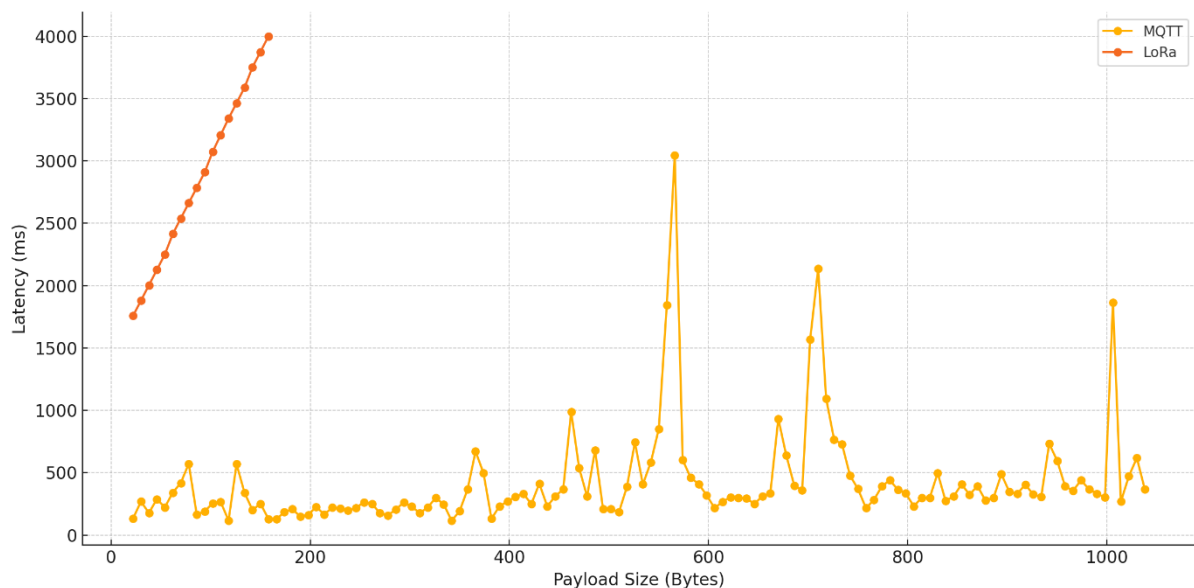
3.4.1 ONE WAY LATENCY CHART

De latency van MQTT is vrij stabiel en neemt per iteratie met slechts enkele milliseconden toe. LoRa daarentegen liet een lage latency van slechts 10 ms zien bij de kleinste payload, maar toonde een lineaire toename en kon bij een payload size van 156 bytes geen requests meer verwerken.



3.4.2 ROUND TRIP LATENCY CHART

Bij roundtrips ontstaat er een groot probleem bij lora, de modules moeten worden omgeschakeld van tx naar rx mode. Deze omschakeling duurt enkele honderden milliseconden. Om ervoor te zorgen dat een roundtrip betrouwbaar verloopt, moet de microcontroller het request delayen, zodat de hub voldoende tijd heeft om van TX- naar RX-mode te schakelen. Dit introduceert een hardcoded delay van één seconde bij LoRa.



3.4.3 CONCLUSIE

Uit de gemeten latencies blijkt duidelijk dat MQTT veel efficiënter is op het gebied van latency. Daarnaast biedt het protocol meer flexibiliteit dankzij de ondersteuning van grotere payloads, wat het geschikter maakt voor toepassingen waarbij zowel snelheid als datavolume van belang zijn.

3.5 BETROUWBAARHEID

Betrouwbaarheid is een cruciaal aspect binnen het toegangssysteem. Wanneer een request niet correct aankomt, kan dit leiden tot het niet openen van een deur, wat direct invloed heeft op de gebruikerservaring.

MQTT is betrouwbaarder omdat het gebruikmaakt van het TCP-protocol. TCP zorgt ervoor dat berichten correct worden afgeleverd, eventueel opnieuw worden verzonden bij fouten, en in de juiste volgorde aankomen. Bovendien ondersteunt MQTT verschillende Quality of Service (QoS) niveaus die bepalen hoe berichten worden afgeleverd:

- **QoS 0:** Het bericht wordt één keer verstuurd, zonder bevestiging (snel, maar minder betrouwbaar).
- **QoS 1:** Het bericht wordt herhaald totdat de ontvanger een bevestiging stuurt (betrouwbaarder).
- **QoS 2:** – Het bericht wordt gegarandeerd exact één keer afgeleverd (meest betrouwbaar, maar langzamer).

LoRa gebruikt een simpeler systeem zonder gegarandeerde aflevering. Acknowledgements zijn optioneel, en bij rounds trips moeten transceivers handmatig worden omgeschakeld van tx- naar rx-mode. Dit maakt LoRa kwetsbaarder voor packet loss, vooral bij langere afstanden en grotere payloads.

- HiveMQ Team, (2024) [What is MQTT Quality of Service \(QoS\) 0, 1 & 2](#)

3.6 KOSTEN

Wanneer het de bedoeling is om uiteindelijk een commercieel product van het systeem te maken, is het belangrijk om rekening te houden met de kosten van de benodigde componenten.

In eerste instantie lijkt LoRa goedkoper. Als je het systeem volledig vanaf scratch wilt opzetten, is LoRa een optimale keuze. Er is namelijk geen bestaande netwerk infrastructuur nodig, en een SX1278 LoRa-transceiver is al verkrijgbaar voor minder dan €5. Hiermee kun je een eigen draadloos netwerk bouwen zonder extra maandelijkse kosten.

Het systeem is echter bedoeld voor het openen van deuren in of rondom gebouwen, waar we vanuit kunnen gaan dat al een stabiel Wi-Fi-netwerk aanwezig is. In dat geval is MQTT, dat via Wi-Fi werkt, in de praktijk goedkoper en eenvoudiger toe te passen. Veel microcontrollers hebben standaard al Wi-Fi functionaliteiten, en als je een externe antenne nodig hebt, kost een 2.4 GHz antenne minder dan €1.

3.7 SECURITY

Security speelt een cruciale rol bij communicatieprotocollen, zeker bij toepassingen zoals een toegangssysteem. Daarom is het belangrijk om te onderzoeken welke beveiligingsmaatregelen beide protocollen bieden.

LoRa heeft geen ingebouwde beveiligingsmaatregelen. Standaard wordt er geen encryptie of authenticatie toegepast, wat betekent dat messages in principe als plain tekst via radiogolven worden verzonden. Hierdoor is het eenvoudig berichten te onderscheppen/mocken met een transceiver. Encryptie moet hierdoor handmatig op applicatieniveau worden geïmplementeerd, wat extra complexiteit en potentiële points of failure met zich meebrengt.

MQTT daarentegen maakt gebruik van het TCP-protocol, dat standaard al betrouwbaarder is dan het eenvoudige radiocommunicatie van LoRa. Daarnaast biedt MQTT de mogelijkheid om authenticatie toe te passen tussen de broker en de clients. Dit maakt het protocol veiliger, een aanvaller zou eerst toegang moeten krijgen tot het lokale netwerk en vervolgens ook de MQTT-authenticatie moeten omzeilen.

In de context van beveiliging is MQTT daarmee een geschiktere keuze voor een toegangssysteem.

- HiveMQ Team, (2024) [MQTT Security Fundamentals](#)
- Onbekend, (2021) [Security and data encryption](#)

4.0 CONCLUSIE

Hoewel LoRa een groter bereik biedt, is gekozen voor MQTT vanwege de veel lagere latency, wat cruciaal is voor een soepele gebruikerservaring bij toegangscontrole. Daarnaast scoort MQTT beter op betrouwbaarheid, energieverbruik, beveiliging en integratie binnen bestaande netwerken, wat het de meest geschikte keuze maakt voor dit systeem.

5.0 BRONNEN

- Laura García, Jose M. Jimenez, Jaime Lloret, Pascal Lorenz, (2023) [WiFi and LoRa Energy Consumption Comparison in IoT ESP 32/ SX1278 Devices](#)
- HiveMQ Team, (2024) [What is MQTT Quality of Service \(QoS\) 0, 1 & 2](#)
- HiveMQ Team, (2024) [MQTT Security Fundamentals](#)
- Onbekend, (2021) [Security and data encryption](#)