



SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

BSM 313

NESNELERİN İNTERNETİ VE UYGULAMALARI

(Internet of Things (IoT) and Applications)

NESNELERİN İNTERNETİ UYGULAMA/HABERLEŞME PROTOKOLLERİ
CoAP, MQTT, AMQP, DDS

Prof. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ

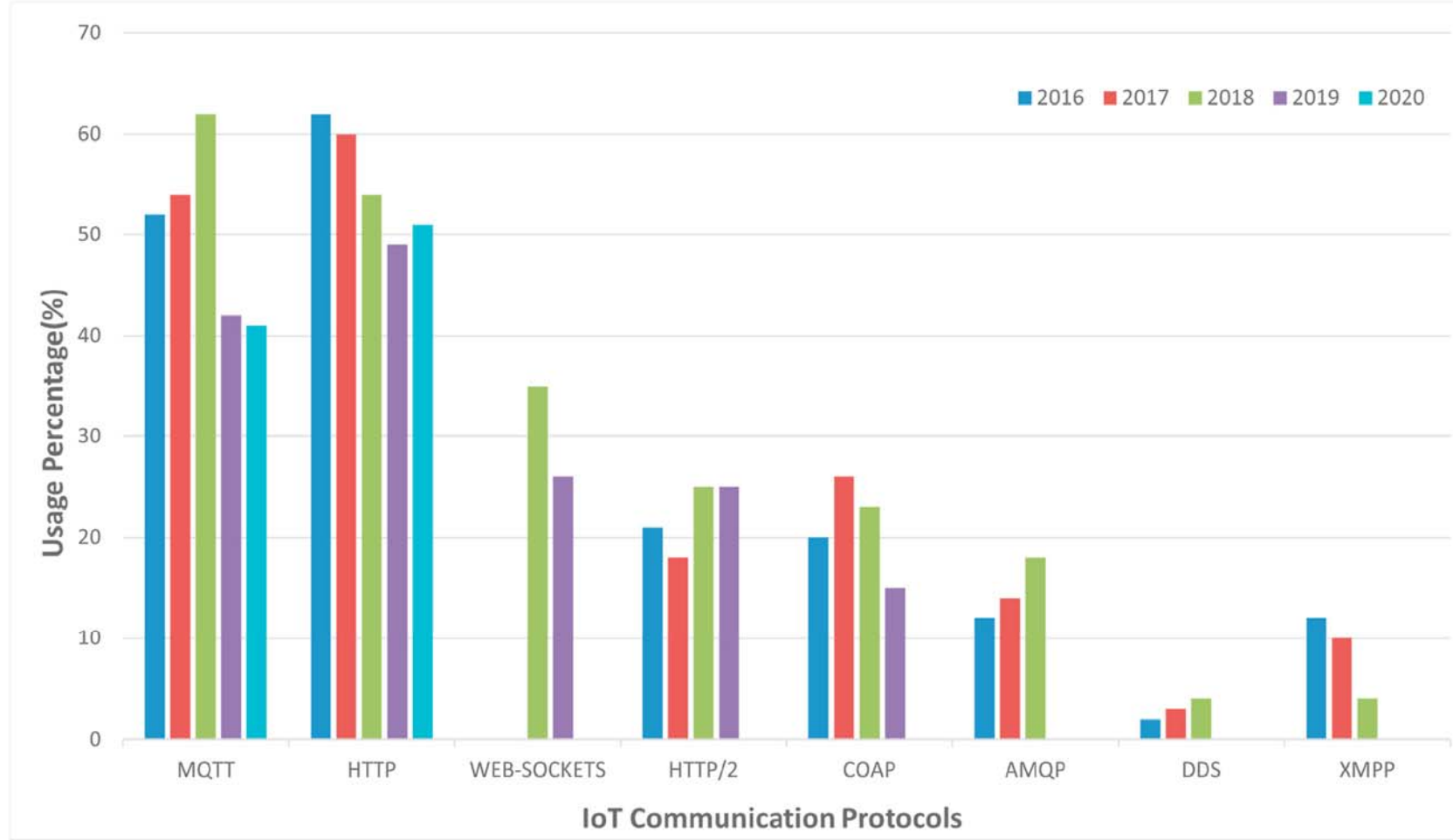


Nesnelerin İnterneti Uygulama Protokolleri

- ❑ Temsili Durum Aktarımı (REpresentational State Transfer, REST)
- ❑ Basit Nesne Erişim Protokolü (Simple Object Access Protocol, SOAP)
- ❑ Genişletilebilir Mesajlaşma ve Durum Protokolü (Extensible Messaging and Presence Protocol, XMPP)
- ❑ Sınırlanmış Uygulama Protokolü (Constrained Application Protocol, CoAP)
- ❑ Mesaj Kuyruk Telemetri Ulaştırma (Messeg Queue Telemetry Transport, MQTT)
- ❑ İleri Mesaj Kuyruklama Protokolü (Advanced Message Queuing Protocol, AMQP)
- ❑ Veri Dağıtım Servisi (Data Distribution Service, DDS)
- ❑ WebSocket



Nesnelerin İnterneti Uygulama Protokolleri



Kaynak: C. Bayılmış, M. A. Ebleme, Ü. Çavuşoğlu, K. Küçük, A. Sevin, "A survey on communication protocols and performance evaluations for Internet of Things", Digital Communications and Networks, <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2022.03.013>, 2022.



Sınırlanmış Uygulama Protokolü

(Constrained Application Protocol, CoAP)



Sınırlanmış Uygulama Protokolü

(Constrained Application Protocol, CoAP)

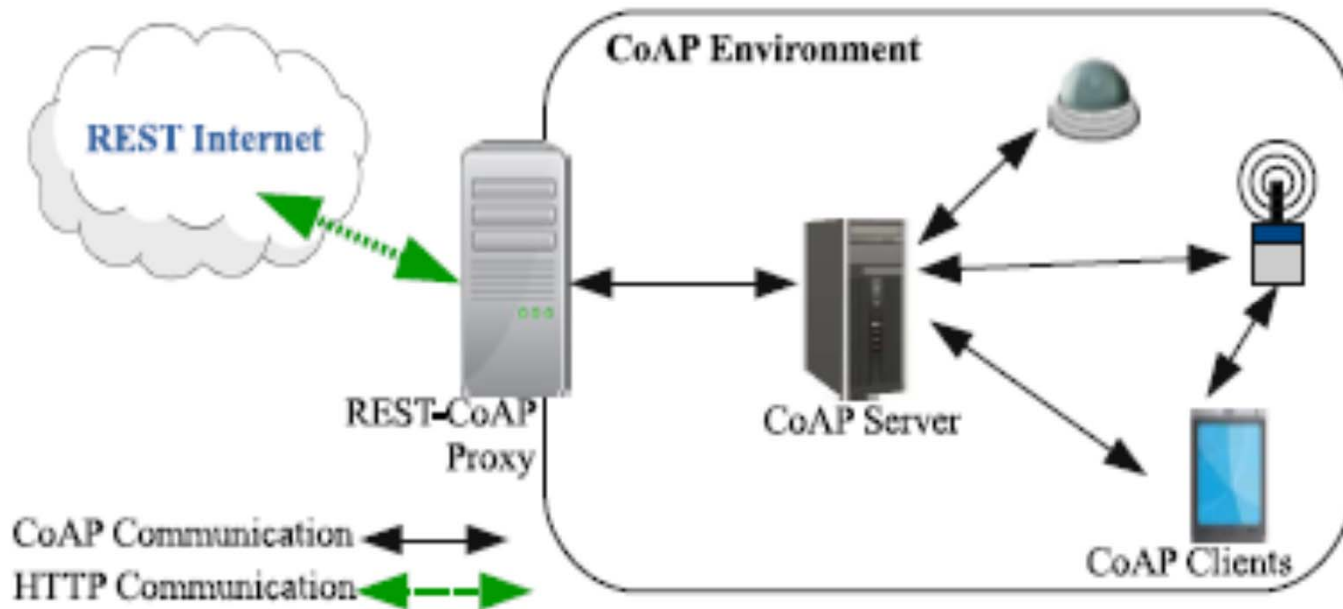
- ❑ CoAP, İnternet Mühendisliği Görev Gücü (Internet Engineering Task Force, IETF) ve ARM tarafından birlikte gerçekleştirilmiştir.
- ❑ Haziran 2014'te RFC7252 olarak standartlaştırılmıştır.
- ❑ CoAP, nesnelerin interneti (makineler arası haberleşme) uygulamaları için tasarlanmış, güç, işlem kapasitesi, bellek gibi kısıtlı/sınırlanmış düğümler ve ağlar için özelleştirilmiş bir web transfer protokolüdür.
- ❑ CoAP, HTTP fonksiyonlarının üstündeki REST (Representational State Transfer)'e dayalı bir web transfer protokolüdür.
- ❑ CoAP, istek/yanıt haberleşmeyi kullanarak istemci/sunucu modeline dayanır.
 - HTTP'deki GET, PUT, POST, DELETE metotları kullanılır.
- ❑ CoAP, UDP üzerinden kullanılan düşük ağırlıklı (lightweight) bir protokoldür.
 - CoAP paketleri, HTTP TCP akışlarından çok daha küçüktür. UDP paket başlığı olarak sadece 8 bayt kullanır. 4 bayt, uygulama başlığı olarak CoAP tarafından eklenir.
 - İstemci ve sunucular bağlantısız datagramlar aracılığıyla haberleşir. Datagram temelli bir protokol olduğundan diğer paket temelli haberleşme protokollerinde kullanılabilir.
 - CoAP, adresleme için UDP yayın (broadcast) ve çoklu yayın (multicast) mekanizmalarına izin verir.



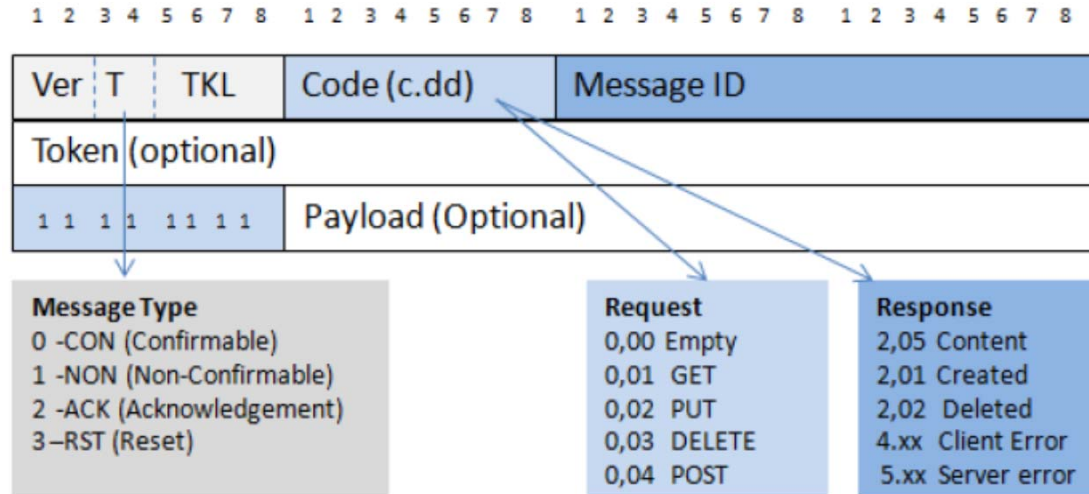
Sınırlanmış Uygulama Protokolü

(Constrained Application Protocol, CoAP)

- ❑ CoAP, çoklu yayın haberleşme desteği nedeniyle yayımcı/abone (Publisher/subscriber) mimarisini destekler. Asenkron mesaj değişimlerine sahip CoAP, IoT için özelleştirilmiştir.
- ❑ CoAP güvenli iletişimi Datagram Transport Layer Security (DTLS) veya Transport Layer Security (TLS) benzeri datagram kullanımı ile sağlar.
- ❑ CoAP mimarisi

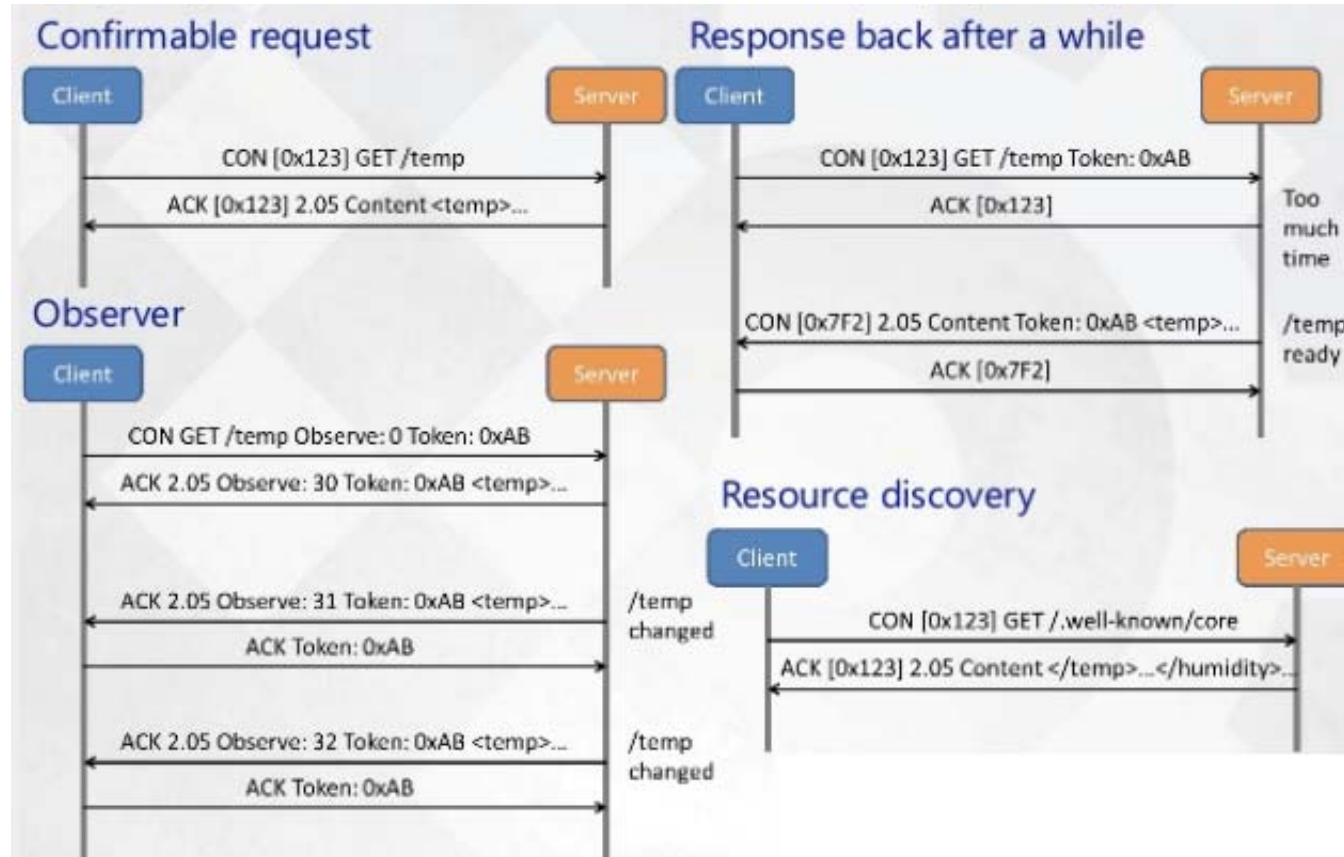


CoAP Mesaj Yapısı



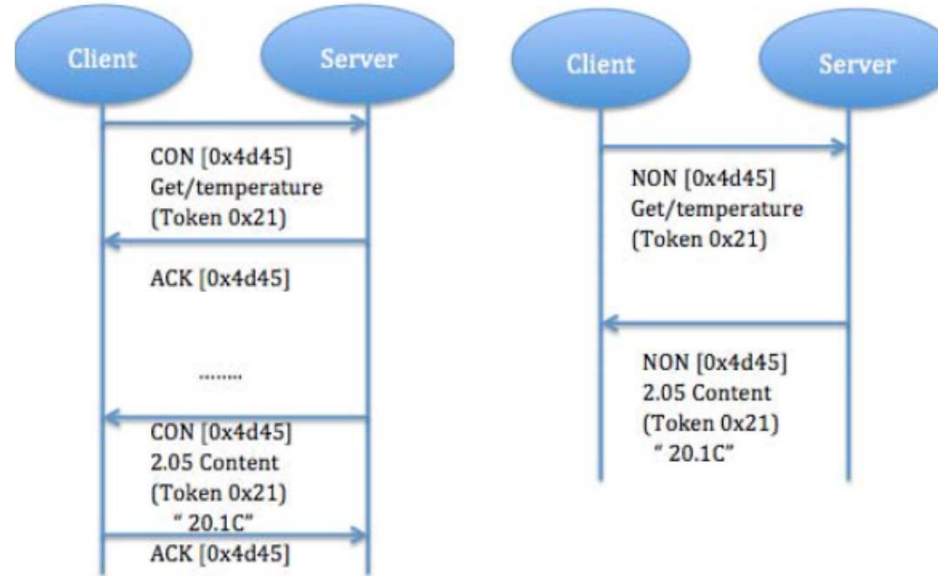
- ❑ Ver: CoAP protokol versiyon (2 bit),
- ❑ T: İşlem Tipi (Transaction Type, 2 bit)
- ❑ TKL (Token Length): 0 ile 8 bayt arasında Jeton'un boyutunu belirtir.
- ❑ Code, istemci ve sunucu arasındaki iletişimin sonuçlarını gösterir..
- ❑ Message ID: Güvenli haberleşmeyi sağlamak ve mesaj kopyalamalarını tespit için mesaj tanıtıcı olarak kullanılır.
- ❑ Token: İstek ve Yanıtlar, token-id ile birbirlerini adresler (eşleştirir).
- ❑ Payload: Yük

CoAP İstek/Yanıt Protokol Örneği



- ❑ Onaylı (Confirmable, CON) haberleşme seçildiğinde, işlemlerin tamamlandığına (mesajların alındığına dair) ACK paketi alınır/gönderilir.
- ❑ Onaysız (Non-Confirmable, NON) haberleşme seçildiğinde ise ACK kullanılmaz.
- ❑ İstek ve Yanıt arasındaki eşleştirmeler Mesaj ID ve Token-ID ile yapılmaktadır.

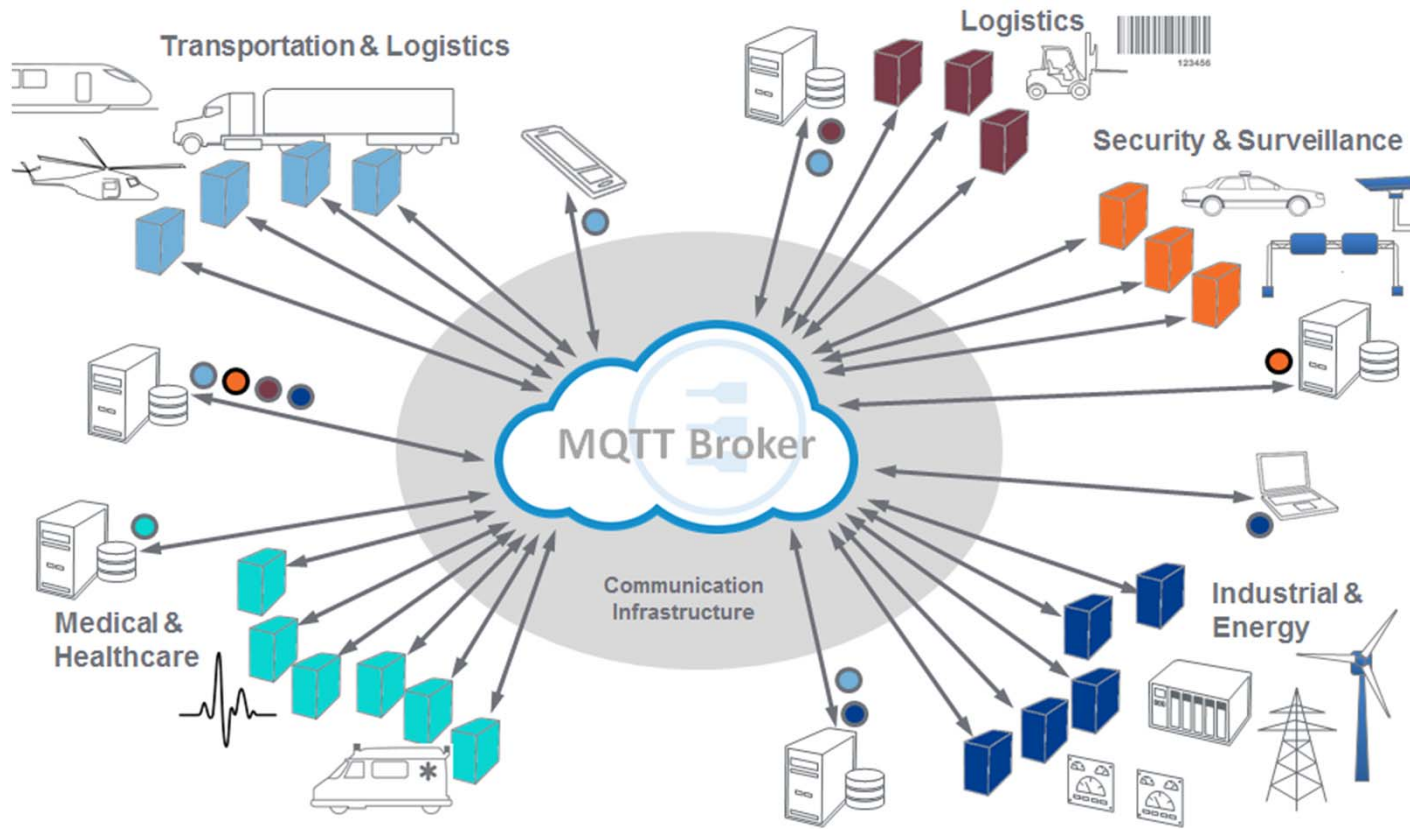
CoAP İstek/Yanıt Protokol Örneği



- ❑ Onaylı (Confirmable, CON) haberleşme seçildiğinde, işlemlerin tamamlandığına (mesajların alındığına dair) ACK paketi alınır/gönderilir.
- ❑ Onaysız (Non-Confirmable, NON) haberleşme seçildiğinde ise ACK kullanılmaz.
- ❑ İstek ve Yanıt arasındaki eşleştirmeler Mesaj ID (0x4d45) ve Token-ID (0x21) ile yapılmaktadır.

Mesaj Kuyruk Telemetri Ulaştırma

(Message Queue Telemetry Transport, MQTT)



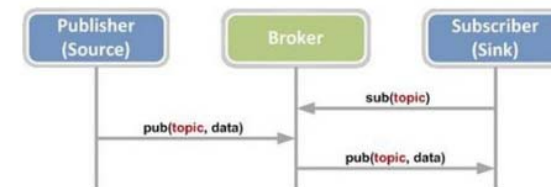
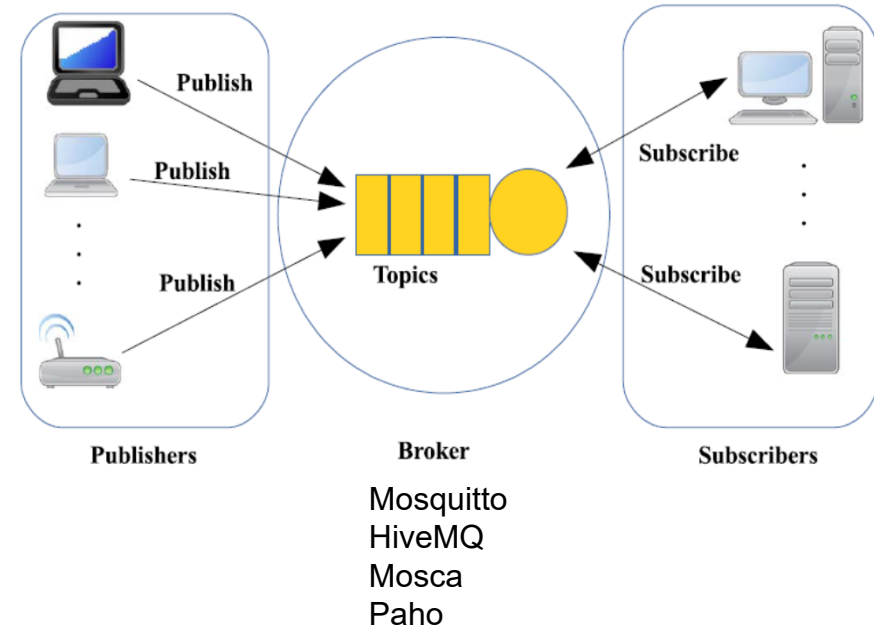
Messeg Queue Telemetry Transport (MQTT)

- ❑ MQTT, nesnelerin interneti ya da makineler arası haberleşmede kullanılan mesajlaşma protokolüdür.
- ❑ 1999 yılında IBM ve Arcom (bugün Eurotech) tarafından tanıtılmış ancak 2013'te OASIS standartlaştırmıştır.
- ❑ MQTT, gömülü sistemler ve network (bulut) bağlantısını sağlamayı amaçlamaktadır. Diğer bir deyişle küçük cihazlardan oluşan ağları bulut üzerinden kontrol etmeyi ve izlemeyi sağlar.
- ❑ MQTT, yayınlama (**publisher**) ve abone (**subscriber**) olma mantığına dayanan telemetri mesajlaşma protokolüdür.
- ❑ MQTT protokolünün öne çıkan özellikleri arasında mesajları saklayabilme ve bağlantı kurulduğunda tekrar gönderebilme yeteneğidir.
- ❑ MQTT, TCP protokolünün üzerine kurulmuştur.
- ❑ MQTT mesajları 3 farklı servis kalitesi seviyesine (QoS) göre iletilmektedir. Best Effort, At Least Once, Exactly Once
- ❑ MQTT'in iki türü vardır:

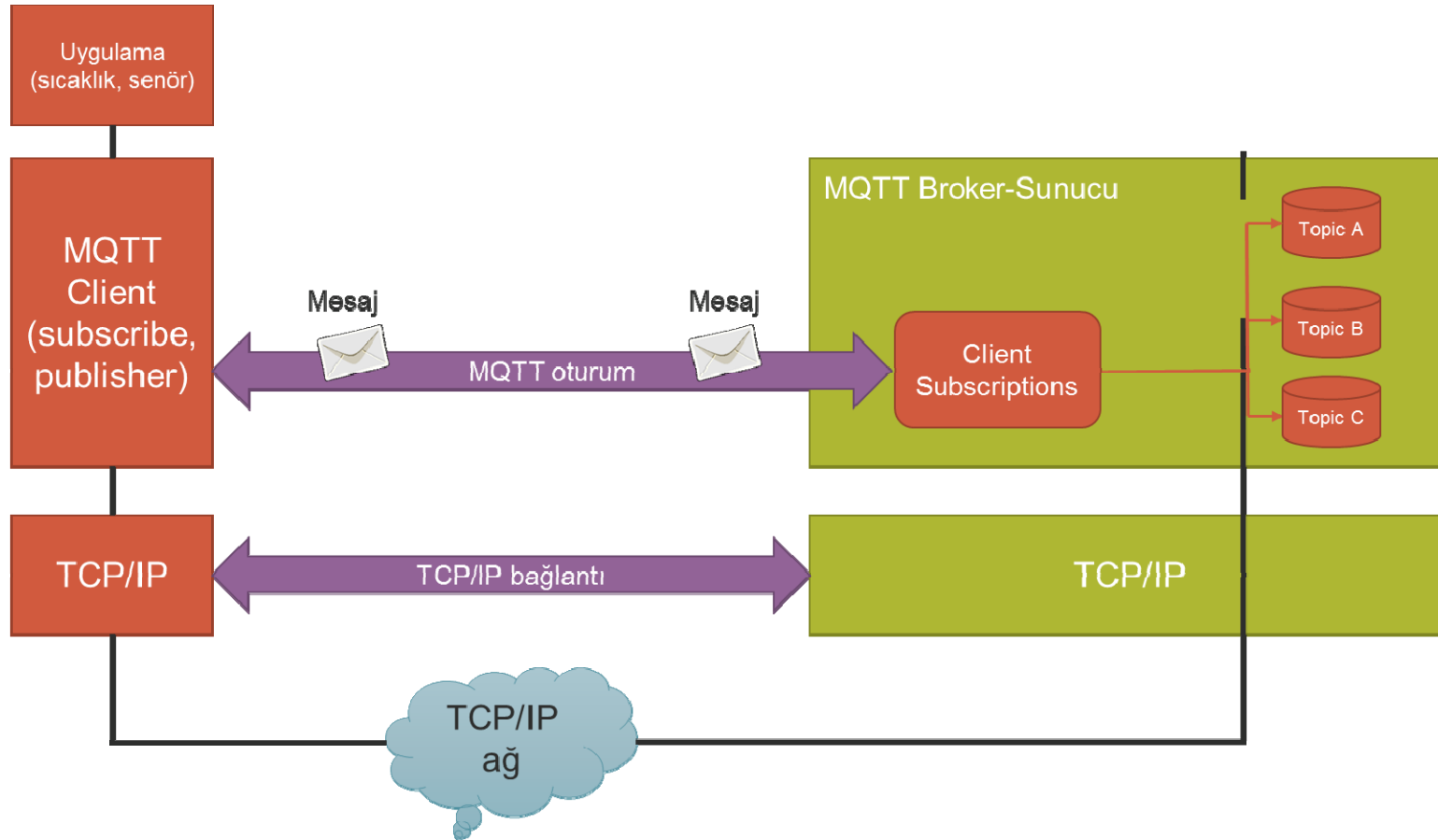


Mesage Queue Telemetry Transport (MQTT)

- ❑ MQTT, abone (subscriber), yayımcı (Publisher) ve sunucudan (broker) oluşur.
- ❑ MQTT mimarisinde cihazlar, bir MQTT broker kullanarak mesaj yayımlayabilir ya da mesaj dinlemek için kayıt olabilir.
- ❑ Mesaj, konu (topic) ve bilgi/yük (payload) iki ana kısımdan oluşur.
- ❑ Publisher belirli bir konuda mesaj yayımlar, mesajı sadece abone olanlar alır.
- ❑ Örneğin bir sensör belirli aralıklarla ölçüm değerlerini yayımlar, bu sensöre abone olanlar bu mesajı alır.

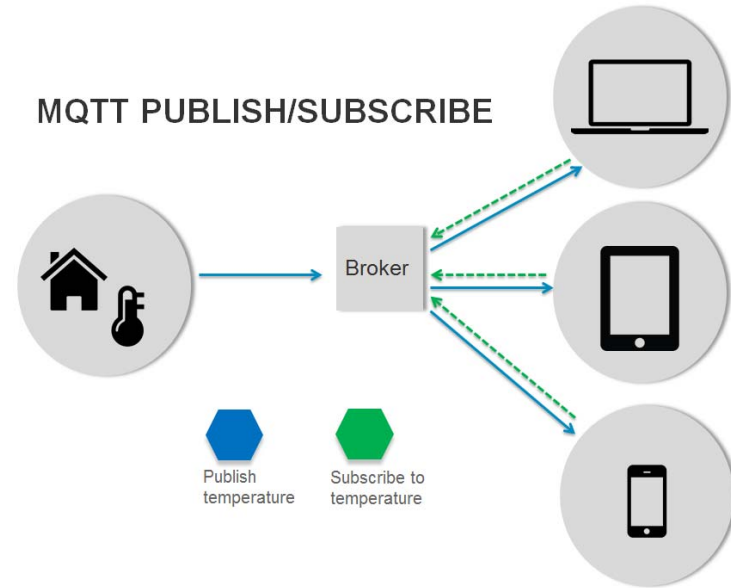


MQTT Katmanlı Mimarisi



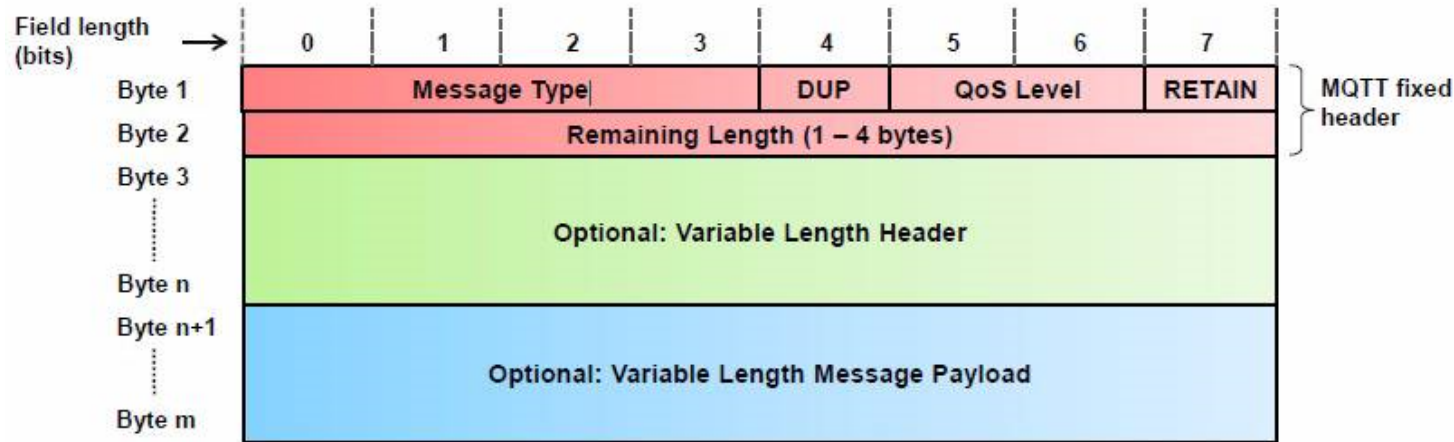
MQTT Broker

- ❑ M2M cihazlar, MQTT broker ile mesaj yayımlayabilir ya da mesaj dinlemek için abone olabilir.
- ❑ Broker, TCP sunucu görevini yerine getiren ve dinamik veritabanına sahip bir programdır.
- ❑ Alınan paketler konulara (topics) göre indekslenmiş olarak veritabanında tutulur.
- ❑ Bir paket için abone olan yoksa o paket veritabanından atılır. Eğer abone iletişimde değilse paket belirtilen süre sonra silinir.
- ❑ Topic özelliği ile MQTT protokolünde birden bire, birden çoğa, çoktan çoğa bağlantılar kurulabilmektedir.
- ❑ MQTT Broker varsayılan portu 1883'tür.



- ❑ Mosquitto: En yaygın MQTT brokerlarından biridir. C dilinde geliştirilmiştir ve MQTT protokol standartlarına göre M2M iletişimi gerçekleştiren platformdur.

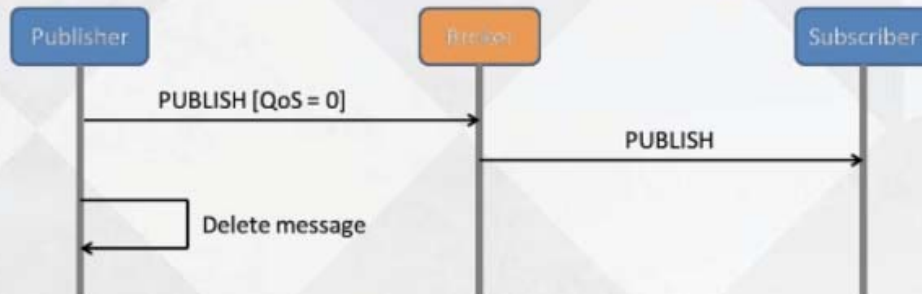
MQTT Mesaj Yapısı



- ❑ MQTT minimum mesaj boyutu 2 bayttır. (C# M2Mqtt kütüphane 30 KB)
- ❑ Message Type alanı, CONNECT, CONNACK, PUBLISH, SUBSCRIBE mesaj türünü gösterir.
- ❑ DUP, mesajın kopyalandığını (duplicate) gösteren bayraktır.
- ❑ QoS Level, yayımlanan mesajın hangi QoS seviyesinde iletileceğini gösterir. QoS 0, mesaj iletmeyebilir, minimum trafik. QoS 1, gönderilen mesaj kendi veritabanında saklanır ve tekrar tekrar gönderilebilir. Mesaj kesin iletilir, birden fazla iletilebilir. QoS 2, QoS 1 ile benzer ancak mesaj iletimi gerçekleştiğinde bir cevap bilgisi alınır. Mesaj tek seferde ve kesin iletilir. Maksimum trafik.
- ❑ Retain, son alınan publish mesajı sunucuya bildirir ve yeni aboneye ilk mesaj olarak iletilir.
- ❑ Remaining Length, mesajın kalan boyutunu gösterir.
- ❑ Header kısmı, protokol versiyonu vb. bilgileri içerir.
- ❑ Payload kısmı, topic, mesaj, kullanıcı, şifre gibi bilgileri içerir.

MQTT Servis Kalitesi Mekanizması (QoS)

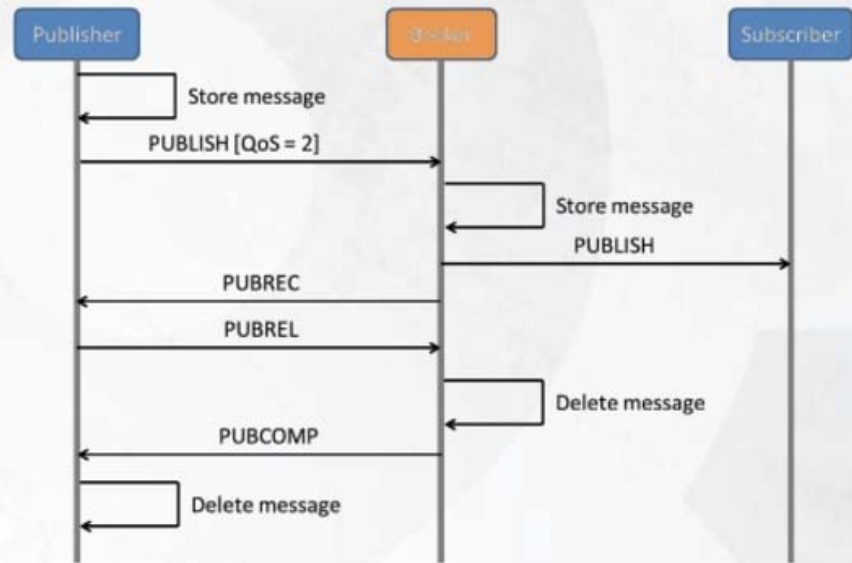
QoS 0 : At most once (fire and forget)



QoS 1 : At least once



QoS 2 : Exactly once



MQTT Protokolünde Güvenlik

- ❑ TCP protokolü üzerine kurulu olan MQTT, güvenlik için SSL/TLS kullanır.
- ❑ Bağlantı (CONNECT) mesajında kullanıcı adı/şifre kullanır.
- ❑ MQTT mesaj yapısında yük şifreli iletilir.

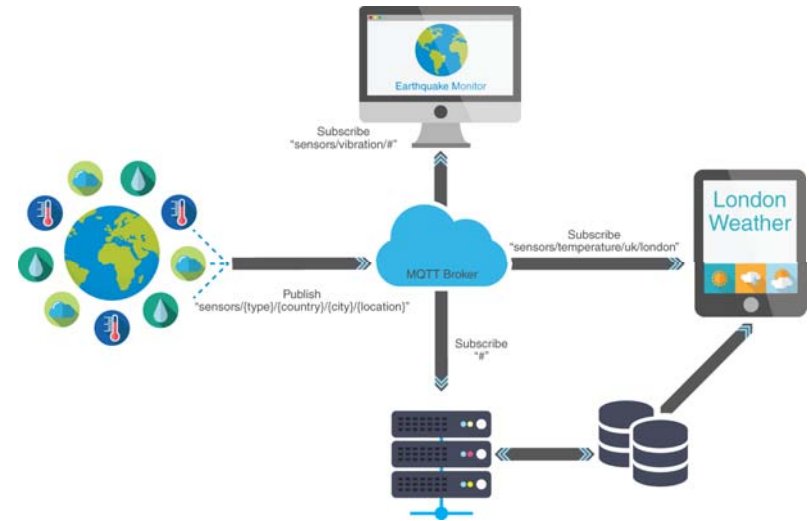


Messeg Queue Telemetry Transport (MQTT)

❑ Sağlık (health care), enerji metre, izleme (monitoring), Facebook bildirim gibi çok sayıda uygulama MQTT kullanır.

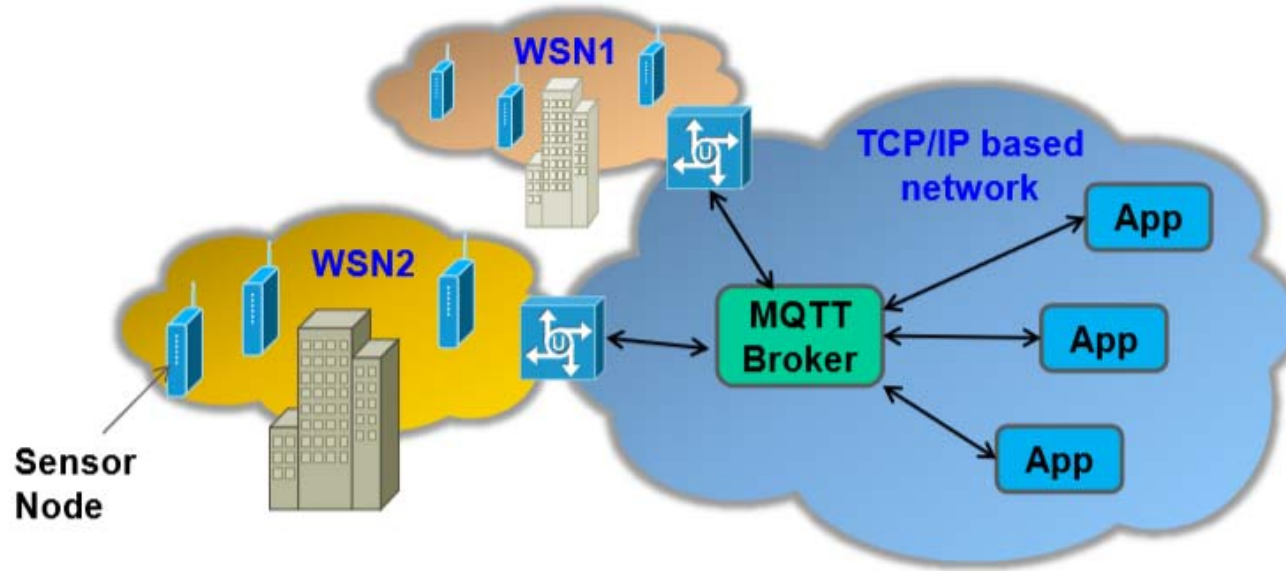
❑ MQTT, genel karakteristikleri

- Asenkron protokoldür,
- Bire bir, birden çoğa, çoktan çoğa bağlantı sağlar.
- Broker temelli haberleşme mekanizmasına sahiptir.
- Topic'e dayalı adresleme vardır.
- Güvenlik olarak SSL/TLS destekler.
- En az kaynak kullanımını hedefler.
- Milisaniyeler seviyesinde bir haberleşme sunar.
- TCP/IP bağlantı türünü kullanır.
- Varsayılan port 1883'tür.
- TCP/IP protokolünün yazılabildiği Linux, Windows, Android, iOS, MacOS işletim sistemlerinde çalışır.



MQTT-SN

- ❑ Kablosuz algılayıcı ağlar için MQTT protokolü versiyonudur.
- ❑ MQTT-S, KAA taşıma katmanında TCP/IP protokolünü kullanmaz. Kendine özel protokol yığınları vardır. Bu nedenle doğrudan TCP/IP üzerinde çalışmaz.
- ❑ KAA geleneksel TCP/IP ağına ağ geçit cihazları (*gateway*) yardımıyla bağlanmaktadır.
- ❑ MQTT-S'de yaşanan bazı değişiklikler arasında Topic katarının ID ile değiştirilmesi, önceden tanımlanan Topic ID'leri için kayıt zorunluluğunun olmaması örnek olarak verilebilir.



Neden MQTT

- ❑ Enerji tüketimi HTTP protokolüne göre daha düşüktür.
- ❑ Bağlantıyı sürdürme maliyetinin karşılaştırması

	% Battery / Hour			
	3G		Wifi	
	HTTPS	MQTT	HTTPS	MQTT
Keep Alive (Seconds)				
60	1.11553	0.72465	0.15839	0.01055
120	0.48697	0.32041	0.08774	0.00478
240	0.33277	0.16027	0.02897	0.00230
480	0.08263	0.07991	0.00824	0.00112

- ❑ Alım (1024 mesaj/ 1 bayt)

	3G		Wifi	
	HTTPS	MQTT	HTTPS	MQTT
% Battery / Hour	18.43%	16.13%	3.45%	4.23%
Messages / Hour	1708	160278	3628	263314
% Battery / Message *	0.01709	0.00010	0.00095	0.00002
Messages Received	240 / 1024	1024 / 1024	524 / 1024	1024 / 1024

- ❑ Gönderim (1024 mesaj/ 1 bayt)

	3G		Wifi	
	HTTPS	MQTT	HTTPS	MQTT
% Battery / Hour	18.79%	17.80%	5.44%	3.66%
Messages / Hour	1926	21685	5229	23184
% Battery / Message *	0.00975	0.00082	0.00104	0.00016

Kaynak: <http://stephendnicholas.com/posts/power-profiling-mqtt-vs-https>



Windows Ortamında Mosquitto MQTT Broker Kurulumu

- 1 <http://mosquitto.org/js/mosquitto-1.1.js> resmi sitesinden mosquitto'yu indirip kurunuz
- 2 Win32 OpenSSL kuruyoruz
- 3 libeary32.dll, ssleay32.dll, pthreadVC2.dll dosyalarını C:\Windows\System32 klasörüne yapıştırın.
- 4 Mosquitto'nun çalıştığını kontrol etmek için komut satırına `netstat -an` yazıyoruz ve 1883 portunun açıldığını kontrol edin.

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 10.0.10586]
(c) 2015 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Max>netstat -an

Active Connections

Proto Local Address           Foreign Address         State
TCP    0.0.0.0:80                0.0.0.0:0               LISTENING
TCP    0.0.0.0:135               0.0.0.0:0               LISTENING
TCP    0.0.0.0:445               0.0.0.0:0               LISTENING
TCP    0.0.0.0:1688              0.0.0.0:0               LISTENING
TCP    0.0.0.0:1883              0.0.0.0:0               LISTENING
TCP    0.0.0.0:2383              0.0.0.0:0               LISTENING
TCP    0.0.0.0:49664             0.0.0.0:0               LISTENING
TCP    0.0.0.0:49665             0.0.0.0:0               LISTENING
TCP    0.0.0.0:49666             0.0.0.0:0               LISTENING
TCP    0.0.0.0:49667             0.0.0.0:0               LISTENING
TCP    0.0.0.0:49668             0.0.0.0:0               LISTENING
TCP    0.0.0.0:49669             0.0.0.0:0               LISTENING
TCP    0.0.0.0:49671             0.0.0.0:0               LISTENING
TCP    0.0.0.0:49678             0.0.0.0:0               LISTENING
TCP    127.0.0.1:1434            0.0.0.0:0               LISTENING
TCP    127.0.0.1:9990            0.0.0.0:0               LISTENING
TCP    127.0.0.1:65000           0.0.0.0:0               LISTENING
TCP    192.168.1.37:139          0.0.0.0:0               LISTENING
TCP    192.168.1.37:1883         192.168.1.37:56779      ESTABLISHED
TCP    192.168.1.37:56779        192.168.1.37:1883       ESTABLISHED
TCP    192.168.1.37:57006        191.232.139.111:443      ESTABLISHED
TCP    192.168.1.37:57044        191.232.139.89:443       ESTABLISHED
TCP    192.168.1.37:57122        40.84.149.239:443       TIME_WAIT
TCP    192.168.1.37:57124        207.46.7.252:80         ESTABLISHED
```



MQTT Broker Yerel Bağlantı (MQTT lens)

❑ MQTT lens uygulaması

MQTT Broker ile iletişimi sağlayan Chrome tarayıcı eklentisidir.

❑ Bu eklenti ile MQTT mesajlarının Publisher ve subscriber arasında iletişimi test edilebilir.

❑ Hostname kutusuna, yerel ip adresini girerek connection butonuna basınız.

Add a new Connection

Connection Details

Connection name

Mosquitto Broker Local

Connection color scheme

Hostname

tcp:// 192.168.1.37

Port

1883

Client ID

lens_3fr61ONQVOehlhlhISJmkiCIT8f1

Generate a random ID

Session

☒ Clean Session

Automatic Connection

☒ Automatic Connection

Keep Alive

120 seconds

Credentials

Username

Enter username

Password

Enter password

☒ Hash password with MD5

Last-Will

MQTT Broker Yerel Bağlantı (MQTT lens)

The screenshot displays the MQTTlens web interface. On the left, a sidebar shows 'Connections' with 'Mosquitto Broker Local' connected. The main panel shows the 'Connection: Mosquitto Broker Local' details. It includes a 'Subscribe' section with a topic input field containing 'Bitki-1/Sensor-001/Data' and a QoS dropdown set to '1 - at least once'. Below this is a 'Publish' section with the same topic and QoS. A 'Message' input field contains the value '23'. The 'Subscriptions' section shows a list of subscriptions for the topic 'Bitki-1/Sensor-001/Data', with the first entry showing a message at 9:29:54 with QoS 0.

MQTTlens

Connections + ^

Mosquitto Broker Local connected

Connection: Mosquitto Broker Local

Subscribe

Topic Bitki-1/Sensor-001/Data QoS 1 - at least once Subscribe

Publish

Topic Bitki-1/Sensor-001/Data QoS 1 - at least once Publish

Message

23

Subscriptions

Topic: "Bitki-1/Sensor-001/Data" Showing the last 5 messages — + Messages: 0/5

#	Time	Topic	QoS
0	9:29:54	Bitki-1/Sensor-001/Data	0

Message: 23

#	Time	Topic	QoS
1	9:30:34	Bitki-1/Sensor-001/Data	0

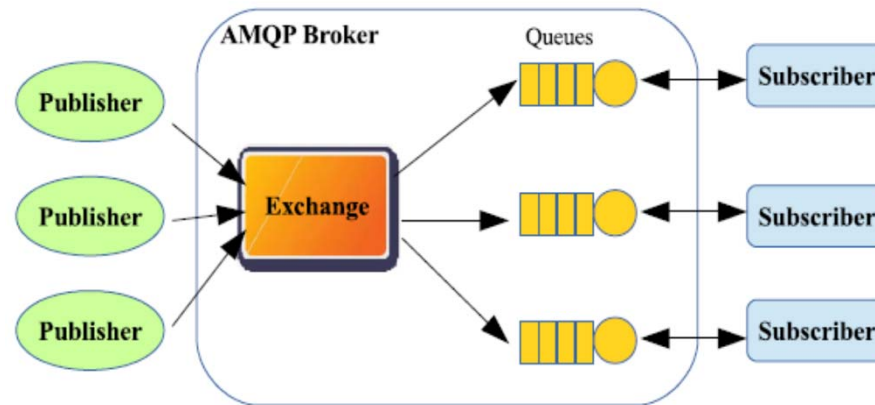
Message: 23



İleri Mesaj Kuyruklama Protokolü

(Advanced Message Queuing Protocol, AMQP)

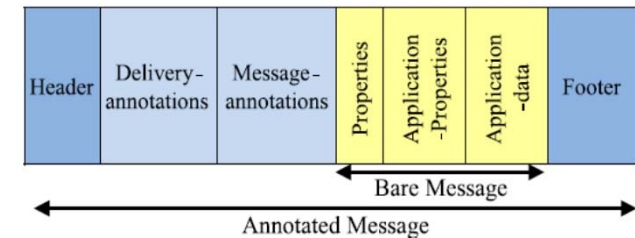
- ❑ AMQP, mesaj yönlendirme odaklanan IOT için açık standart uygulama protokolüdür.
- ❑ Kuyruk yapılarına sahip sunucular (**broker**) ile yayımcı (**Publisher**) ve abonelere (**subscriber**) hizmet sunan, büyük veri yapıları ile haberleşme sağlayan bir protokoldür.
- ❑ 3 farklı seviyedeki (**at-most-once/best effort**, **at-least-once**, **exactly once delivery**) mesaj ulaştırma garantisi ile güvenilir haberleşme sunar.
- ❑ AMQP'de haberleşme exchanges ve mesaj kuyrukları ile sağlanır. Exchanges mesajları uygun kuyruğa yönlendirir. Bu yönlendirme önceden tanımlanmış kurallar ve koşullara (**binding**) göre gerçekleştirilir.
- ❑ AMQP, noktadan noktaya haberleşmenin yanısıra publish/subscribe haberleşme modelini de destekler.
- ❑ AMQP mimarisi



İleri Mesaj Kuyruklama Protokolü

(Advanced Message Queuing Protocol, AMQP)

- ❑ AMQP, ulaşım katmanı olarak TCP kullanır. Bu katmanın üzerine mesajlaşma katmanını tanımlar.
- ❑ AMQP iki tür mesaj kullanır.
 - Bare mesaj: Gönderici kaynaklı mesajlar.
 - Annotated mesaj: Alıcıda görülen mesaj.
- ❑ AMQP haberleşme milisaniyeler süresinde gerçekleşir.
- ❑ Minimum paket boyutu 60 bayttır.
- ❑ MQTT gibi asenkron bir protokoldür.



Veri Dağıtım Servisi

(Data Distribution Service, DDS)

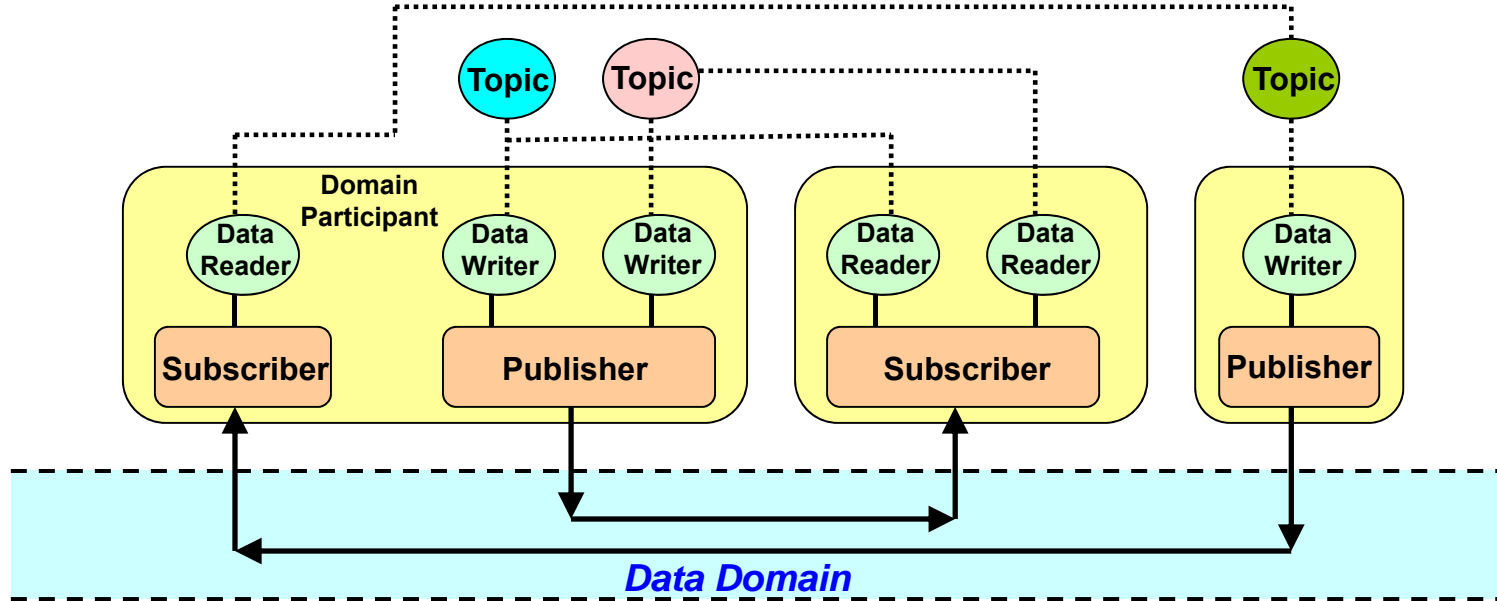
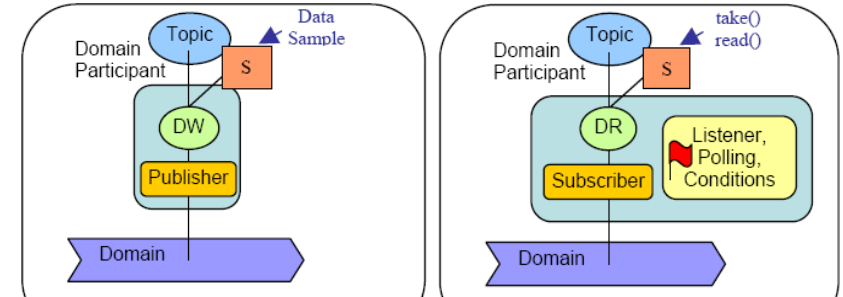
- ❑ DDS, Object Management Group (OMG) tarafından gerçek zamanlı M2M haberleşmesi için geliştirilmiştir.
- ❑ DDS, daha az katman, daha az iş yükü gibi avantajlar sunar.
- ❑ DDS, publish-subscribe protokolüdür.
- ❑ Mikrosaniyeler seviyesinde haberleşme ile gerçek zamanlı iletişimi destekler.
- ❑ Publish-Subscribe yapısındaki MQTT, ve AMQP protokolünden farklıları daha çok QoS desteği sunar. Güvenli, acil/ivedi, öncelikli, güvenilir gibi haberleşme kriterlerini dikkate alarak 23 QoS seviyesi/politikası sağlar.
- ❑ Ulaşım katmanı olarak UDP ve TCP'nin her ikisini de destekler.
- ❑ DDS iki katmanlı mimariye sahiptir.
 - Data-Centric Publish-Subscribe (DCPS): Abonelere bilginin ulaştırılmasından sorumludur.
 - Data-Local Reconstruction Layer (DLRL): Opsiyonel bir katmandır ve DCPS fonksiyonlarının yerine getirilmesini sağlar. Dağıtık nesneler arasında dağıtık verinin paylaşılmasını kolaylaştırır.
- ❑ Güvenlik olarak SSL/TLS ile Datagram TLS (DTLS) destekler.
- ❑ İçerik farkında yönlendirme özelliği vardır (Payload inceleme).



Veri Dağıtım Servisi

(Data Distribution Service, DDS)

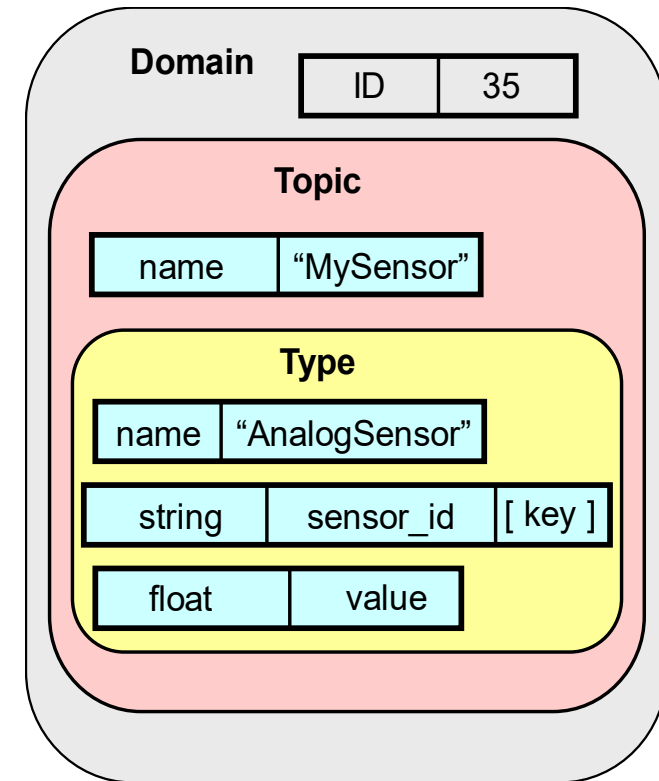
- ❑ Topics: Veri dağıtım konuları
- ❑ Data Writers: Veri üreticileridir.
Publisher ile birlikte göndericiyi oluşturur.
- ❑ Data Readers: Veri tüketiciler/alıcılarıdır.
Subscriber ile birlikte alıcıyı oluşturur.
- ❑ Topics, Data Readers/Writers QoS politikaları ile konfigüre edilir.



Veri Dağıtım Servisi

(Data Distribution Service, DDS)

- ❑ Topics, Publisher ile subscriber arasındaki bağlantıdır.
- ❑ Topic, Name ve Type alanlarından oluşur.
 - Name, alan (domain) içerisindeki tektir (unique).
 - Birden fazla topic, aynı tipe sahip olabilir.
- ❑ İçerik farkında abonelikler için multitopics, ve content-filtered topics gibi yapılar sağlar.



Veri Dağıtım Servisi

(Data Distribution Service, DDS)

❑ DDS QoS Protokolleri

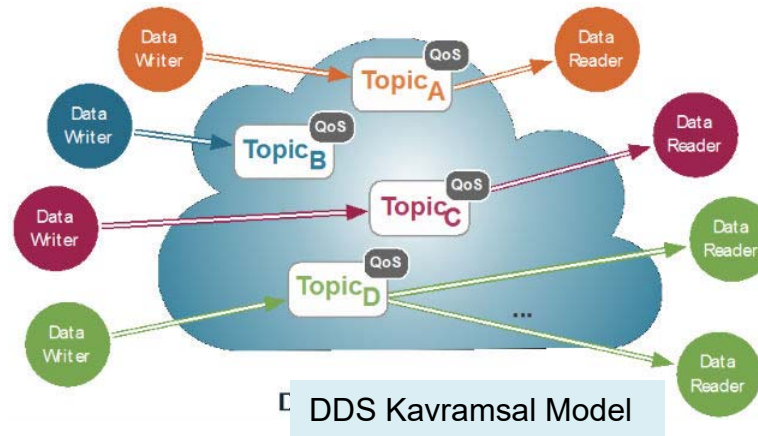
- Deadline
- Destination Order
- Durability
- Entity Factory
- Group Data
- History
- Latency Budget
- Lifespan
- Liveliness
- Ownership
- Ownership Strength
- Partition
- Presentation
- Reader Data Lifecycle
- Reliability
- Resource Limits
- Time-Based Filter
- Topic Data
- Transport Priority
- User Data
- Writer Data Lifecycle



Veri Dağıtım Servisi

(Data Distribution Service, DDS)

- ❑ DDS desteklenen servis kalitesi (QoS) politikalarının bir kısmı
 - Latency_Budget: Uçtan uca kabul edilebilir gecikmeleri tanımlar.
 - Time_Based_Filter: Yavaş tüketiciler ile hızlı üreticiler arasında değişime aracılık eder.
 - Resource_Limits: Servis tarafından kullanılan kaynakları kontrol eder.
 - Reliability: Verinin gerçek zamanlı ulaştırılmasını sağlar.
 - History: Ulaştırılan verinin içeriğini (değerlerini) kontrol eder.



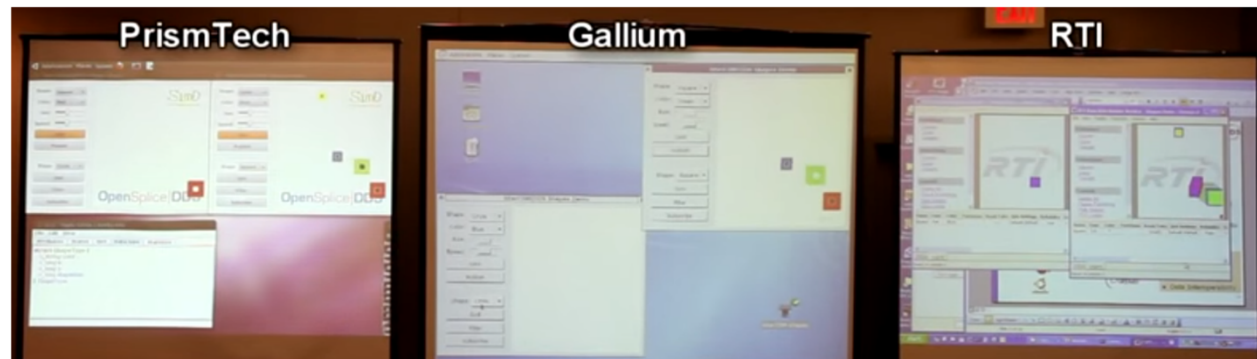
Veri Dağıtım Servisi

(Data Distribution Service, DDS)

- ❑ DDS, ilk olarak Amerikan ordusunda düşman/araç/silah yer tespiti bilgisinin uçaklara iletilerek hedefi yok etmek için kullanılmıştır.
- ❑ DDS, Tokyo Metropolitan Otoban araç takibinde kullanılmaktadır.
- ❑ Kullanım Alanları
 - Akıllı Şehir gibi Smart Grid yönetimlerinde,
 - Akıllı telefonların işletim sistemlerinde,
 - Araç ve Taşıma Sistemlerinde,
 - İnternet radyolarında,
 - Sağlık hizmetinde

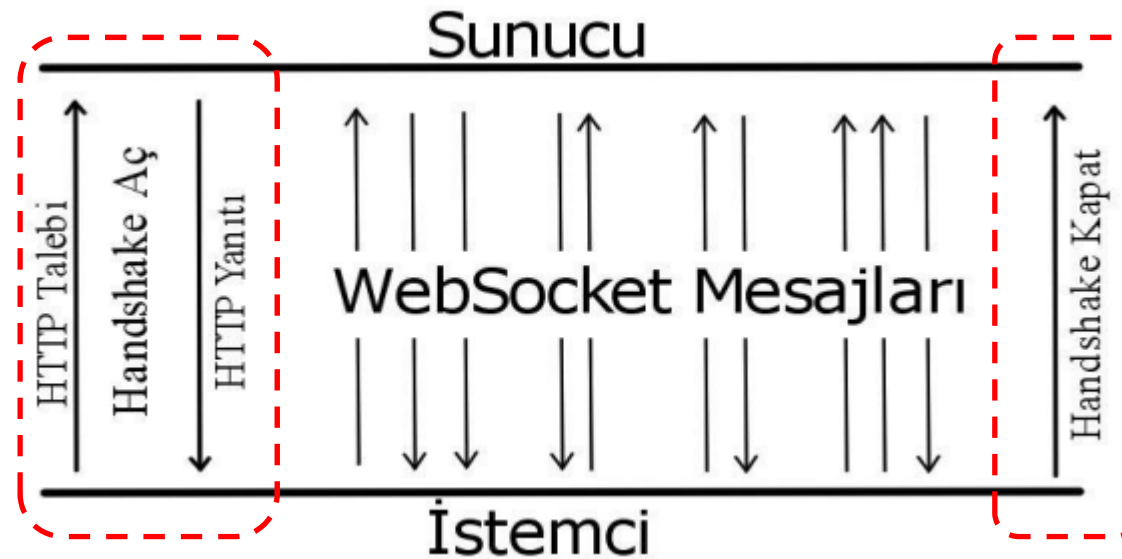
❑ DDS Platformlar

- RTI,
- PrismTech,
- Gallium,



WebSocket

- ❑ Sunucu ve istemciler arasında TCP kanal üzerinden gerçek zamanlı ve çift yönlü bağlantı sunar.
- ❑ Çift yönlü mesajlaşma desteği nedeniyle taraflar (istemci-sunucu) istediğine mesaj gönderebilir.
- ❑ WebSocket protokol, El Sıkışma (Handshake) ve veri transferi olmak üzere iki temel aşamadan oluşur.
- ❑ El Sıkışma, HTTP talepleri üzerinden başlatılarak sağlanır. Ardından mesajlar TCP üzerinden iletilir.
- ❑ Cihazlar çalıştığı sürece bağlantı korunur.
- ❑ WebSocket IETF tarafından kabul edilen bir protokoldür. RFC 6455, WebSocket protokolünün özelliklerini belirtmektedir.



WebSocket

- ❑ WebSocket protokolünün genel özellikleri şunlardır:
- ❑ Küçük başlık boyutu (2-6 bayt arası),
- ❑ Bağlantı bir kez kurulduğundan yeniden başlık ihtiyacı olmaması yeni bir gecikme süreside gerektirmemektedir.
- ❑ Protokol bağımsız TCP tabanlı protokoldür.
- ❑ HTTP'deki gibi şifresiz ya da TLS kullanılarak şifreli bağlantı sağlanabilir.
- ❑ HTTP ve HTTPS ile aynı portları (wss:// 443, ws:// 80) portları kullandığından güvenlik duvarları ve proxy'ler tarafından tanınır. Böylelikle var olan HTTP ayarlarında herhangi bir değişiklik olmadan çalışabilir.

Bit	+0..7			+8..15		+16..23	+24..31
0	FIN		Opcode	Mask	Length	Extended length (0–8 bytes) ...	
32	...						
64	...					Masking key (0–4 bytes) ...	
96	...					Payload ...	
...	...						

WebSocket Paket Yapısı



IoT Uygulama Protokollerinin Karşılaştırılması

Comparison of different IoT application layer communication protocols.

Protocols/ Features	Communication Protocol	Architecture	Transmission Model	Minimum Head Size	QoS	Message Size	Security	Default Port
MQTT	TCP	Client/Broker/ Subscriber	Publisher/ Subscriber	2 byte	QoS 0, QoS 1, QoS 2	Up to 256 Mb	TLS/SSL	1883,8883 (TLS/SSL)
MQTT-SN	TCP or UDP	Client/Broker	Publisher/ Subscriber	2 or 4 byte	QoS-1, QoS 0, QoS 1, QoS 2, QoS 3	Up to 64 Kb	TLS/SSL	20000 (UDP), 1883 (TCP)
CoAP	UDP	Client/Server	Request/Reponse	4 byte	Confirmable/Non- Confirmable	Usually 1024 Kb or less	DTLS, SSL	5683 (UDP)/ 5684 (DLTS)
AMQP	TCP	Client/Broker/ Subscriber, Client/ Server	Client/Broker, Request/Reponse	8 byte	SettleFormat/ Unsettle Format	Undefined	TLS/SSL, IPSec, SASL	5671 (TLS/ SSL), 5672
WebSocket	TCP	Client/Server	Request/Reponse and then Stream	16 byte	TCP Standart	Undefined	TLS/SSL	80/443 (TLS/ SSL)
XMPP	TCP	Client/Server/ Subscriber	Publisher/ Subscriber	–	–	Undefined	TLS	80/443 (TLS/ SSL)
DDS	UDP or TCP	Client/Subscriber	Publisher/ Subscriber	–	23 different QoS Policies	Undefined	SSL, DTLS	7400, 7410, 7411, 54461, 59992, 59668
SOAP	TCP	Client/Server	Request/Response	–	–	Undefined	–	80/443 (TLS/ SSL)
REST	TCP	Client/Server	Request/Response	–	TCP Standart	Large, Undefined	TLS/SSL	80/443 (TLS/ SSL)

Kaynak: C. Bayılmış, M. A. Ebleme, Ü. Çavuşoğlu, K. Küçük, A. Sevin, "A survey on communication protocols and performance evaluations for Internet of Things", Digital Communications and Networks, <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2022.03.013>, 2022.



IoT Haberleşme Protokollerinin Gerçeklenmesi

- ❑ iot.eclipse.org adresinden birçok IoT Haberleşme Protokollerinin kodlarına erişilebilir.

The screenshot shows the IoT Eclipse website. The header includes the logo and navigation links: GETTING STARTED, TECHNOLOGY, COMMUNITY, and WORKING GROUP. The main section is titled 'IoT Standards' and states: 'Eclipse IoT supports open standards for the Internet of Things. We provide open source implementations for IoT protocols such as CoAP, oneM2M, LWM2M, MQTT, OPC-UA, and more.' Below this is a 'Vision' section with a list of goals and a diagram illustrating the IoT architecture. The diagram shows 'New and existing devices' connected to 'IoT Gateways', which connect to 'Network carriers', which in turn connect to 'Backend systems'. A box at the bottom of the diagram says 'Open Source and Open Standards for IoT'. At the bottom of the page, there is a section for 'Open standard implementations' with buttons for CoAP, DTLS, IEC 15118, IEC 61499, OMA LWM2M, MQTT, OGC SensorThings API, oneM2M, OPC UA, and PPMP.

IoT Standards

Eclipse IoT supports open standards for the Internet of Things.

We provide open source implementations for IoT protocols such as CoAP, oneM2M, LWM2M, MQTT, OPC-UA, and more.

Vision

Building interoperable IoT solutions is a real challenge. From sensors and actuators in the field to backend systems, there are many aspects of an end-to-end solutions where it is important to rely on standards:

- Protocols used to implement the device-to-device or device-to-server communications,
- Device Management protocols to allow remote control of IoT devices and gateways,
- Gateways and Servers interfaces.

While Open Standards are key, we believe that it is also important to make available open-source implementations of such standards, to encourage adoption of such standards both by IoT developers and the IoT industry at large.

Open standard implementations

CoAP DTLS IEC 15118 IEC 61499 OMA LWM2M MQTT OGC SensorThings API oneM2M OPC UA PPMP

KAYNAKLAR

❖ Temel Kaynaklar

- Prof. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ ve Prof. Dr. Kerem KÜÇÜK, “Nesnelerin İnternet’i: Teori ve Uygulamaları”, Papatya Yayınevi, 2019.

❖ Diğer Kaynaklar

- C. Bayılmış, M. A. Ebleme, Ü. Çavuşoğlu, K. Küçük, A. Sevin, “A survey on communication protocols and performance evaluations for Internet of Things”, Digital Communications and Networks, <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2022.03.013>, 2022.
- A. Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, M. Ayyash, “*Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications*”, IEEE Communication Survey&Tutorials, vol. 17 (4), 2347-2376 ,2015.
- L. Atzori, A. Iera, G. Morabito, “The Internet of Things: A Survey”, Computer Networks, vol. 54, 2787-2805, 2010.
- O. Vermesan, P. Friess (Editors), “Internet of Things – From Research and Innovation to Market Deployment”, River Publishers, 2014.
- M. H. Amaran, N. A. M. Noh, M. S. Rohmad, H. Hashim, “A Comparison of Lightweight Communication Protocols in Robotic Applications”, IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS2015), 400 – 405, 2015.
- P. Penial, M. Franekova, ‘Model of Integration of Embedded Systems via CoAP Protocol of Internet of Things’, IEEE International Conference on Applied Electronics, 2016.
- www.mqtt.org
- https://www.oasis-open.org/committees/tc_cat.php?cat=iot
- DDS Uygulama Örneği: <https://www.rti.com/downloads/shapes-demo.html>
- www.omg.org
- iot.eclipse.org

