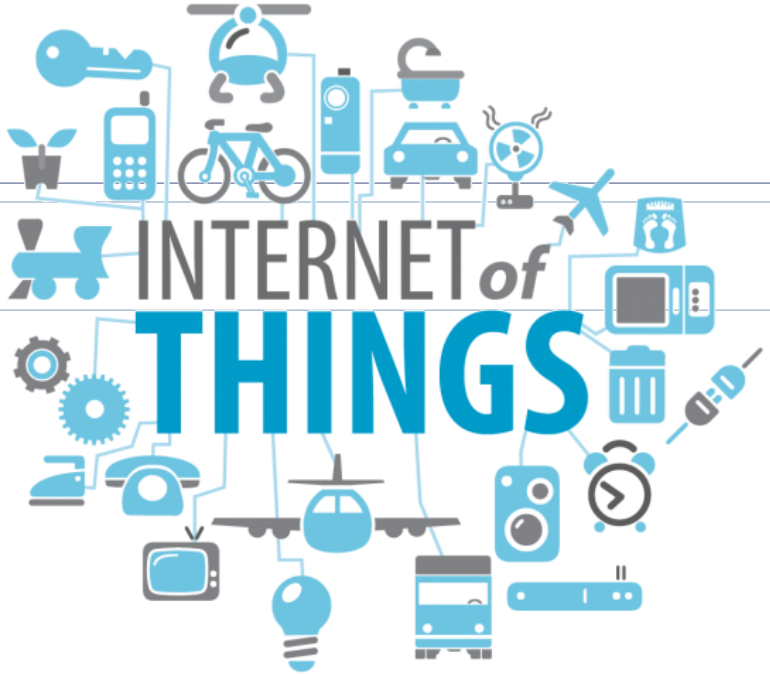
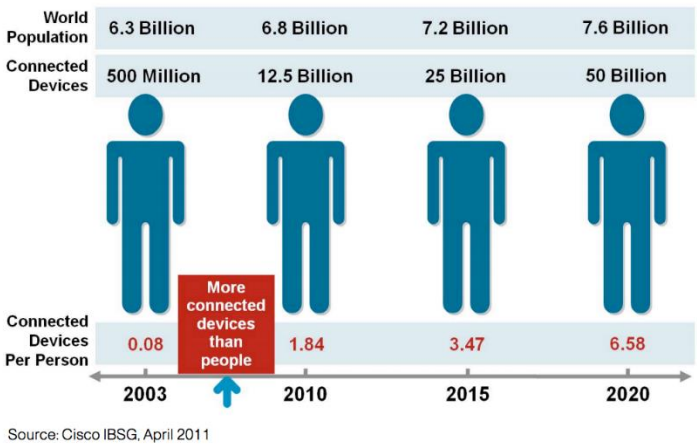
IoT



Internet of Things - IoT

- 50 milliárd Internetes tárgy 2020-ig

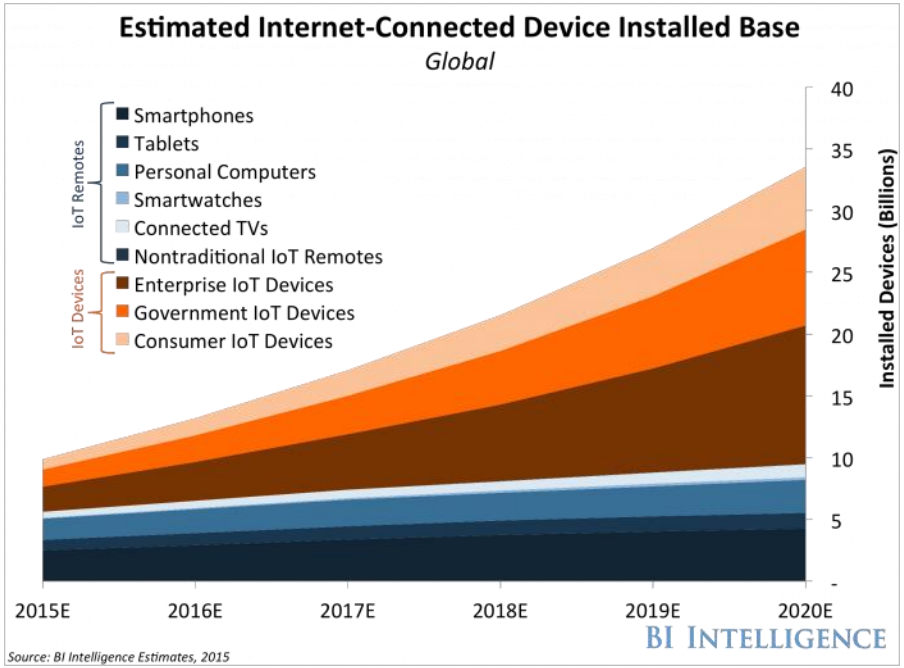


Újabb becslések

2018: 7 billió
2019: 26.7 billió
2020: 31 billió
2021: 35 billió
2025: 75 billió

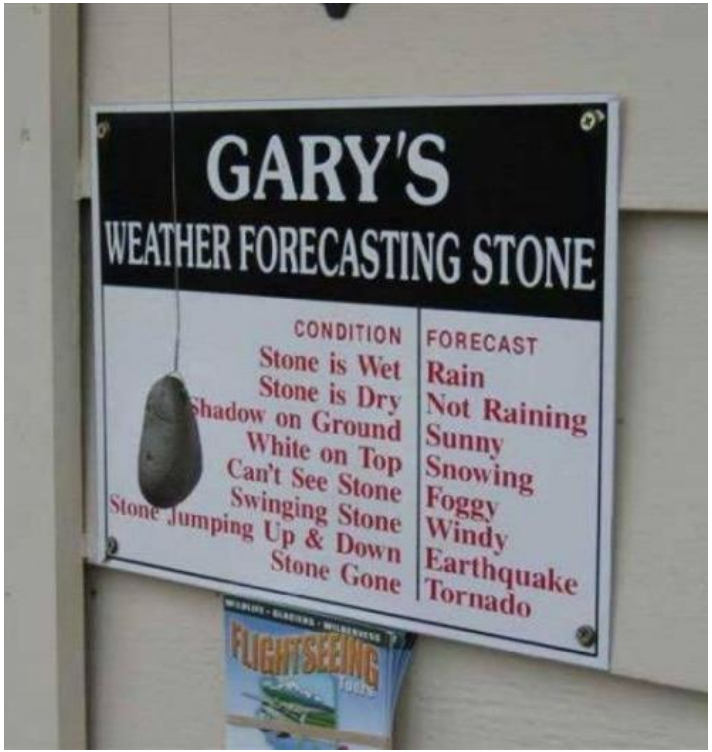
Mi is az IoT?

- A hagyományos Interneten is vannak tárgyak
  - A forgalmat a felhasználók generálják
  - Kommunikáció, dokumentum, fénykép, videó
- Korlátos emberi képességek
  - Nem megfelelő adatok követésére és rögzítésére



Okos dolgok vs. IoT

- Mitől okos?
  - Szenzorok
  - Kommunikáció

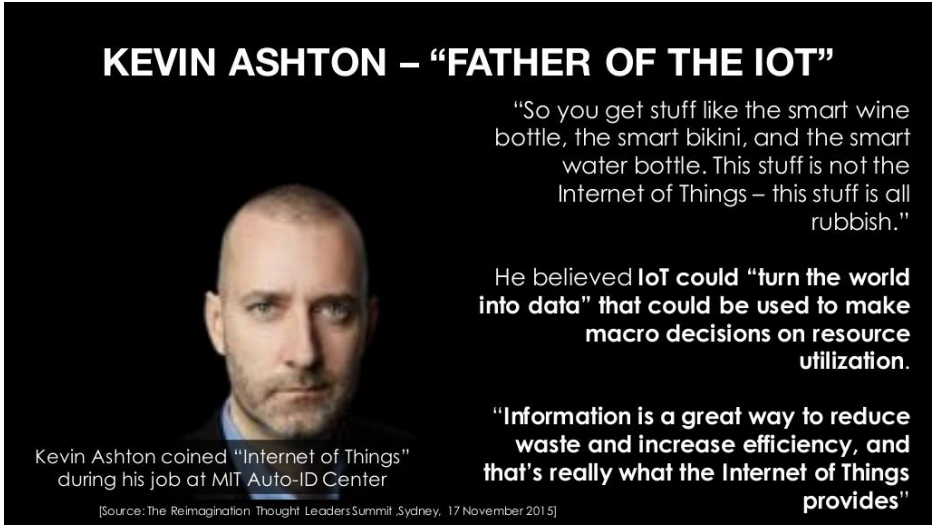


Az első IoT eszköz

- 1982: Coca-Cola automata Carnegie Mellon University
  - 4 diák az Internetre (ARPANET) kötötte, lekérdezhető állapot

IoT

- 1999: Kevin Ashton

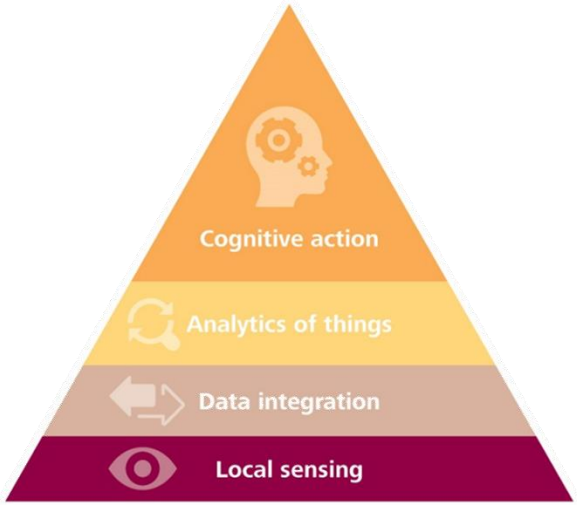


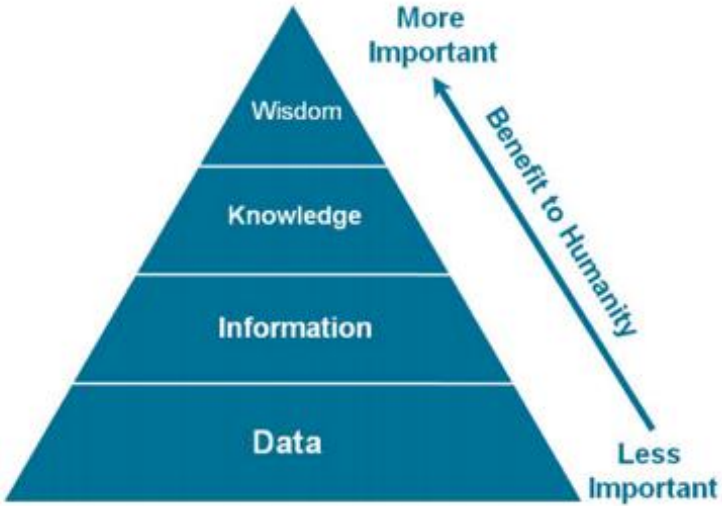
- Adatgyűjtés ember nélkül
  - Intelligens, azonosított szenzorok
  - Monitorozás
  - Kommunikáció

- Nem az adat az érték, hanem a feldolgozás

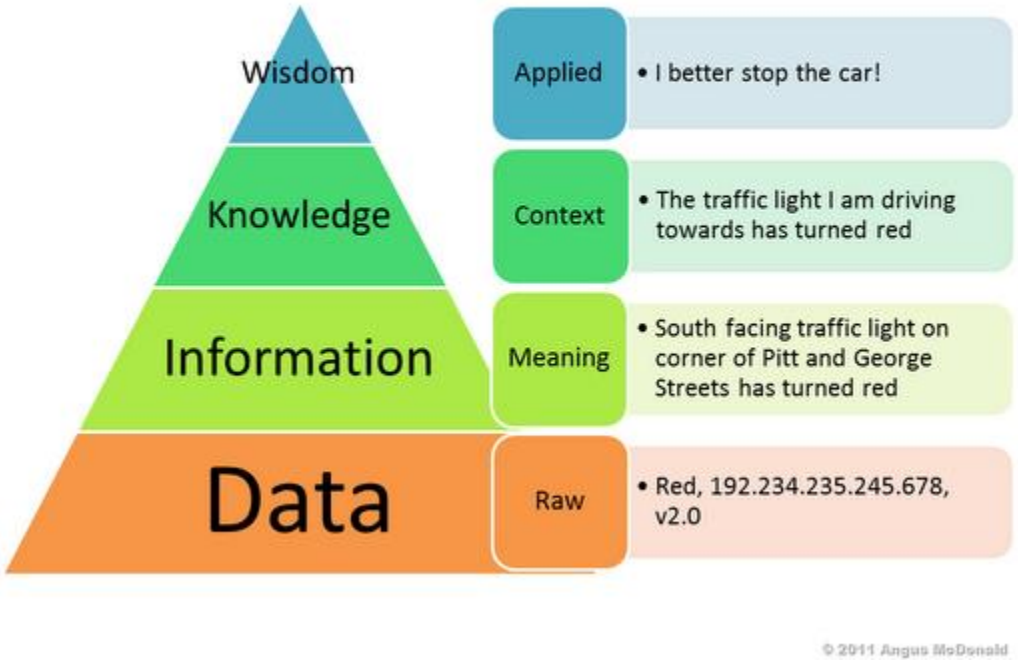
IoT piramisok

- Adatból információ
- Információból tudás





Példa: adat -> tudás

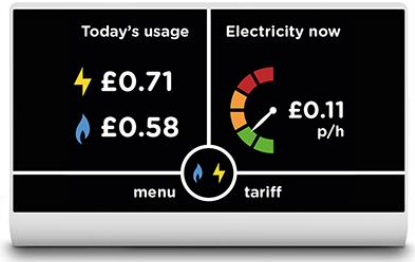


IoT típusok

- Consumer IoT – pl.: okos otthon, asszisztensek
- Commercial IoT – pl.: egészségügy, közlekedés
- Industrial Internet of Things (IIoT) – pl.: ipar, mezőgazdaság
- Infrastructure IoT – pl.: okos városok
- Military Things (IoMT) – pl. harcászat

IoT alkalmazás példák

- Smart City – Smart metering
- Smart Home, Smart Office
- Mezőgazdaság
  - Precision Farming
- Áruszállítás, árukövetés
- Egészségügy
- Közlekedés



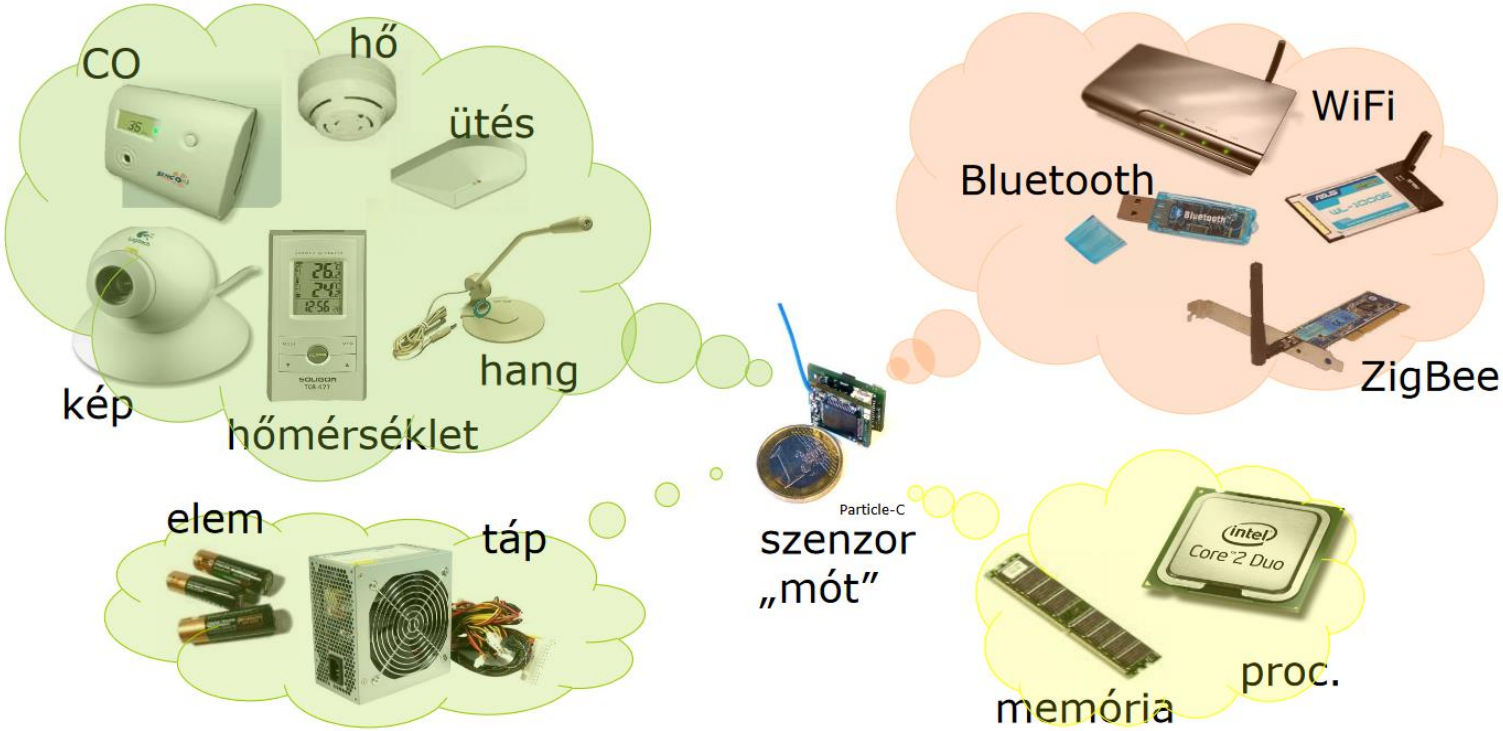
IoT megvalósítás

Megvalósítás

- Sok adat
  - Sok eszköz -> olcsó eszközök, kis méret, kis energiafogyasztás

- Kihívások
  - Kis érzékelők
  - Energiafogyasztás
  - Kommunikáció
    - Vezeték nélküli

IoT szenzor


CO
hő
ütés
kép
hőmérséklet
hang
elem
táp
Particle-C
szenzor
„mót”
WiFi
Bluetooth
ZigBee
memória
proc.
intel
Core 2 Duo

IoT kommunikáció

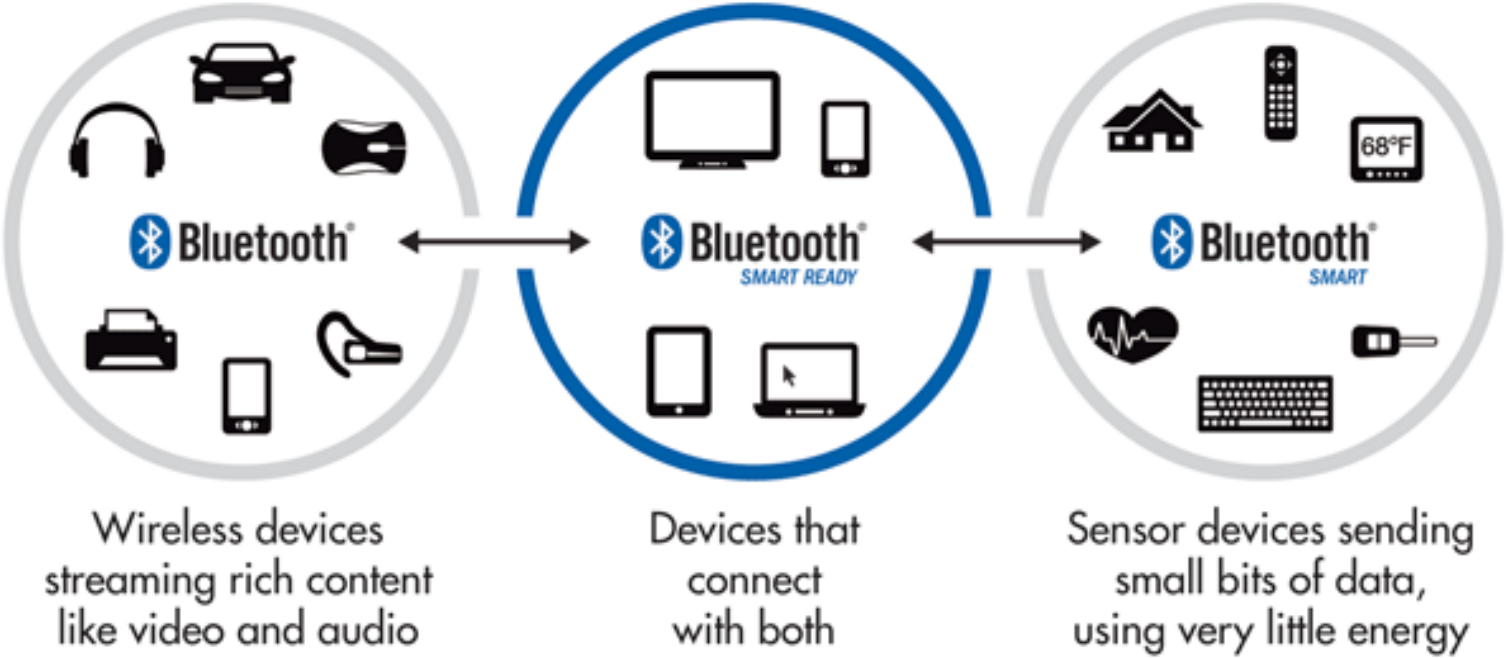
Vezetéknélküli szabványok

	SRD		WLAN		WWAN	
Parameters	**RF Sensors**	**Bluetooth**	**802.11b**	**802.11a**	**GSM/GPRS**	**IS2000**
Multiple Access	FHSS/ TDMA	FHSS/ TDMA	FDM/ CSMA/CA	FDM/ CSMA/CA	FDMA/ TDMA	CDMA
Frequency Band	125 kHz – 2.5 GHz	2402 - 2484 MHz	2402 - 2484 MHz	5.2 - 5.8 GHz	800 - 2000 MHz	1885 - 2200 MHz
Data Rate	1 - 200 kbps	1 Mbps	1 - 11 Mbps	1 - 54 Mbps	14 - 115 kbps	100 - 2000 Mbps
RF Modulation	ASK, mFSK, mPSK	FSK	DQPSK	nPSK/QAM-n OFDM	GMSK	QPSK (DL) BPSK (UL)
Transmission Power	1 mW - 4 W	1 mW – 100 mW	100 mW	100 mW	2 Watts	600 mW
Typical Range	20’ (passive) 400’ (active)	30 feet - 100 feet	400 feet	200 feet	20 miles	12 miles

Bluetooth Low Energy (BLE)

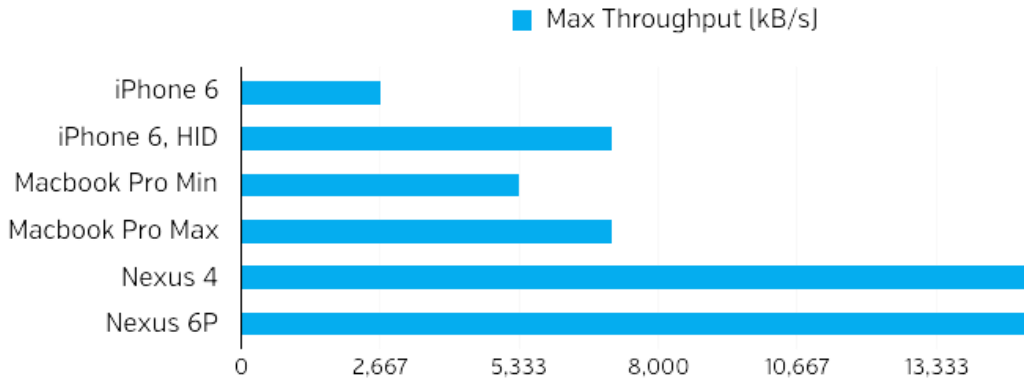
- 1998-ban jelent meg, a standard Bluetooth alacsony energiafogyasztású változata
- A Bluetooth v4.0 része (v4.0 = legacy v3.0 + BLE)
- Marketing neve: „Bluetooth Smart”
- Standard BT:
  - 1600 ugrás/sec, 79 x 1MHz csatorna
  - 1, 2, 3 Mbps
- BLE:
  - 40 x 2MHz (megbízhatóbb nagyobb távolságra)
  - max 1 Mbps (bruttó = 260 kbps nettó)
  - 1 mW kimeneti teljesítmény, kb. 50 méter, kb 6 msec késleltetés

BLE


Bluetooth
Bluetooth
SMART READY
Bluetooth
SMART
68°F
Wireless devices streaming rich content like video and audio
Devices that connect with both
Sensor devices sending small bits of data, using very little energy

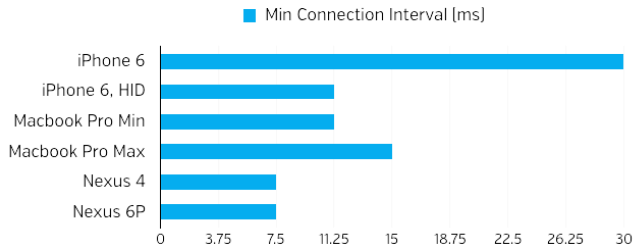
Bluetooth LE / Bluetooth Smart

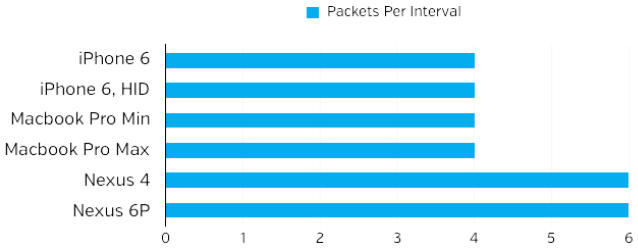
- Kis energia („fogyasztású”?) – Low Energy
  - Teljesen újratervezték, ez már nem a Bluetooth 2.0
- Gyors, olcsó
  - 2 Mbps ? – Csak a csúcs átvitel sebessége ennyi
  - Időréseket oszt, limitált kommunikáció
    - 2.5 KBps Iphone
    - 16 KBps Android Nexus 4
- Rövid hatótáv
- Hasonló technológia
  - Zigbee (pl. IKEA, Xiaomi, Philips Hue)
  - ANT+ (fitnesz eszközök)
  - Z-Wave, Wi-Fi HaLow, Thread

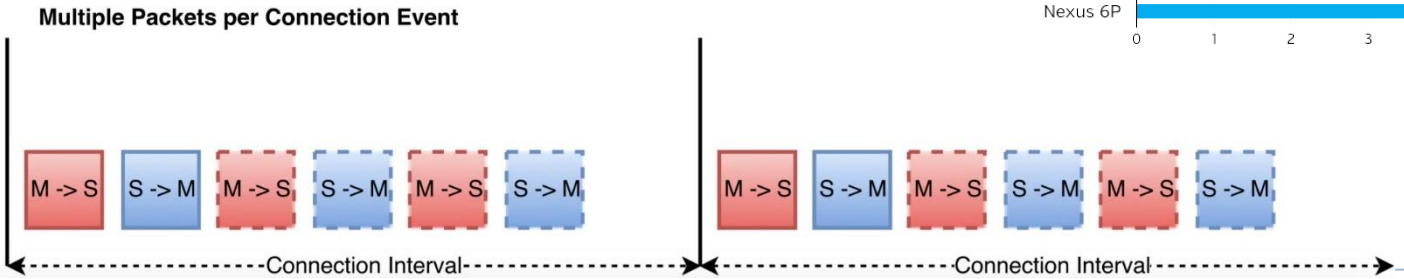


Bluetooth LE kommunikáció

- Central (Master, client) – Peripheral (Slave, server)
  - Central pl.: Mobiltelefon, laptop
  - Peripheral pl.: fitness karperec, pulzusmérő
- Connection Interval
  - Minimum 7.5 ms !!! Növelhető 1.25 ms értékenként
- Communication Event
  - Amikor a kommunikáció történik
  - Central -> Peripheral minden esetben, még ha nincs is semmi



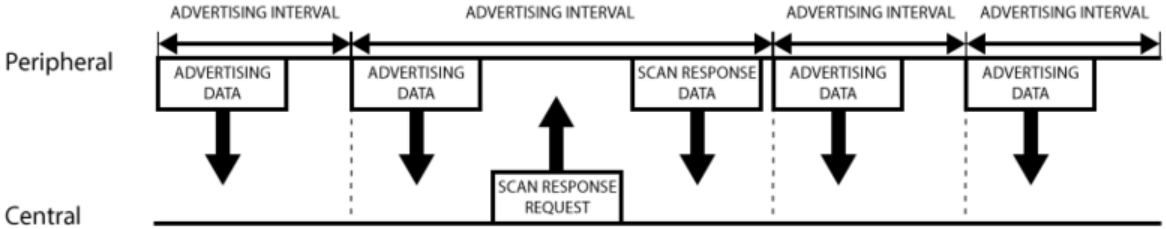




Adatátviteli struktúrák

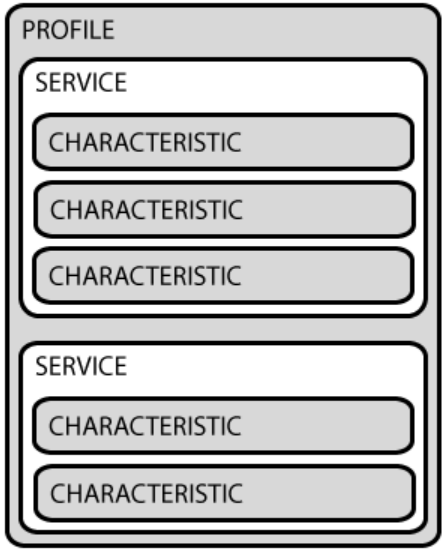
- Generic Access Profile - GAP
  - Kapcsolatok és hirdetés

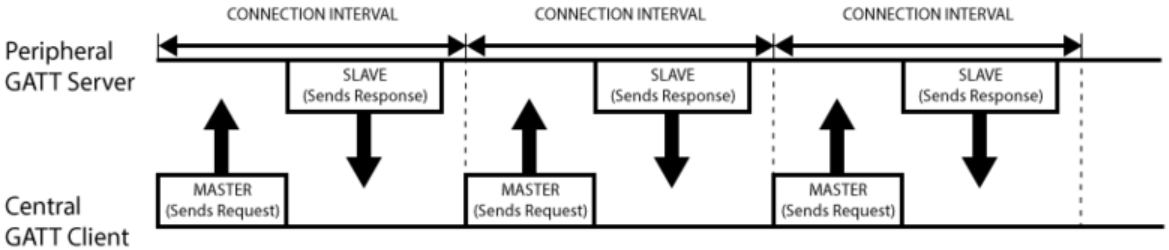
- Hirdetés
  - Advertising Data
    - A peripheral egység folyamatosan hirdeti magát, hogy értesítse a central egységeket jelenlétéről. Fix csatornákon történik (3 különböző), maximum 31 bájt méret. KÖTELEZŐ!
    - Állítható időintervallum
  - Scan Response
    - A central egység további adatokat is kérhet a peripheral egységtől, ez a Scan Response.



GATT - Generic Attribute Profile

- Adatok átvitele két eszköz között
  - Egy peripheral csak egyetlen central eszközhöz kapcsolódhat
    - GATT Server - Peripheral
    - GATT Client - Central
  - Services
  - Characteristics
  - Attribute Protocol (ATT)





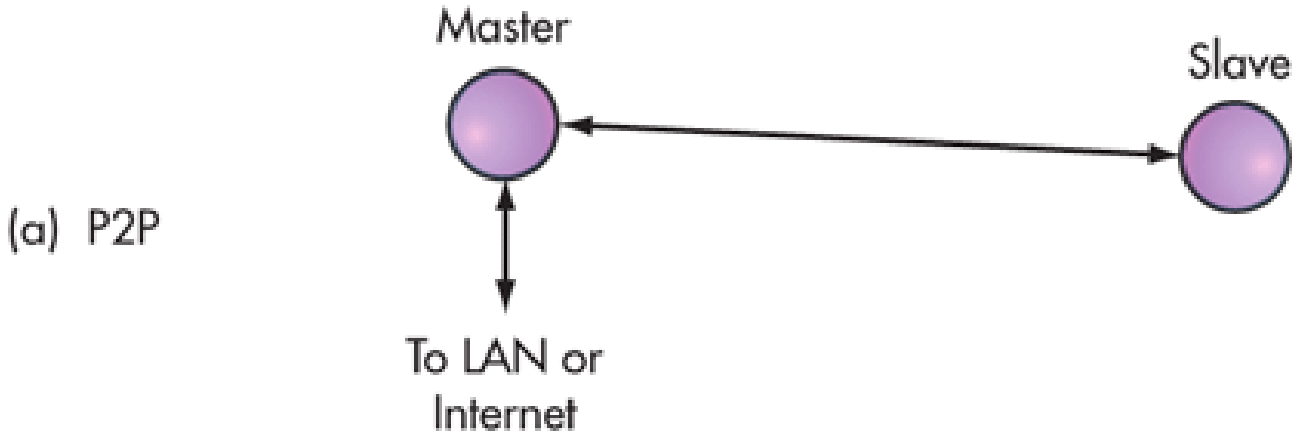
GATT - Generic Attribute Profile

- Profile
  - Előre definiált service gyűjtemény
  - Hivatalos és saját profile
  - Pl. Heart rate profile
- Service
  - Egyedi azonosító: UUID
    - 16 bit: hivatalos Bluetooth, 128 bit saját szolgáltatás
    - Pl.: Heart Rate Service 0x180D
- https://www.bluetooth.com/specifications/gatt
- Characteristics
  - Egyetlen adat
    - 16 bit: hivatalos Bluetooth, 128 bit saját szolgáltatás
    - Pl.: Heart Rate Measurement characteristic 0x2A37
  - Read, Write, Notify, Indicate
- Descriptor
  - Az adat értelmezésének leírása
    - 16 bit hivatalos Bluetooth
    - Pl.: Client Characteristic Configuration 0x2902

ANT+

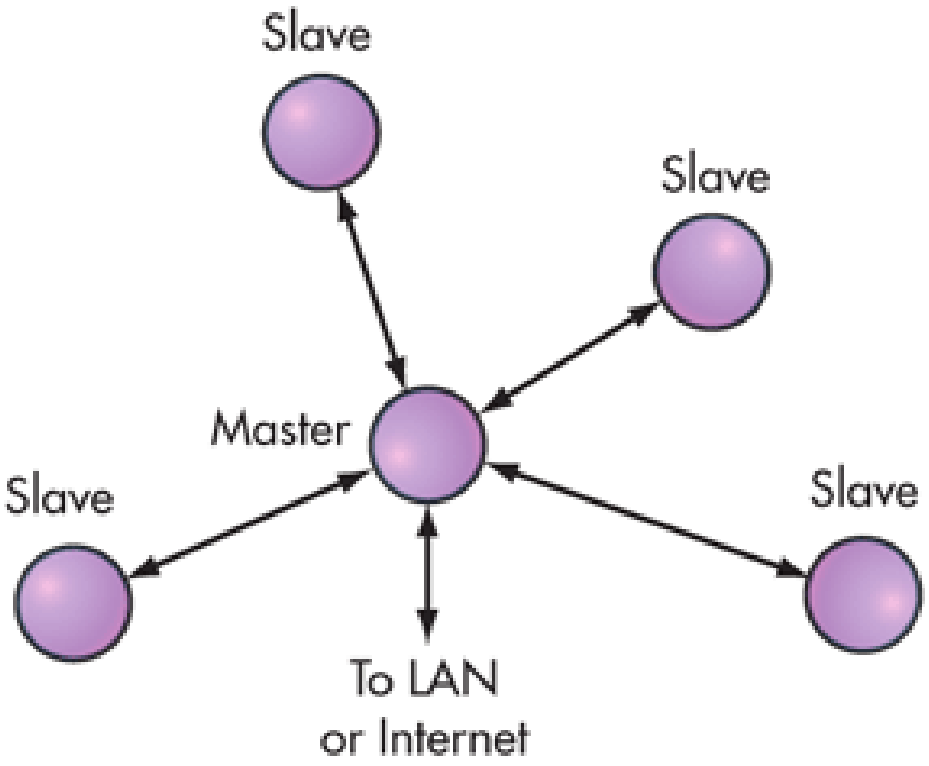
- „ANT” = vezetéknélküli adatátviteli protokoll
- „ANT+” = az ANT egy „implementálása”
- ANT+ Alliance (Dynastream Innovations Inc. – Garmin)
- „ecosystem” kifejezetten **sport és fitness alkalmazások** számára
  - pl. lépésszámláló, pulzusmérő, ...
- Jellemzők
  - Fizikai- , hálózati- és transzport-réteg megoldás
  - Bluetooth-nál alacsonyabb energiaigény – „Ultra Low Power”
  - 2.4 GHz ISM sáv (2400 MHz – 2524 MHz)
  - TDMA
  - Topológiák: p2p / csillag / fa / mesh

ANT+ p2p topológia

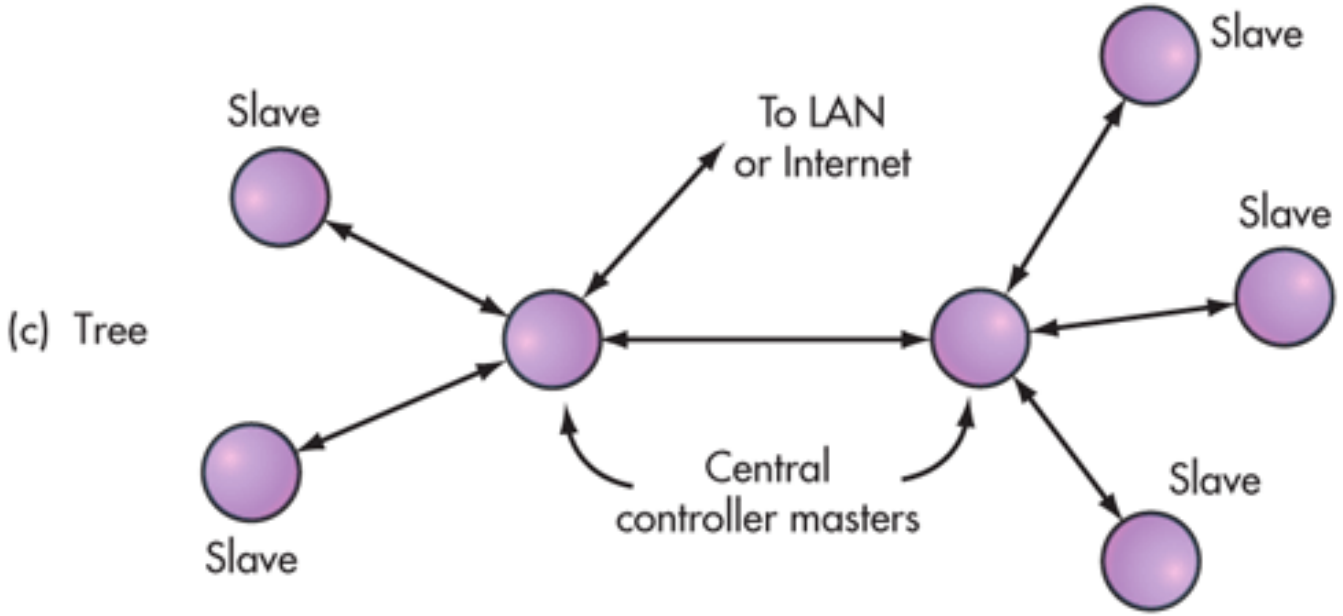


ANT+ csillag topológia

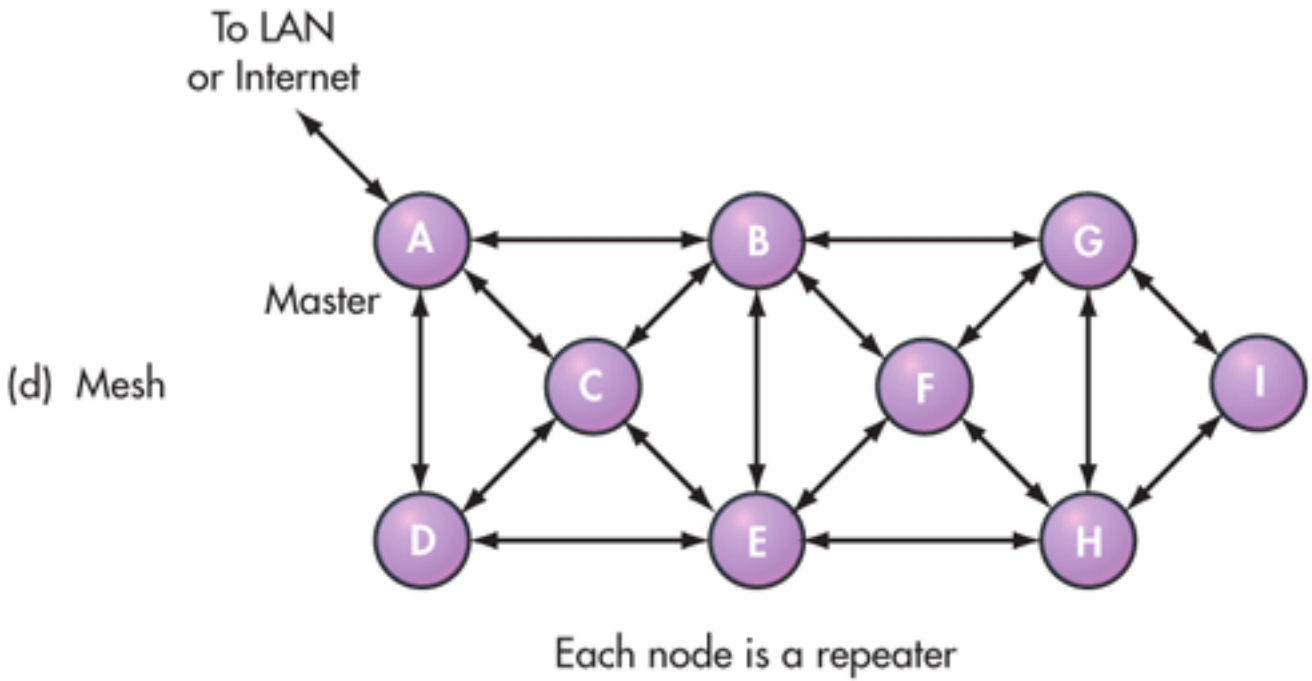
(b) Star



ANT+ fa topológia



ANT+ szövevényes (mesh) topológia



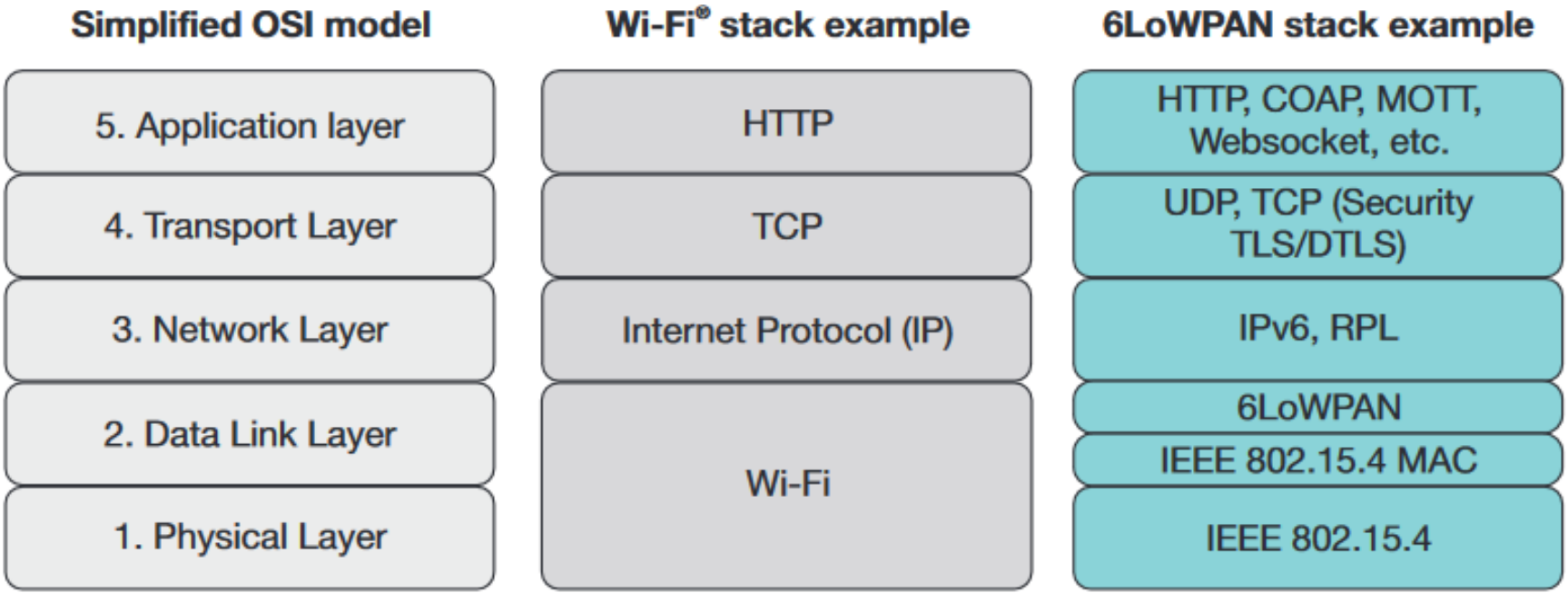
BLE vs ANT+

COMMON ANT AND BLUETOOTH LOW ENERGY FEATURES		
Technology	**ANT**	**Bluetooth Low Energy**
Frequency	2.4 to 2.483 GHz	2.4 to 2.483 GHz
Topologies supported	P2P, star, tree, mesh	P2P, star
Modulation	GFSK	GFSK
Channel width	1 MHz	2 MHz
Protocol	Simplest	More complex
Data rate	1 Mbit/s	1 Mbit/s
Range	50 meters	50 meters
Security	64-bit key	128-bit AES

6LoWPAN

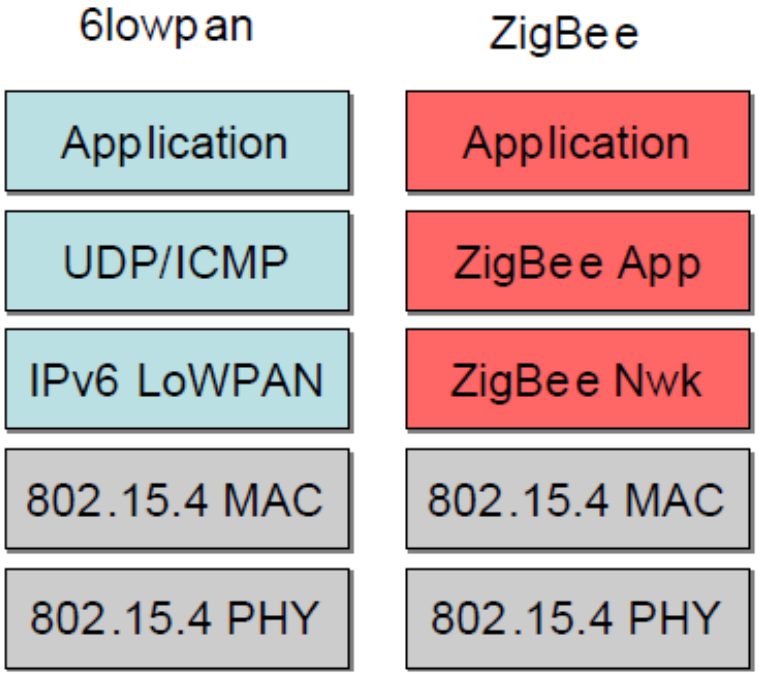
- IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks
- IETF (Internet Engineering Task Force) WG ajánlás
- Ötlet: „*IP mindenhol és mindenen*”
- IPv6 csomagok IEEE 802.15.4 felett
  - csomag beágyazás (encapsulation)
  - header compression (pl.: 2 byte azonos 6LoWPAN hálózaton belül, 12 byte ismert prefix-ű külső 6LoWPAN hálózatba, 20 byte egyébként)

6LoWPAN


Simplified OSI model
Wi-Fi® stack example
6LoWPAN stack example
5. Application layer
4. Transport Layer
3. Network Layer
2. Data Link Layer
1. Physical Layer
HTTP
TCP
Internet Protocol (IP)
Wi-Fi
HTTP, COAP, MOTT, Websocket, etc.
UDP, TCP (Security TLS/DTLS)
IPv6, RPL
6LoWPAN
IEEE 802.15.4 MAC
IEEE 802.15.4

ZigBee vs 6LoWPAN

- Versenyzők, hiszen mindkettő 802.15.4 feletti megoldás
- (Megj: 6LoWPAN más PHY felett is!)



Alacsony fogyasztású, nagy hatótávolságú kommunikációs megoldások

SigFox és a LoRa protokollok. A LoRaWAN hálózat. NB-IoT (Narrow-Band IoT) és LTE-M

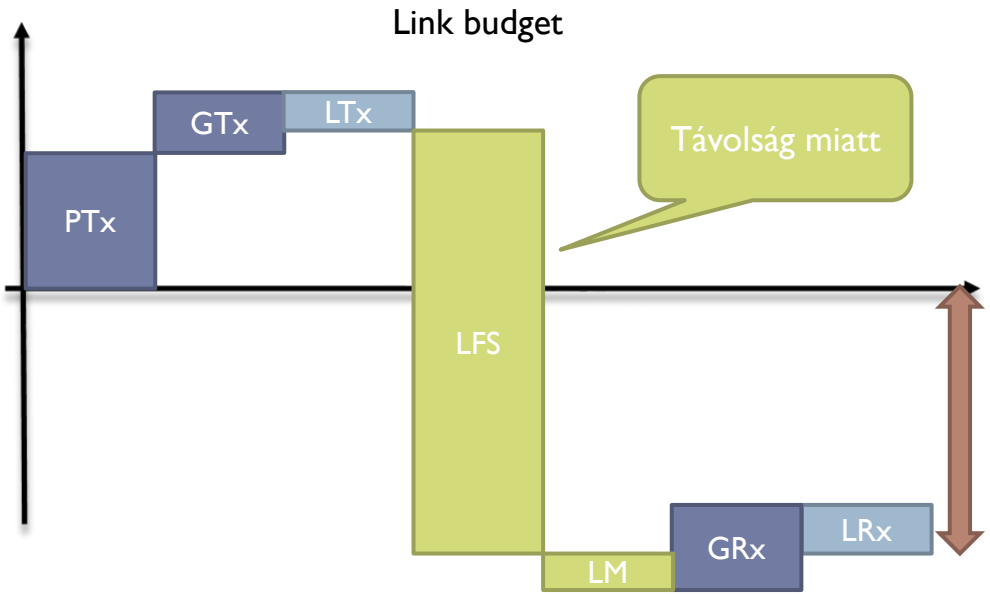
IoT Long Range – nagy hatótávolság

- Fontos a nagy távolság
  - A GW-ek száma csökkenthető (elhagyható)
  - Nagy lefedettségű hálózat épülhet
  - Alkalmas lehet a városi környezetre
- SigFox:
  - -126 dBm @ 100 bps
  - 60mW / 30mW
- LoRa:
  - -148 dBm @ 18 bps
  - 60mW / 30mW
- RPMA (Ingeneu):
  - 2.4 GHz ISM
  - -142 dBm
  - 156 / 624 Kbps

Ultra Narrow Band (100Hz)

Extrém Link Budget

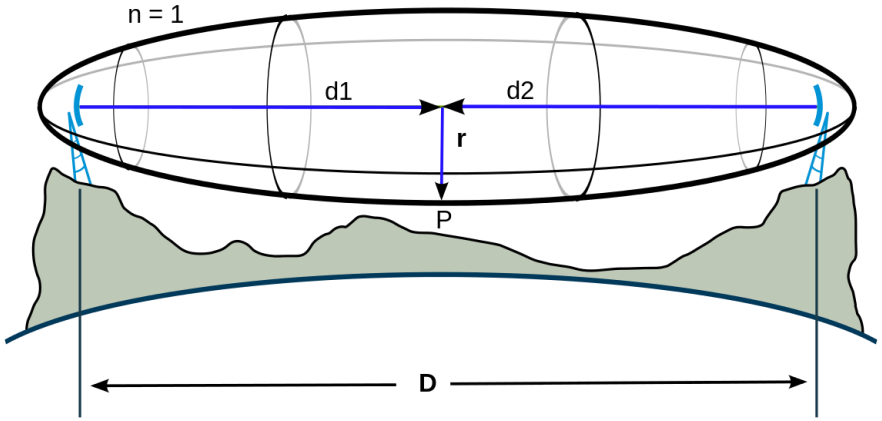
„Nagy” sebesség



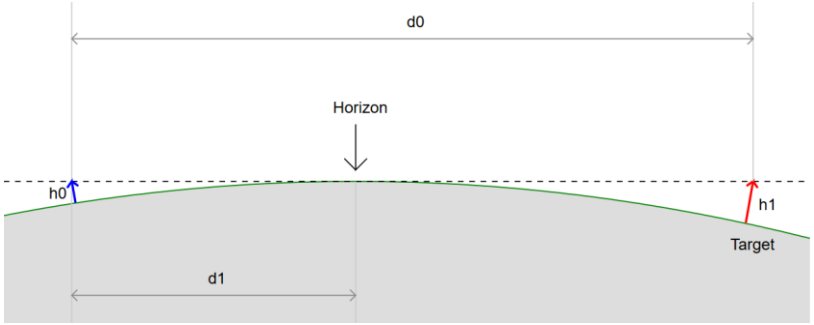
50km @ 868MHz ~ 125.2dB, 5km @ 868 MHz ~ 105.2dB

Terjedési veszteség

- Távolság függvényében
  - Közvetlen rálátás
  - Fresnel zóna



- Városi veszteségek
- Épületen belüli veszteségek



Sigfox

Sigfox

„We power the IoT with the simplest communication solutions.”

We have a dream – Imagine a world where things can communicate with us”

(Sigfox)

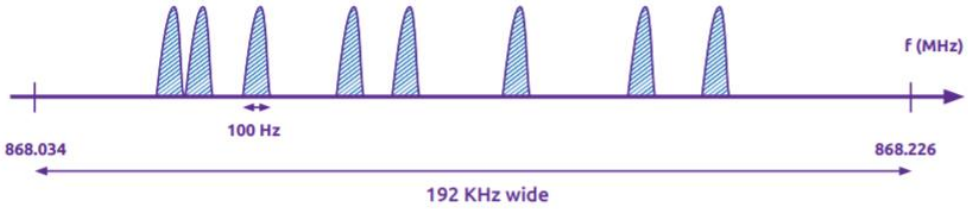
Sigfox

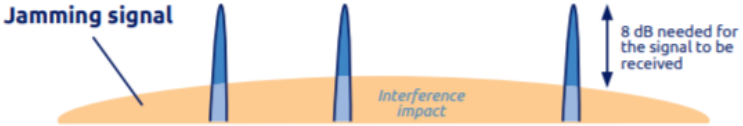
- Francia vállalkozás, 2009-ben alapították. „proprietary solution”
- LPWAN (= low-power WAN) megoldás, alacsony adatátviteli sebességgel
- ISM sáv (868 MHz Európában, 902, 928 MHz máshol)
- ultra keskenysávú (Ultra Narrow Band) LPWAN
- Csillag hálózati topológia, cellás (mobil) operátor hálózatával kiegészítve
- SIGFOX szabvány: 140 uplink üzenet naponta, 6-12 bájtos tartalommal + 4 downlink üzenet naponta fix 8 bájtos tartalommal
- Tipikus alkalmazási terület: okos mérők, távvezérlők, ...
- 30-50 kilométeres cellaméretek (városban kisebb)
- LOS (line-of-sight) üzenetek akár(*) **100 kilométerre is**! (*inkább 40 km)

Sigfox Ultra Narrow Band

- 868 MHz (Európa), 192KHz, 100Hz D-BPSK
- Random access
  - 3x ismételt üzenet, különböző frekvienciákon
- 100bps ! 12 byte = 2.08 mp

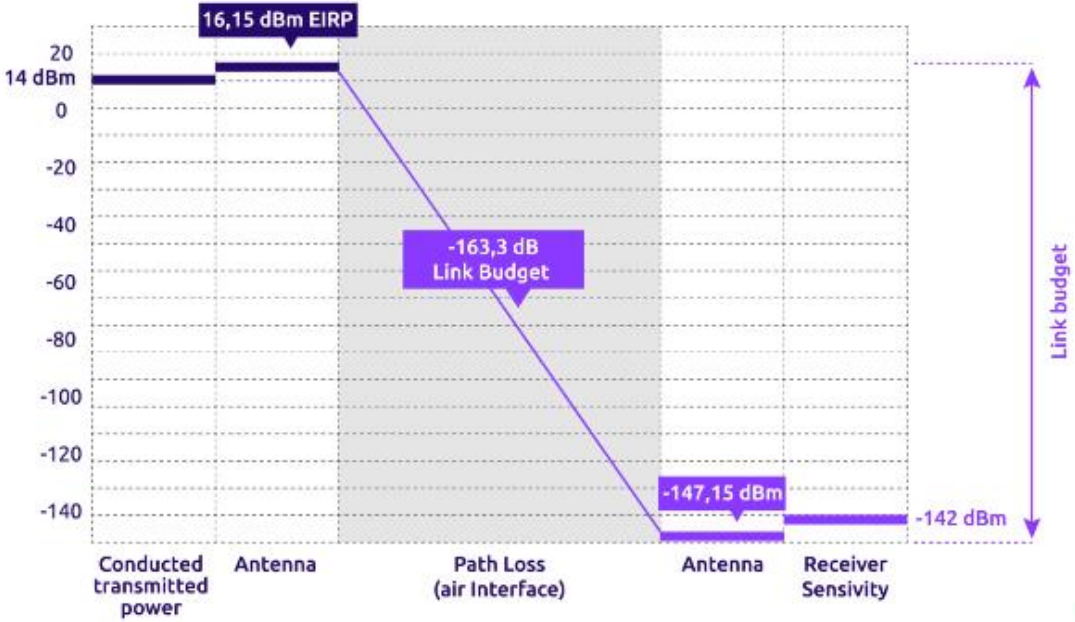
Idő és frekvencia diverzitás





Sigfox link budget

Ultra Narrow Band brings Long-Range



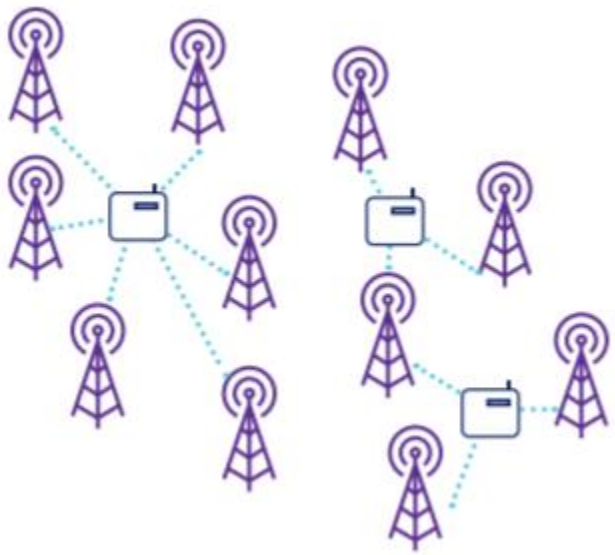
sigfox

Sigfox bázisállomások

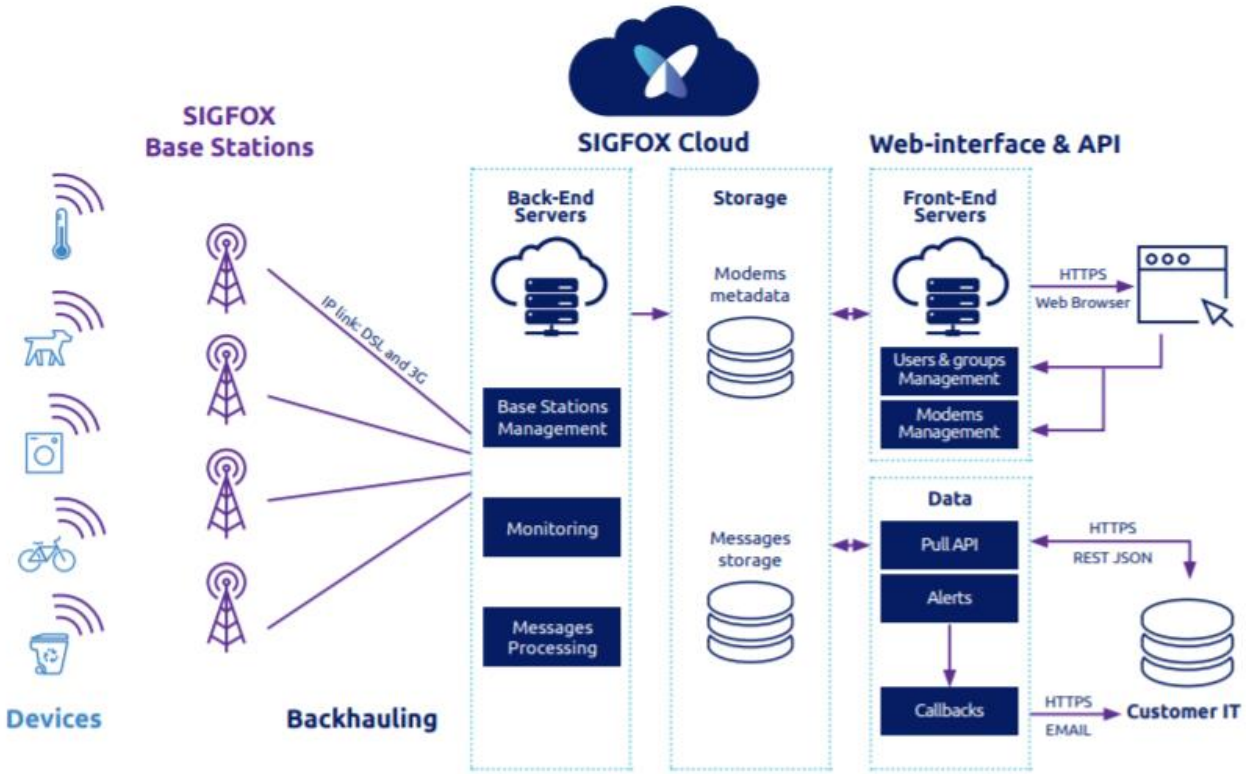
- Egy adót egyszerre több vevő is fogad

Térbeli diverzitás

- Kétirányú kommunikáció
  - Az adó által küldött üzenet után 20 mp-cel nyílik a vevő ablak, ami maximum 25 mp-ig marad nyitva
  - A frekvencia az adó által először küldött + egy ismert eltérés

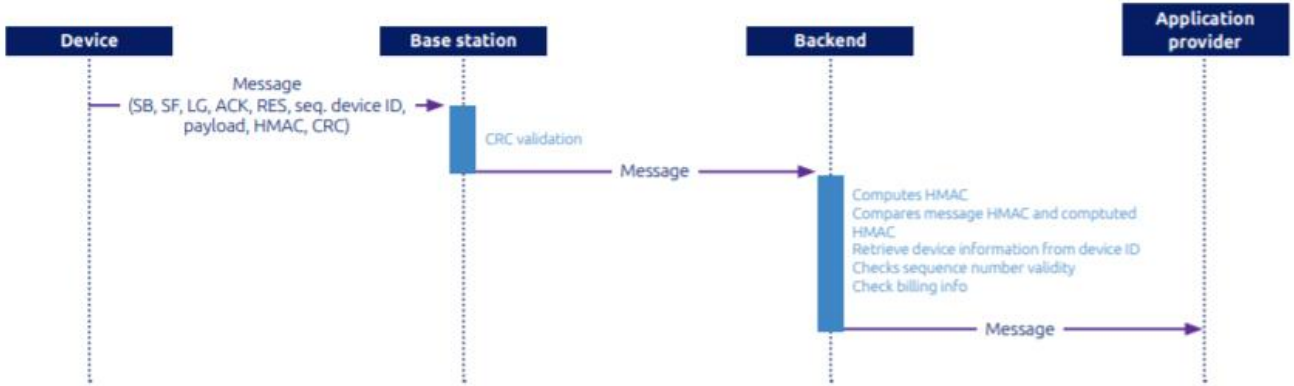


Sigfox architektúra



Sigfox biztonság

- Titkosítás (AES), hitelesítés, integritás védelem, visszajátszás védelem
  - Az adat rész külön titkosítva, a felhasználó kulcsával!
  - Medium – high – very high level security, a kulcsok tárolásától függően
    - Legerősebb védelem Secure Element használatával



Sigfox

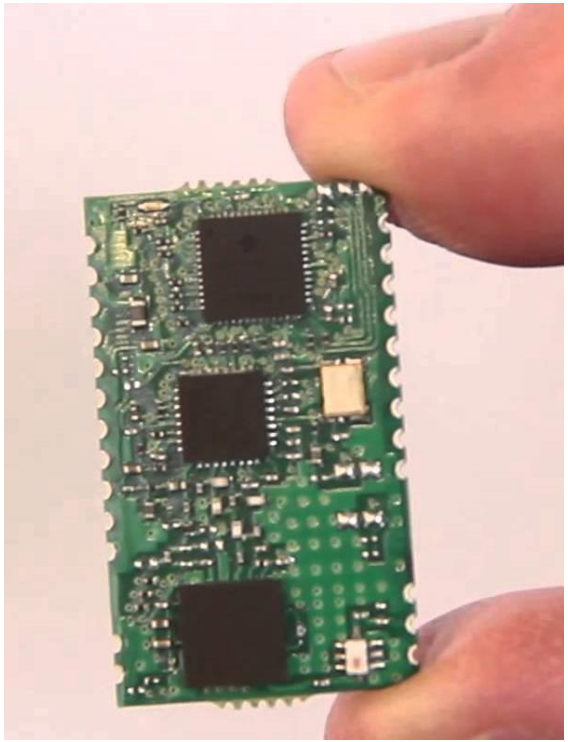
- 50 uW egyirányú módban
- 20 éves élettartam 2500 mAh elemről
- < 1 EUR modem ár
- 3 bázisállomás egy 1 milliós nagyvárosban elég
- Főleg Nyugat-Európában, de USA-ban és Szingapúrban is terjed rohamosan
  - 2018: 3.5 millió eszköz
  - 2019: 11.5 millió eszköz
  - 2020 (becslés): 15 millió eszköz (2023: 1 milliárd eszköz ?)

Sigfox

- Tervezési döntések

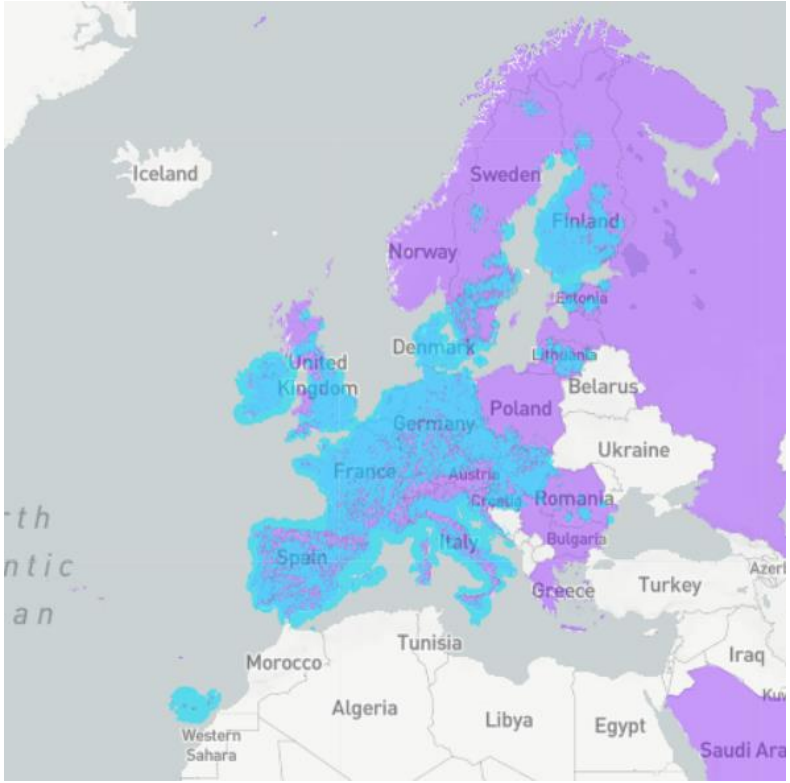
DESIGN CHOICES	BENEFITS: Long device battery life-cycle	Low devices cost (SW/HW)	Low connectivity fee	Spectral efficiency High network capacity	Long Range Wide Area Network (LPWAN)
Small messages	✔			✔	
Few messages per day	✔			✔	
No signalling for MAC	✔	✔			
Pseudo-random access to PHY				✔	
Ultra Narrow Band (modulation + bitrate)		✔		✔	✔
Transmission power	✔	✔			✔
Operation in unlicensed bands			✔		

SIGFOX modem



SIGFOX lefedettség

- https://www.sigfox.com/en/coverage



LoRa / LoRaWAN

LoRa / LoRaWAN

„ENABLING THINGS TO HAVE A GLOBAL VOICE"

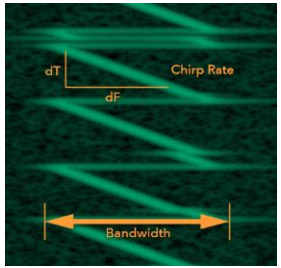
(LoRa Alliance)

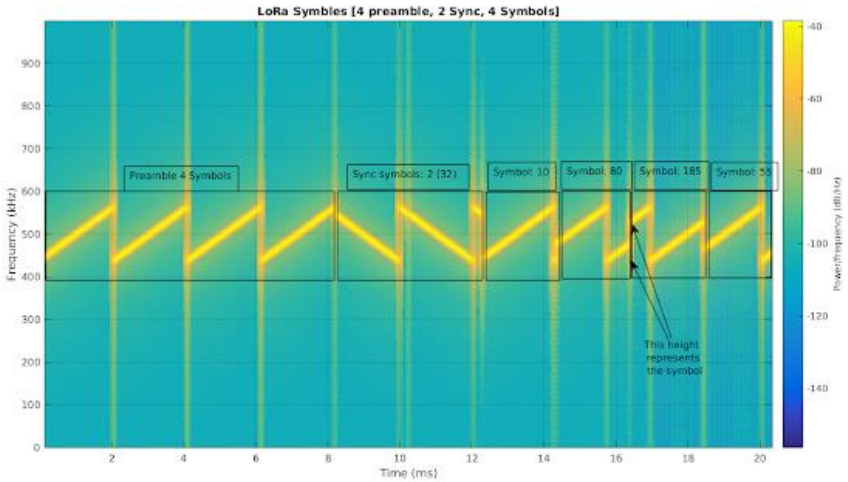
LoRa

- Nyílt szabvány: „carrier-grade IoT LPWAN” megoldás elemről üzemeltetett eszközökhöz
- LoRaWAN ≠ LoRa protokoll
- Hálózati topológia: „csillagok csillaga”
  - átjáró (gateway) elemek: standard IP a szerver felé, direkt (1-hop) rádiós link a végberendezéshez

LoRa rádió

- Chirp Spread Spectrum
  - BW - Bandwidth: 125 – 250 – 500 kHz
    - Minél szélesebb csatorna, annál több adat
  - SF – Spreading Factor: 7-12
    - Hány chirp egy szimbólum: 2^{SF}
  - CR – Coding Rate: 4/5 – 4/8
    - FEC hibajavítás
    - hány bitet/hány biten



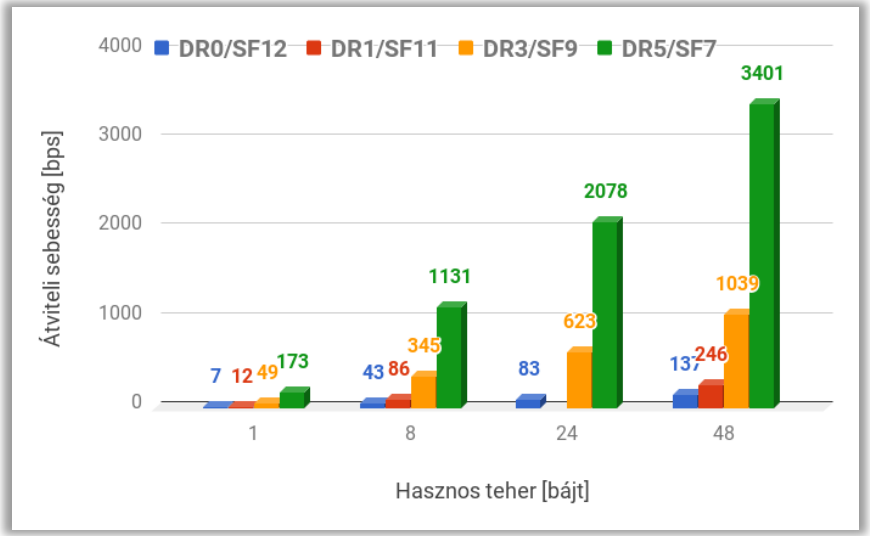


- Európai (ETSI) szabályozások
  - 1 % adó

LoRa átviteli sebesség

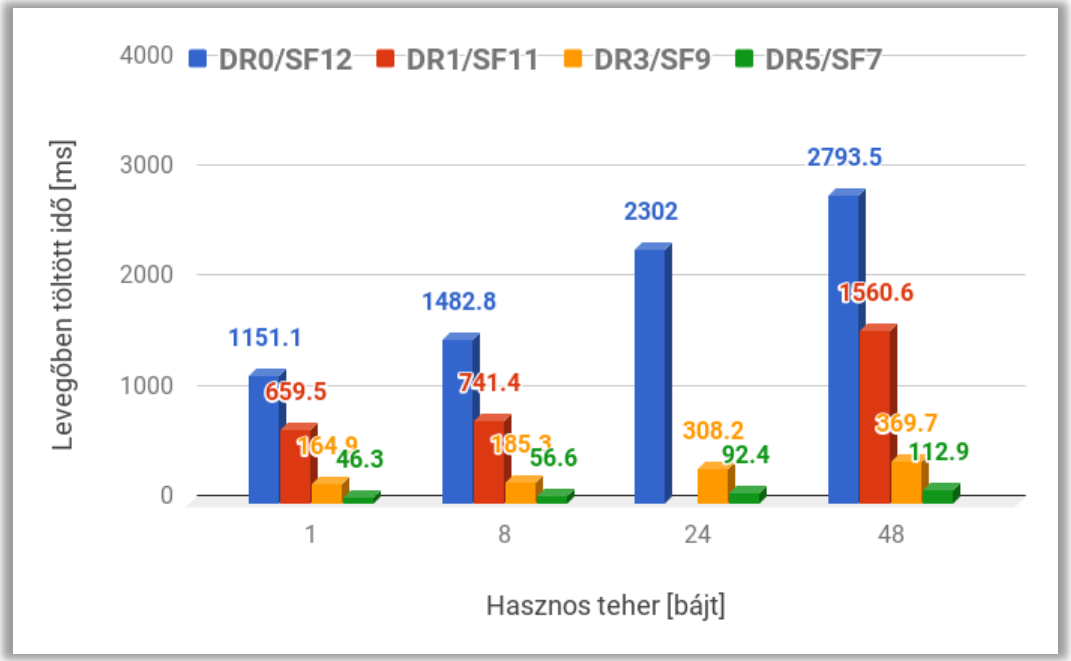
- Mérések az eszközök által (szerver és kliens is)
  - EU leglassabb átvitel (DR0): 1 bájt, 1151 ms
  - EU gyors átvitel (DR5): 48 bájt, 112.9 ms

De már „csak” km távolság!

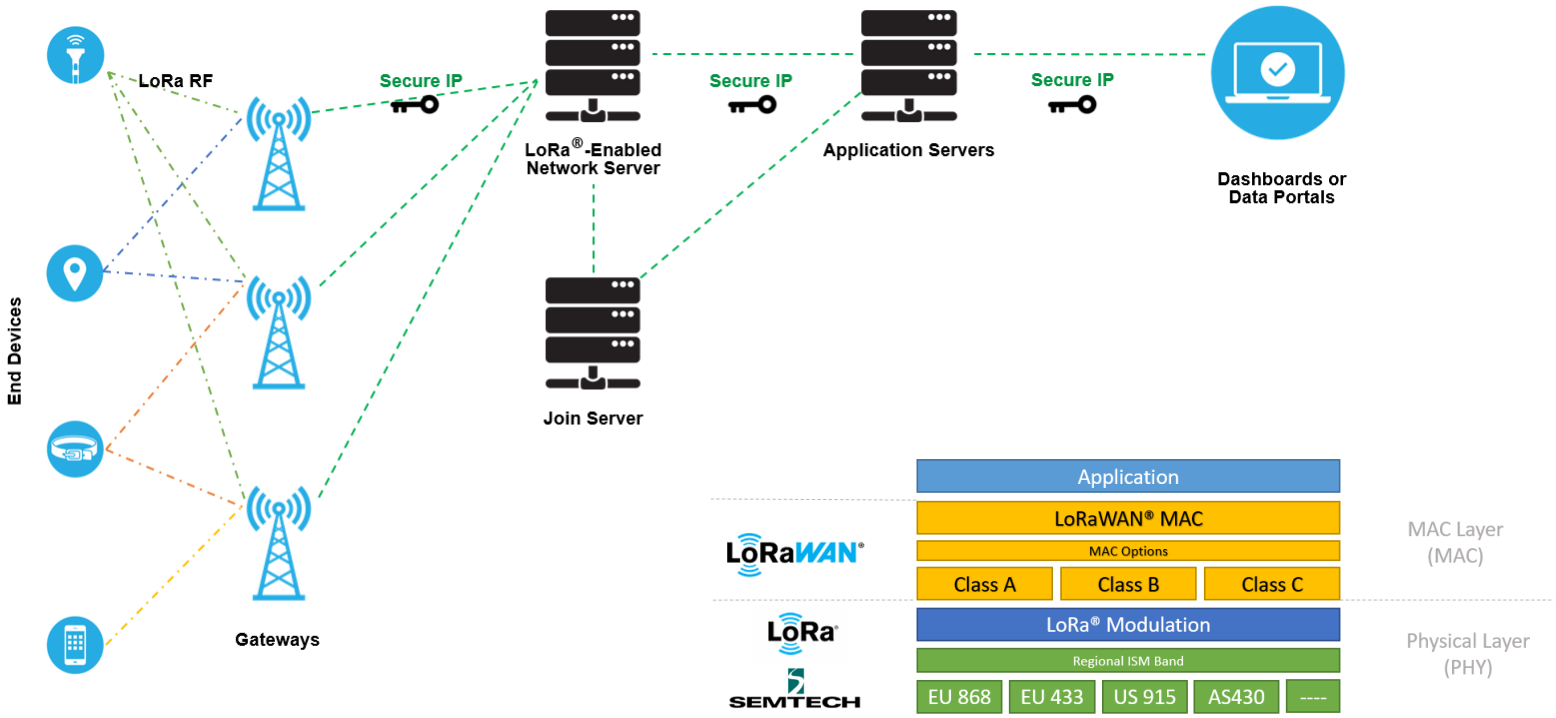


LoRa levegőben töltött idő

- Levegőben töltött idő



LoRaWAN architektúra

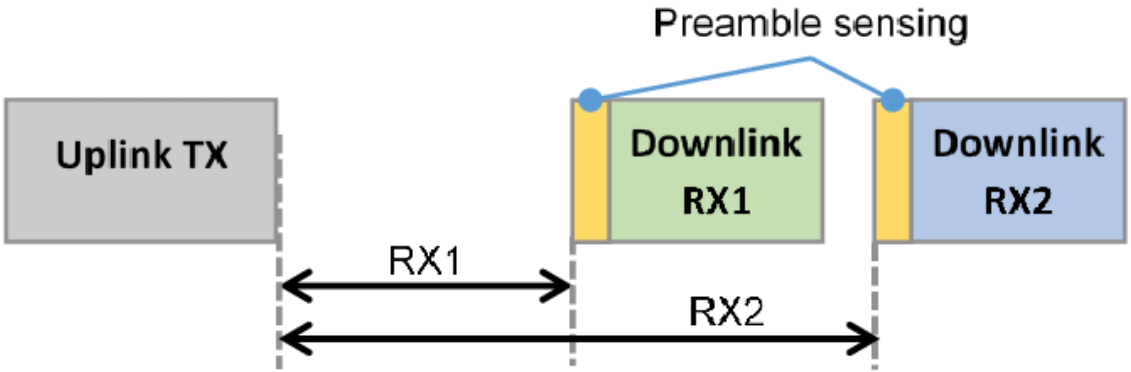


LoRaWAN

- Biztonságos, kétirányú kommunikáció, nyugtázott átvitel
- Lokalizációs szolgáltatások, mobilitás kezelése
- Adatsebességek: 0.3 kbps – 50 kbps
- ADR (Adaptive Data Rate): A szerver minden végberendezéshez egyenként határozza meg a RF kimenet paramétereit. („*Auto-magically manage SF for each end-device*” ☺)
- Különböző végberendezés osztályok: Class A, B, C

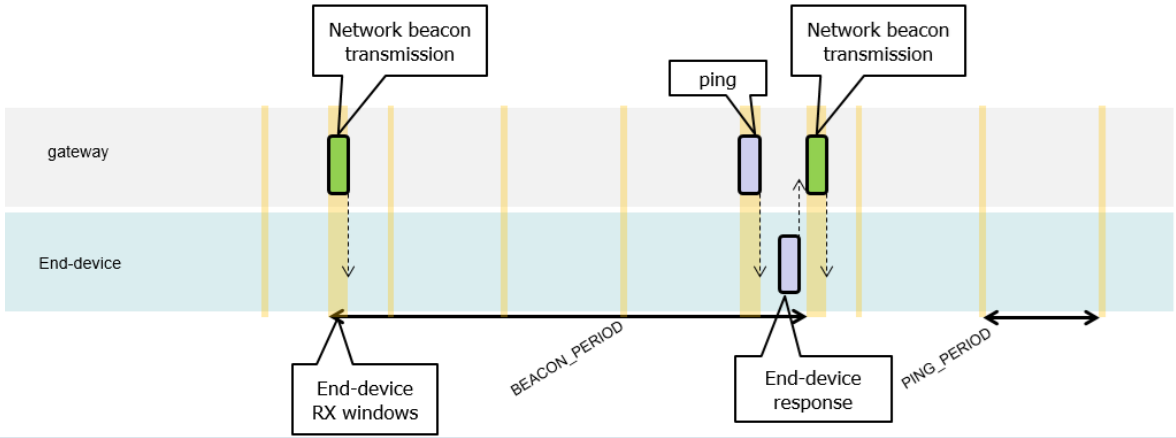
LoRaWAN osztályok

- Különböző végberendezés osztályok: Class A, B, C
  - Class A: elemről működtetett
    - kétirányú kommunikáció
    - végberendezés kezdeményez (uplink), downlink csak előzetes uplink esetén



LoRaWAN osztályok 2.

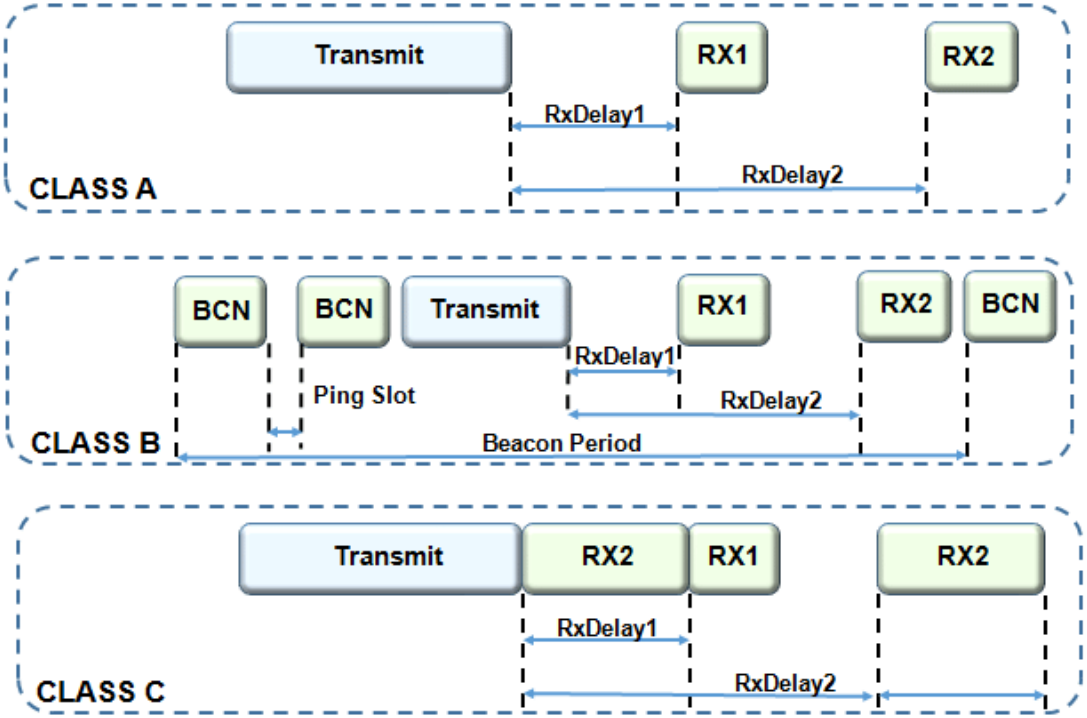
- Különböző végberendezés osztályok: Class A, B, C
  - Class B: kis késleltetésű
    - kétirányú kommunikáció ütemezett vételi ablakokkal
    - periodikus beacon a gateway-től (128 s)
    - szerver is kezdeményezhet átvitelt (ping slot)



LoRaWAN osztályok 3.

- Különböző végberendezés osztályok: Class A, B, C
  - Class C: real-time
    - unicast és multicast is
    - szerver kezdeményezhet bármikor átvitelt
    - a végberendezés folyamatosan kész a vételre

LoRaWAN osztályok 4.



LoRaWAN kommunikáció

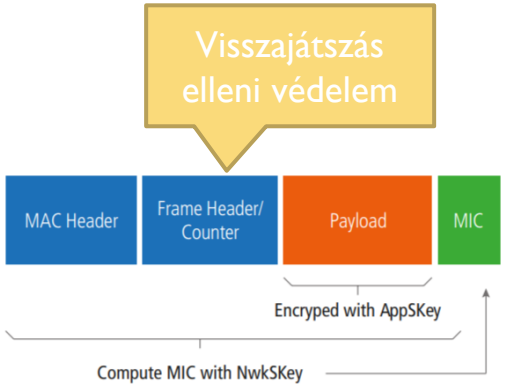
- Device Address
  - 32 bites, nem globálisan egyedi azonosító
    - Az adott hálózatban egyedi
    - Prefix címek. 7/14/22 bites hálózati cím
- Session keys
  - AppSKey: 128 bites privát kulcs az alkalmazáshoz
    - Titkosítás AES-CTR alapján
  - NwkSKey: 128 bites hálózati kulcs
    - Integritás ellenőrzéshez (MIC) AES-CMAC algoritmus alapján

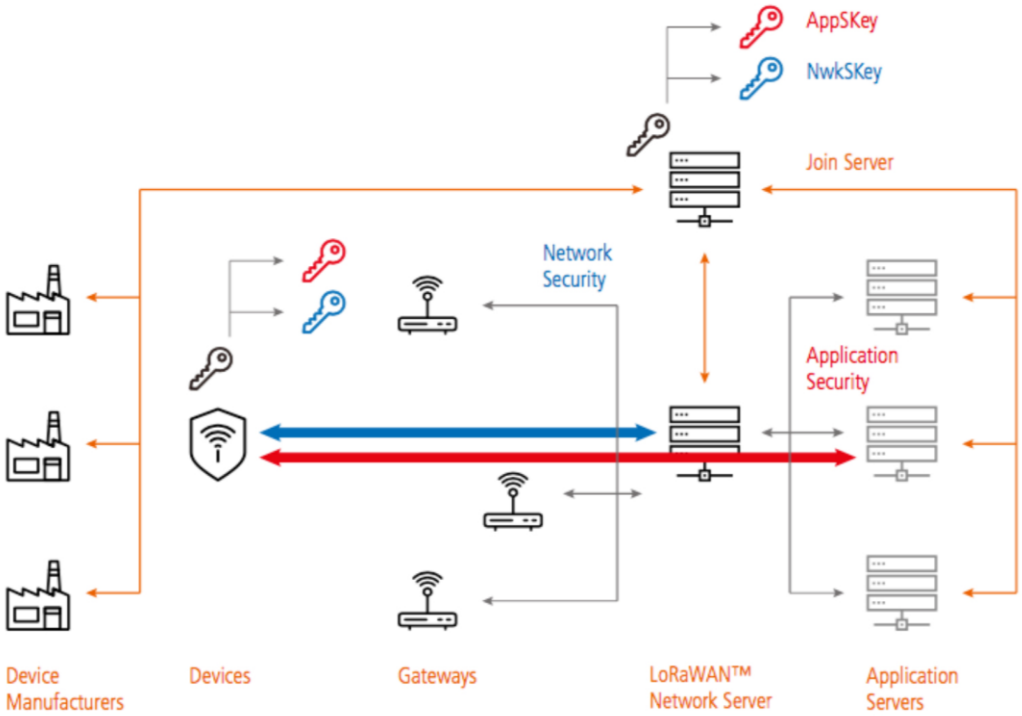
LoRaWAN beléptetés (commissioning)

- ABP (Activation By Personalization)
  - session kulcsok „beégetése” a gyártás során, adott hálózathoz kötötten. Nincs szükség OTTA-ra, az eszköz egyből kész a kommunikációra.
- OTAA (Over-the-Air Activation)
  - globális egyedi azonosítók alapján: Join Request – Join Accepts
  - DevAddr, AppSKey és NwkSKey dinamikus generálása
  - AppKey: 128 bites privát kulcs a többi kulcs generálásához
  - DevEUI és AppEUI 64 bites eszköz/alkalmazás azonosítók

LoRaWAN 1.0

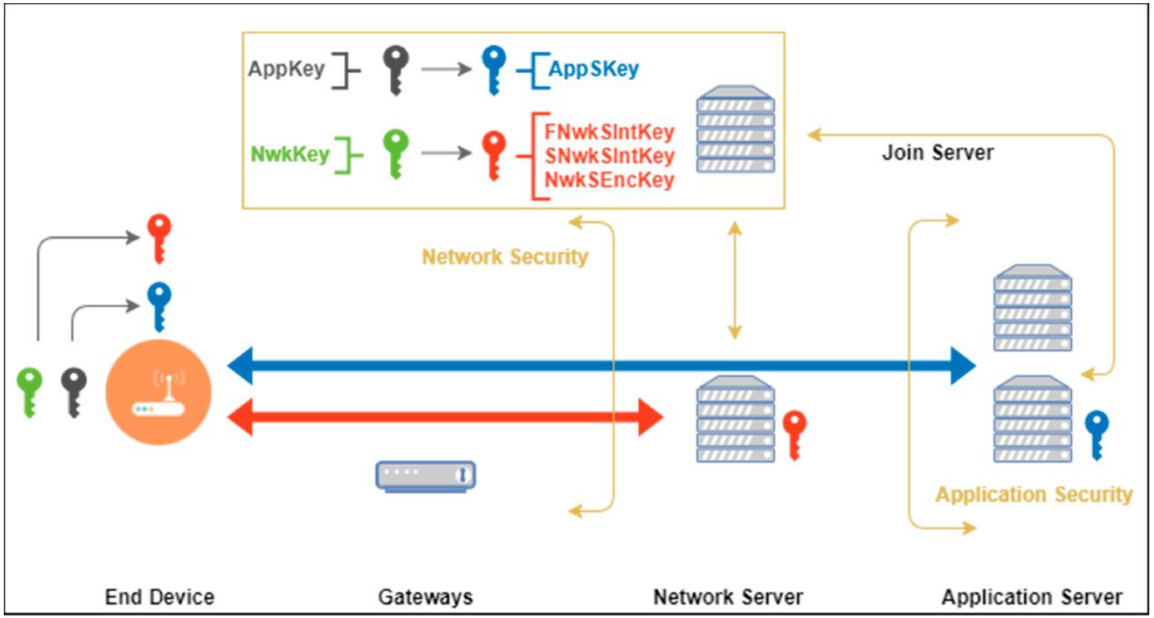
- AppSKey átadása az applikáció szervernek



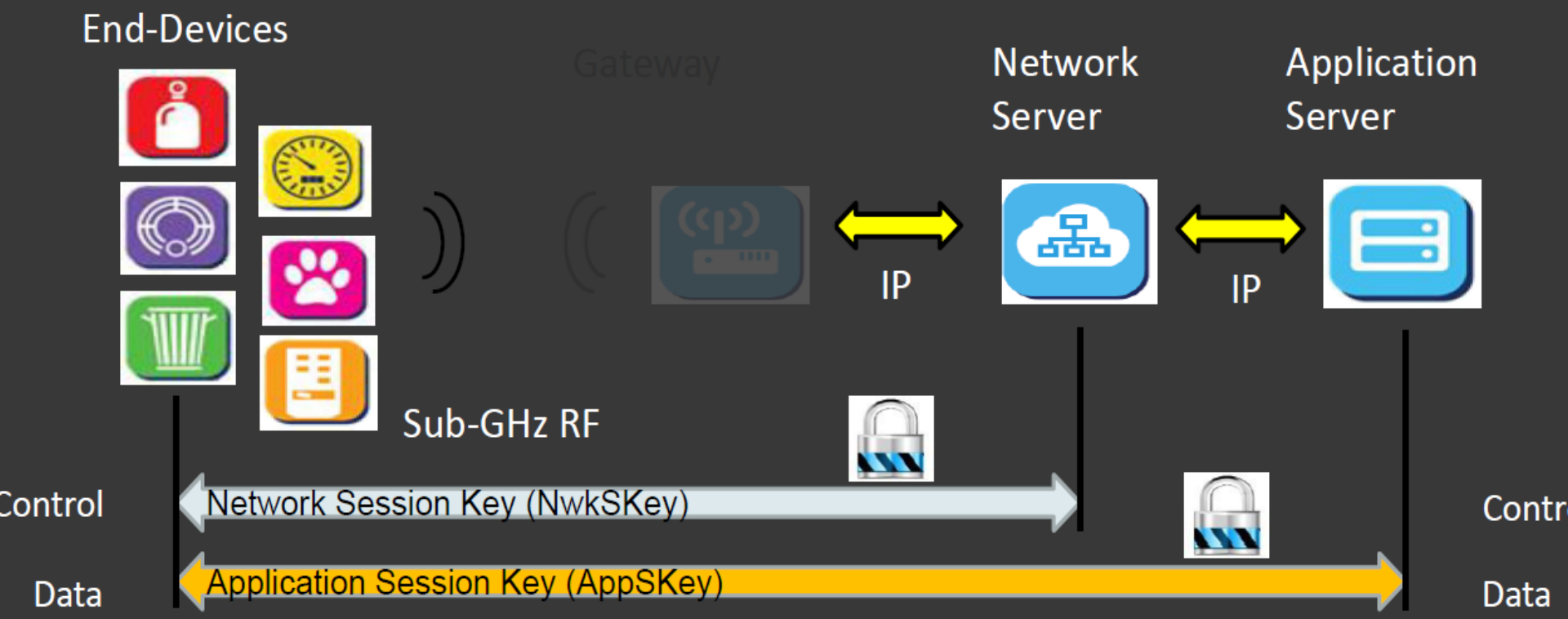


LoRaWAN 1.1

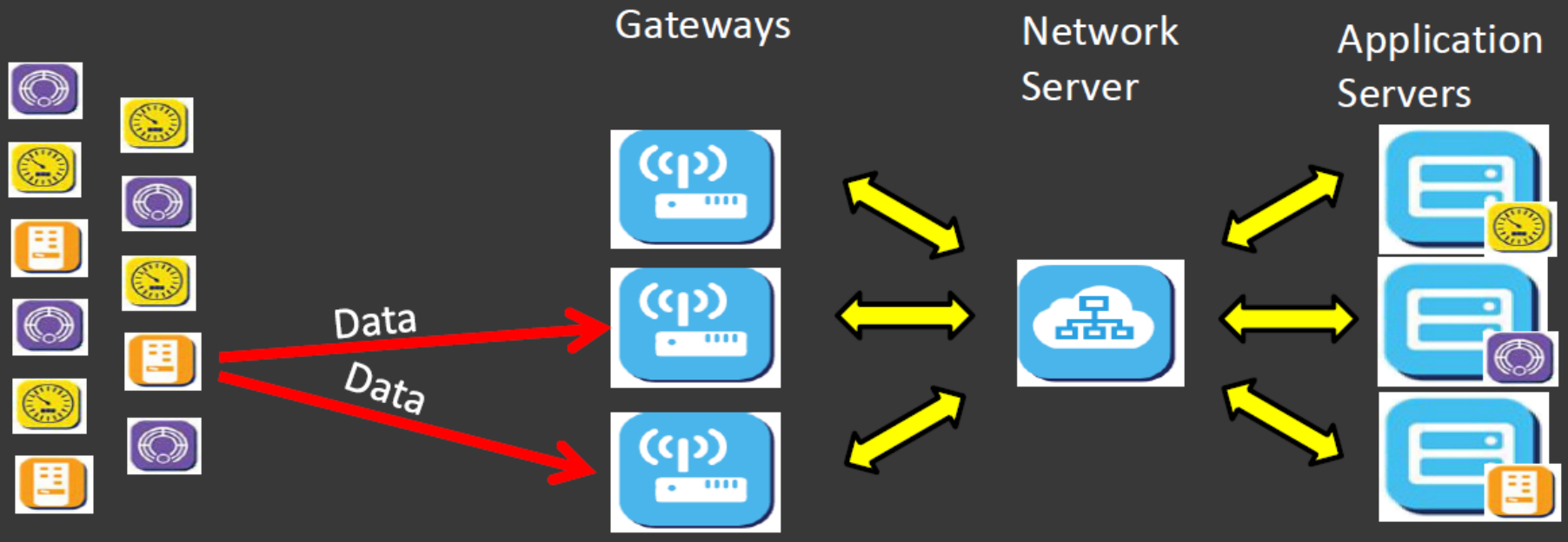
- Két kulcs a JOIN működéséhez
  - AppKey – Felhasználó
  - NwkKey - Operátor



Logical Data Flow (Programmer's Model)

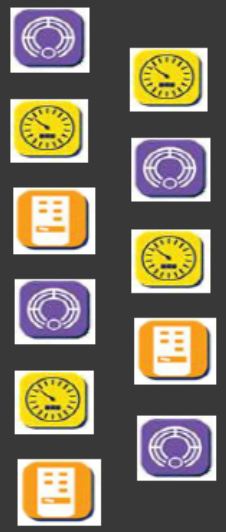


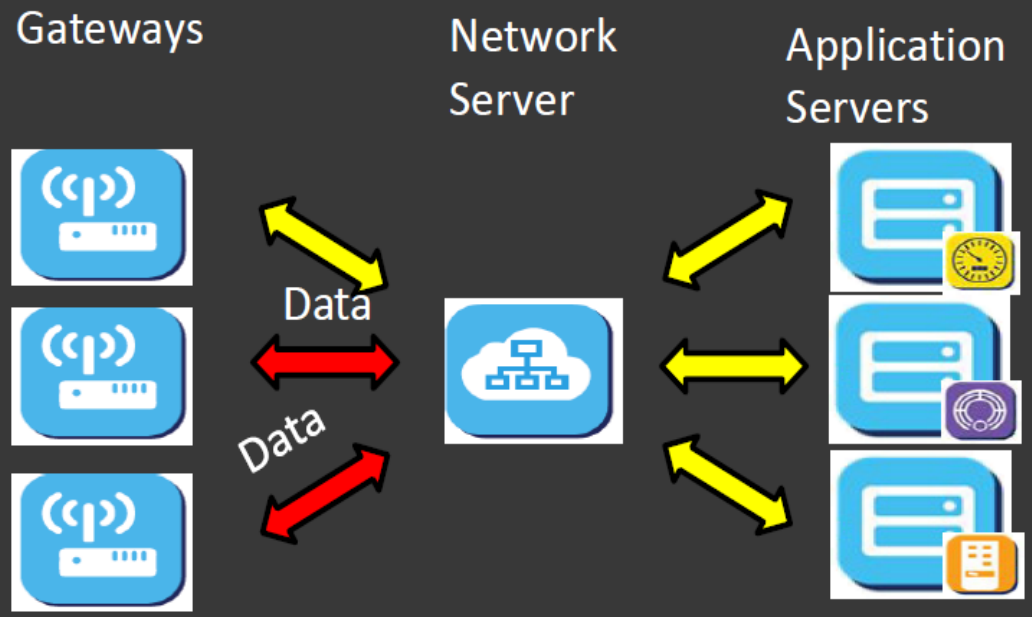
Confirmed-Data Message



1. Vending Machine transmits data.
It is received by two Gateways.

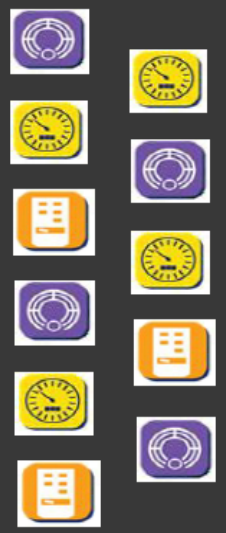
Confirmed-Data Message

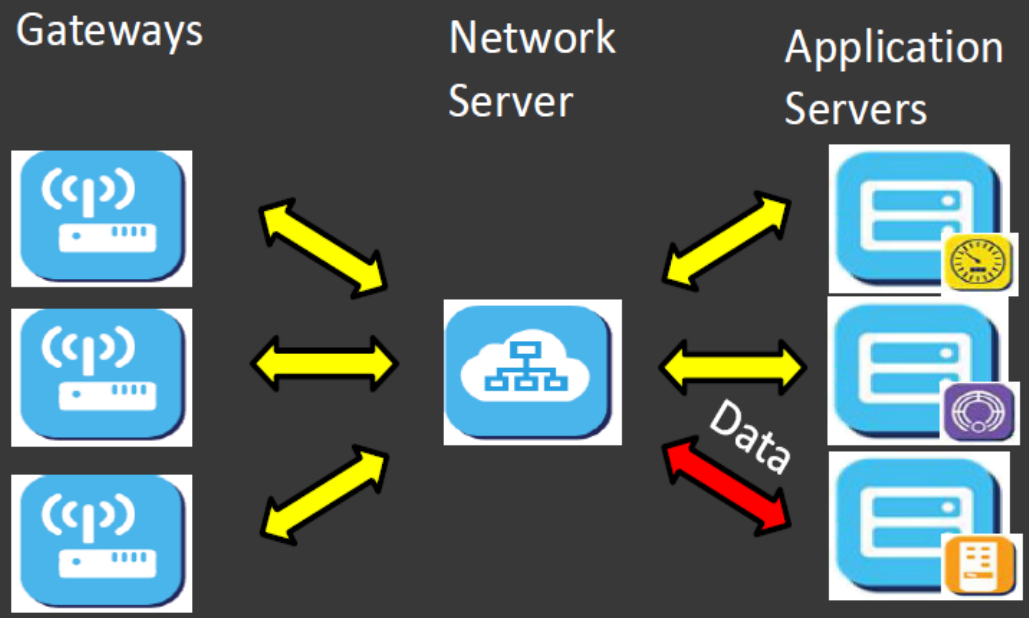




2. Both gateways “pass through” the data to the Network Server.

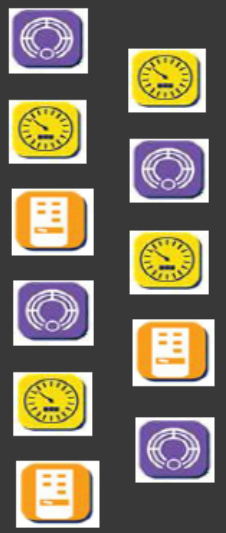
Confirmed-Data Message

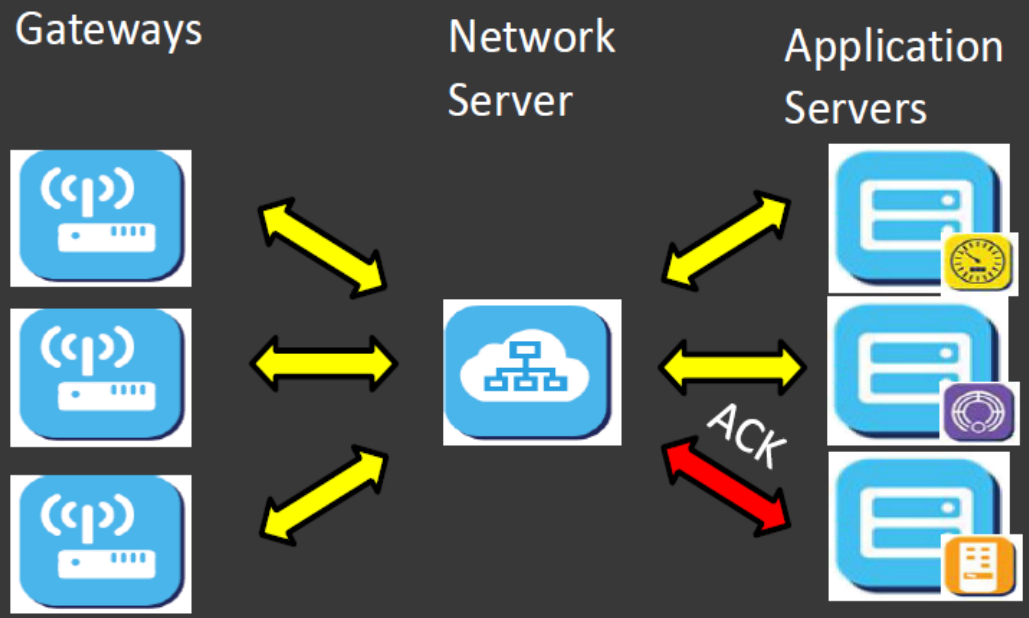




3. The Network Server forwards the data to the Vending Machine Applications Server

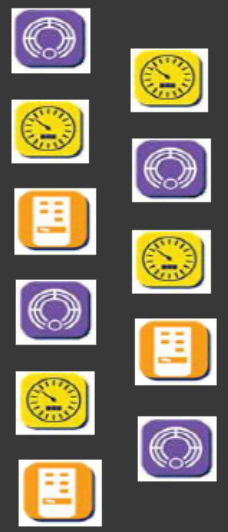
Confirmed-Data Message

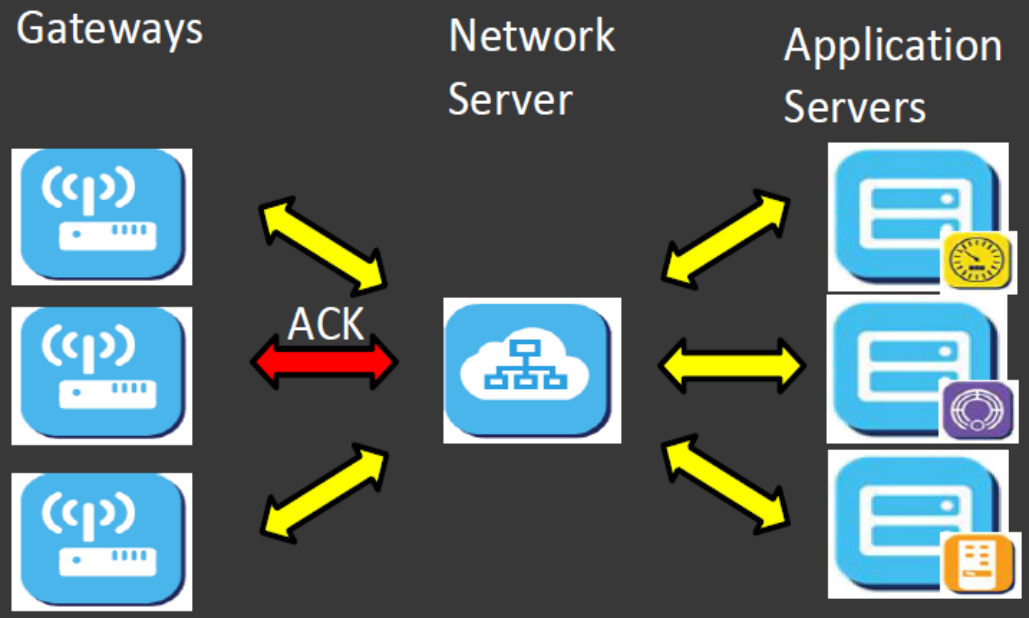




4. The Vending Machine Applications Server sends an acknowledgement

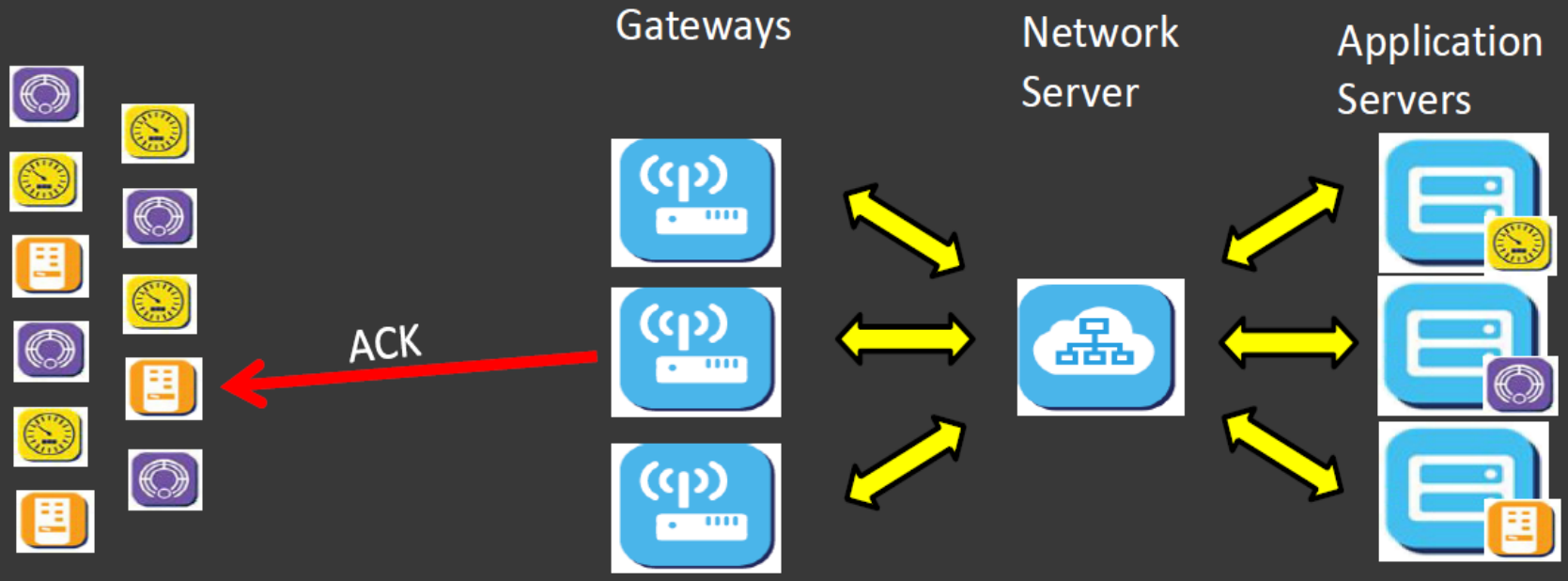
Confirmed-Data Message





5. The Network Server selects the best path (gateway) to transmit the acknowledgement to the end-device.

Confirmed-Data Message

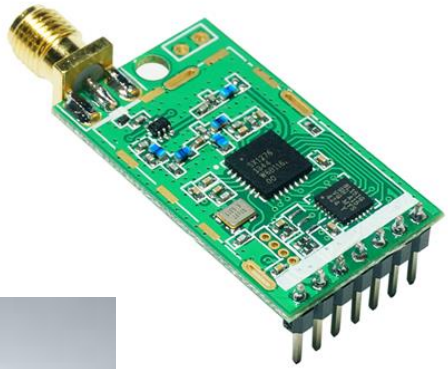


6. The Gateway transmits the acknowledgement to the end-device

LoRa Alliance

- Sponsor Members / Contributor Members / Adopter Members

LoRa modemek



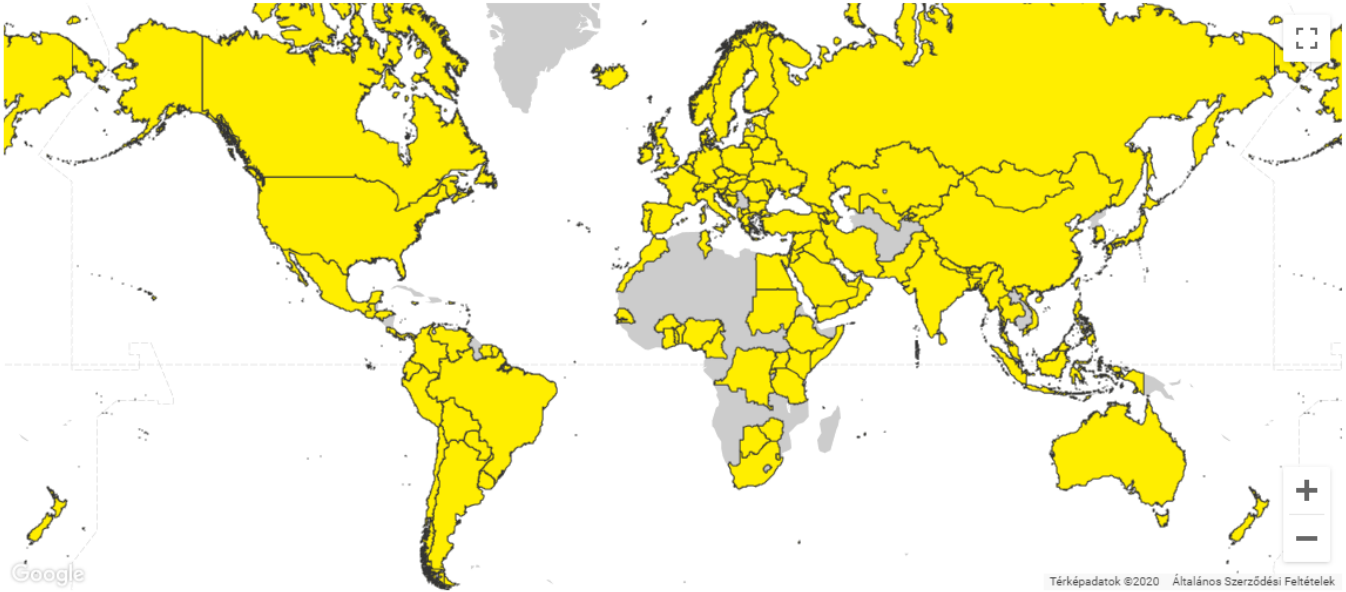
LoRa lefedettség

157 Countries with LoRaWAN® Deployments

137 Network Operators in 58 countries

76 LoRa Alliance® Member Operators

LoRaWAN® Global Network Coverage | LoRaWAN® Public Network Operators | LoRaWAN® Open Community Networks



LTE

NB-IoT

- NarrowBand IoT – LPWAN megoldás
- 3GPP szabvány (Release 13 LTE-Advanced Pro, 2016. június)
- A mobil szolgáltatók <u>meglévő</u> cellás hálózatain, de NEM LTE alapon.
- Alacsony ár, hosszú élettartam elemről, nagyszámú eszköz
- Alacsony bitsebesség

- Lehet telepíteni...
  - LTE sávon belül
  - LTE védősávokban
  - külön sávban (dedikált spektrumsávban, akár GSM sáv újrahasznosításával)
- SC (Single Carrier) FDMA

NB-IoT alkalmazási területek

- Okos mérők: NB-IoT gáz és víz fogyasztás mérésére
- Smart City - Okos Város A közvilágítás és a parkolóhelyek foglaltsága
- Szállítás és logisztika Konténer követés és újratölthető tartályok
- Ipar NB-IoT raklapok és csővezetékek
- Földművelés és erdőgazdálkodás Állatok megfigyelése
- Elektronikai termékek: NB-IoT és követés

NB IoT modemek

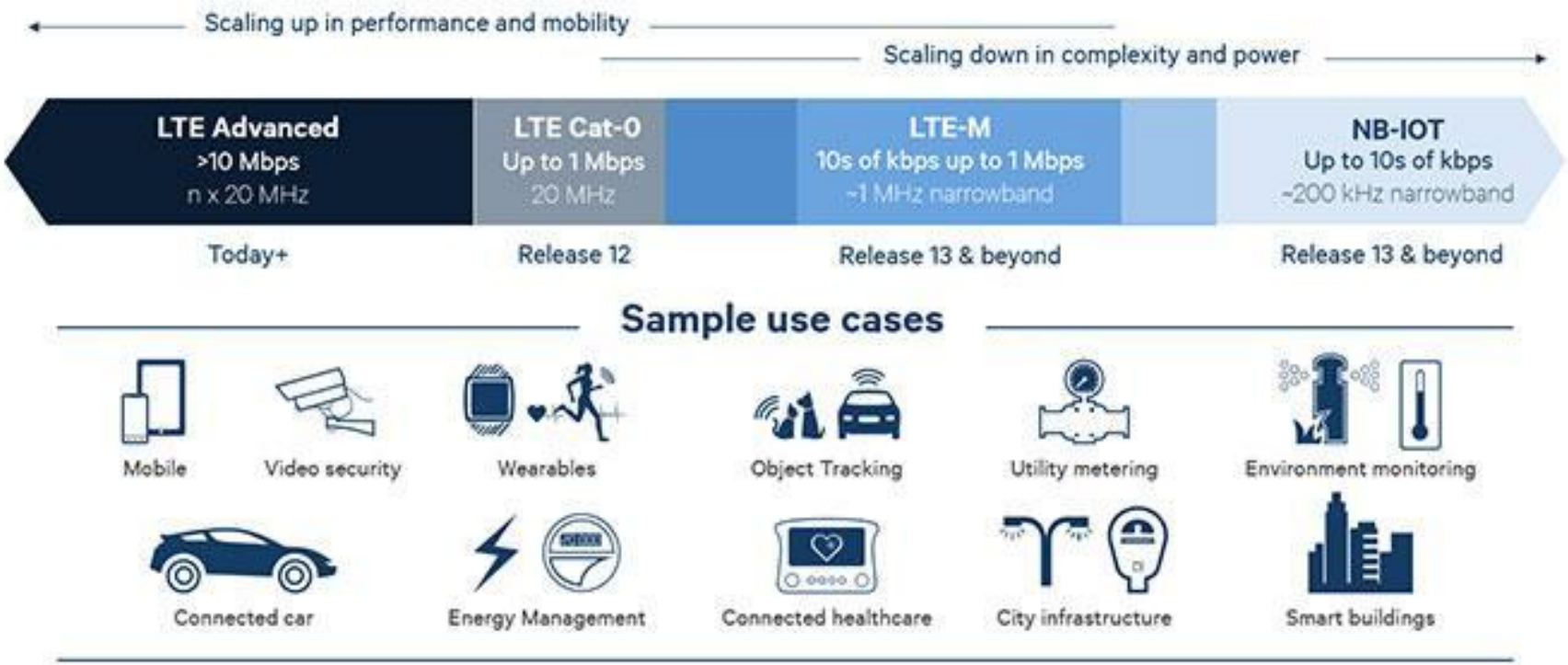
u-blox SARA-N2 NB-IoT module

LTE-M

- LTE-M
  - LTE-MTC (Machine Type Communication)
  - LTE Cat-M1 - Long Term Evolution (4G), Category M1
- 3GPP release 13 (LTE Cat-M2: release 14)
- IoT eszközök direkt csatlakoztatása meglévő 4G cellás (mobil) hálózatokhoz (overlay), azaz kompatibilis az LTE hálózattal

Mobil IoT bitsebességek

V·T·E [7][8]	LTE Cat 1	LTE-M				NB-IoT		EC-GSM-IoT
		LC-LTE/MTCe	eMTC					
		LTE Cat 0	LTE Cat M1	LTE Cat M2	non-BL	LTE Cat NB1	LTE Cat NB2	
3GPP Release	Release 8	Release 12	Release 13	Release 14	Release 14	Release 13	Release 14	Release 13
Downlink Peak Rate	10 Mbit/s	1 Mbit/s	1 Mbit/s	~4 Mbit/s	~4 Mbit/s	26 kbit/s	127 kbit/s	474 kbit/s (EDGE) 2 Mbit/s (EGPRS2B)
Uplink Peak Rate	5 Mbit/s	1 Mbit/s	1 Mbit/s	~7 Mbit/s	~7 Mbit/s	66 kbit/s (multi-tone) 16.9 kbit/s (single-tone)	159 kbit/s	474 kbit/s (EDGE) 2 Mbit/s (EGPRS2B)
Latency	50–100 ms	not deployed	10–15 ms			1.6–10 s		700 ms – 2 s
Number of Antennas	2	1	1	1	1	1	1	1–2
Duplex Mode	Full Duplex	Full or Half Duplex	Full or Half Duplex	Full or Half Duplex	Full or Half Duplex	Half Duplex	Half Duplex	Half Duplex
Device Receive Bandwidth	1.4–20 MHz	1.4–20 MHz	1.4 MHz	5 MHz	5 MHz	180 kHz	180 kHz	200 kHz
Receiver Chains	2 (MIMO)	1 (SISO)	1 (SISO)	1 (SISO)	1 (SISO)	1 (SISO)	1 (SISO)	1–2
Device Transmit Power	23 dBm	23 dBm	20 / 23 dBm	20 / 23 dBm	20 / 23 dBm	20 / 23 dBm	14 / 20 / 23 dBm	23 / 33 dBm


Scaling up in performance and mobility
Scaling down in complexity and power
LTE Advanced
>10 Mbps
n x 20 MHz
LTE Cat-0
Up to 1 Mbps
20 MHz
LTE-M
10s of kbps up to 1 Mbps
~1 MHz narrowband
NB-IOT
Up to 10s of kbps
~200 kHz narrowband
Today+
Release 12
Release 13 & beyond
Release 13 & beyond
Sample use cases
Mobile
Video security
Wearables
Object Tracking
Utility metering
Environment monitoring
Connected car
Energy Management
Connected healthcare
City infrastructure
Smart buildings

Sigfox vs NB-IoT

SIGFOX versus NB-IoT power consumption							
SIGFOX module with 14 dBm							
	Speed (bit/s)	Data (bit)	Header & CRC (bit)	Time (s)	Voltage (V)	Current (A)	mWs
SIGFOX 12 Byte		96		6	3,3	0,045	891,0
SIGFOX 48 Byte		384		24	3,3	0,045	3564,0
SIGFOX 96 Byte		768		48	3,3	0,045	7128,0
NB-IoT module with 14 dBm							
NB-IoT 12 Byte	6000	96	64	0,027	3,8	0,1	11,0
NB-IoT 48 Byte	6000	384	64	0,075	3,8	0,1	29,0
NB-IoT 96 Byte	6000	768	64	0,139	3,8	0,1	53,0

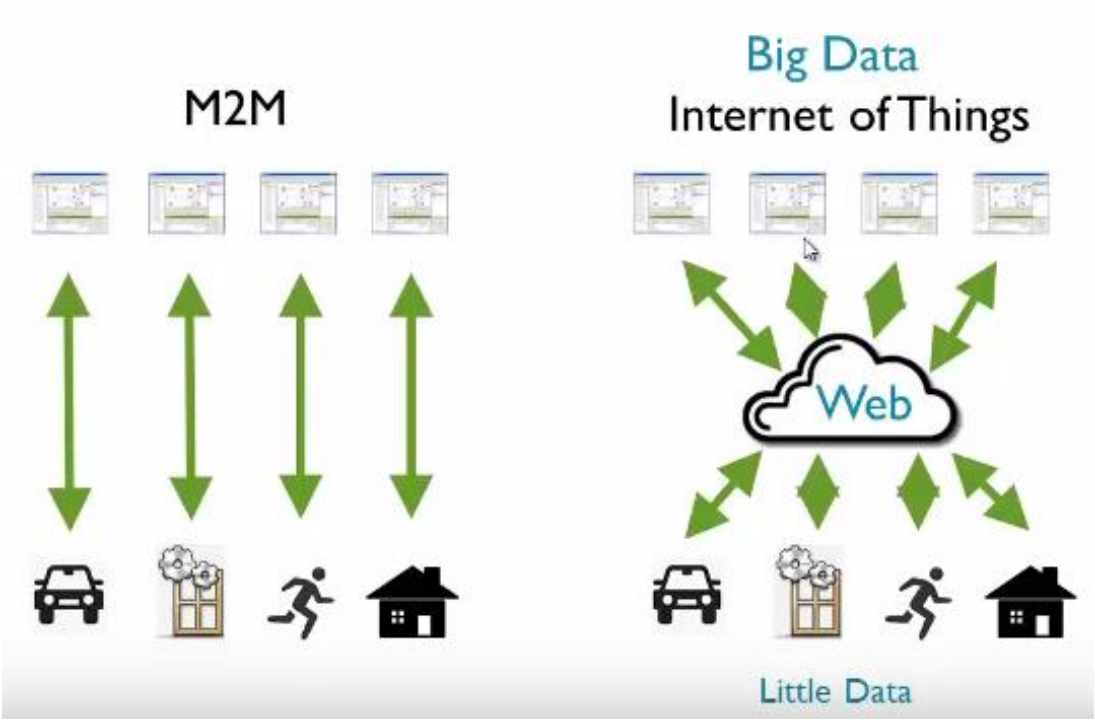
SIGFOX – LoRa – NB-IoT – LTE-M

LPWAN technologies in the market

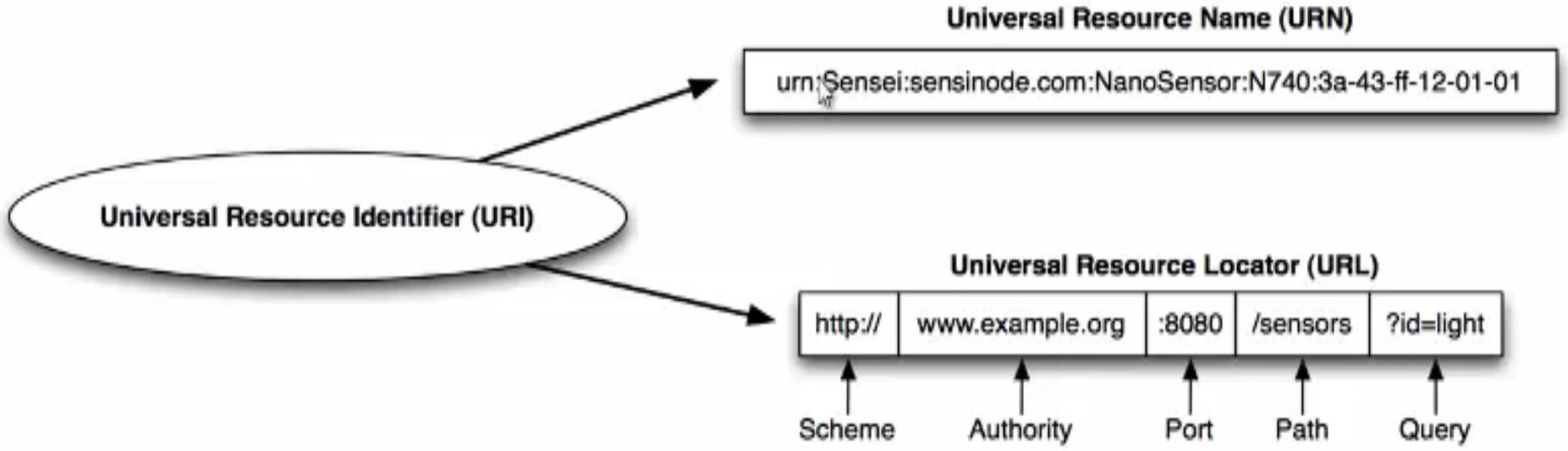
	LoRa	SIGFOX	LTE-M	NB-IoT
Coverage	~ 10 Km	~ 12 Km	~ 11 Km	~ 15 Km
Frequency Band	Unlicensed	Unlicensed	Licensed (LTE)	Licensed (LTE)
Data Rate	10 Kbps	~ 100 bps	~ 10 Mbps	100 Kbps
Standardizartion	De-facto Standard	De-facto Standard	3GPP Rel. 8	3GPP Rel. 13 (planned)
Battery Life	~ 10 years	~ 10 years	~ 10 years	~ 10 years
Commercialization (in Korea)	2016	Not defined	2016	2017 (planned)

Kommunikáció a szenzoron túl

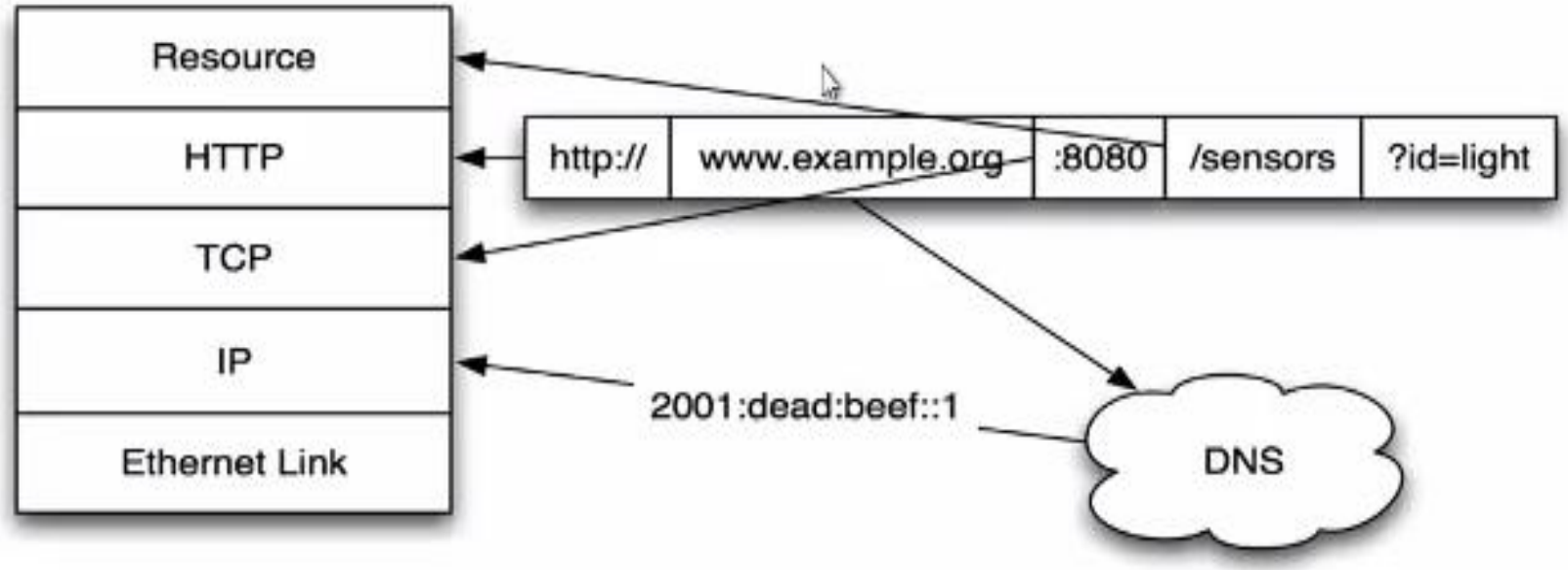
M2M kommunikációtól az IoT felé



REST, URI/URN/URL



REST, URI/URN/URL



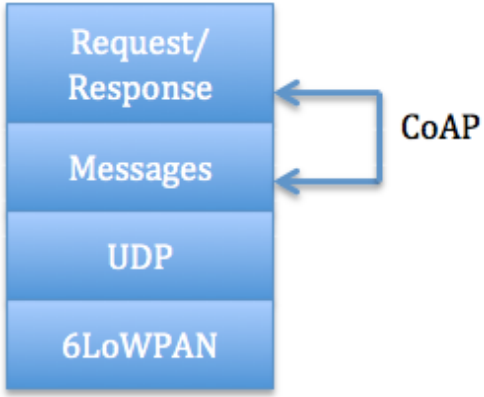
CoAP

CoAP

- CoAP = RFC 7252 Constrained Application Protocol
- IETF ajánlás (CoRE Workgroup – Constrained RESTful Environment)
- Aka: „CoAP: The Web of Things Protocol”
- Alkalmazás réteg-beli protokoll: web (dokumentum) átviteli protokoll kis erőforrású (alacsony erőforrású) eszközök részére, veszteséges átvitelű („lossy”) hálózatok felett.
- REST modell: A szerverek erőforrásokat tesznek elérhetővé URL-ek használatával. A kliensek elérhetik az erőforrásokat metódusok hívásával: GET, PUT, POST, és DELETE.

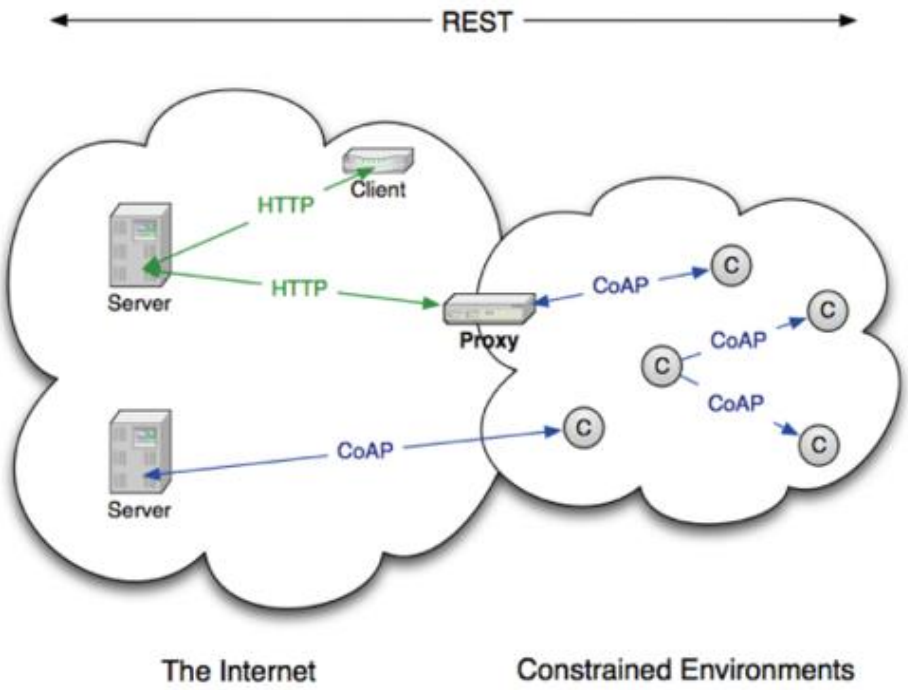
CoAP kontra HTTP

- Az alkalmazási rétegben tipikusan HTTP-t használunk web szolgáltatások eléréséhez.
- A HTTP...
  - komplex megoldás,
  - nagy energiafogyasztású,
  - kis adatsebességű.
- A CoAP...
  - HTTP-hez hasonlóan hálózat központú,
  - UDP-t használ (a komplex TCP helyett), optimalizált datagram mérettel.
  - REST architektúrán alapul,
  - lehetővé teszi az IP multicast-ot (IoT csoportos kommunikáció)

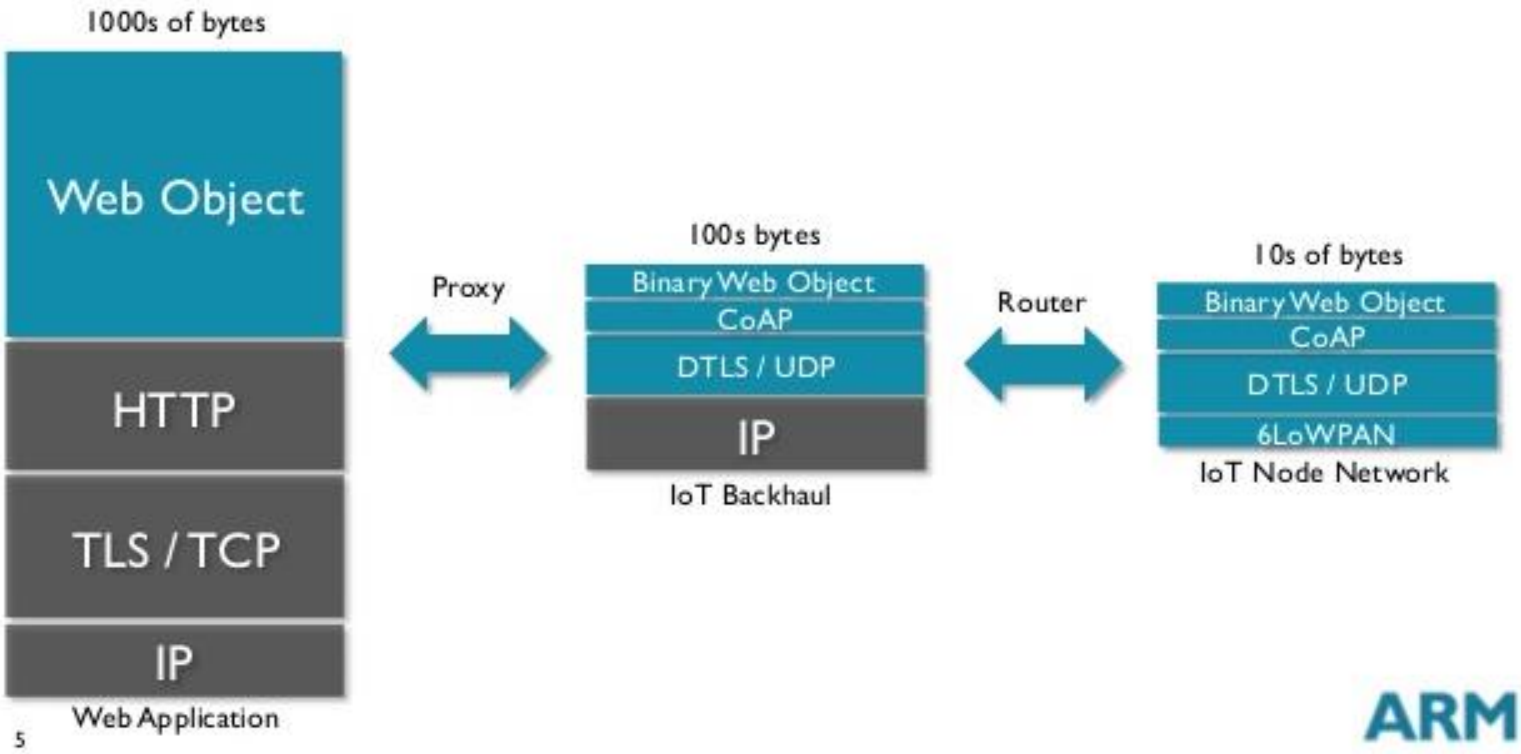


CoAP

- Beágyazott web transzport protokoll (coap://)
- Kompakt fejléc (4 byte)
- UDP, SMS támogatás (TCP is)
- Erős DTLS biztonság
- Aszinkron működés
- Multicast támogatás



CoAP


1000s of bytes
Web Object
HTTP
TLS / TCP
IP
Web Application
5
Proxy
100s bytes
Binary Web Object
CoAP
DTLS / UDP
IP
IoT Backhaul
Router
10s of bytes
Binary Web Object
CoAP
DTLS / UDP
6LoWPAN
IoT Node Network
ARM

MQTT

MQTT

„MQTT is a machine-to-machine (M2M)/"Internet of Things" connectivity protocol.

It was designed as an extremely lightweight publish/subscribe messaging transport.”

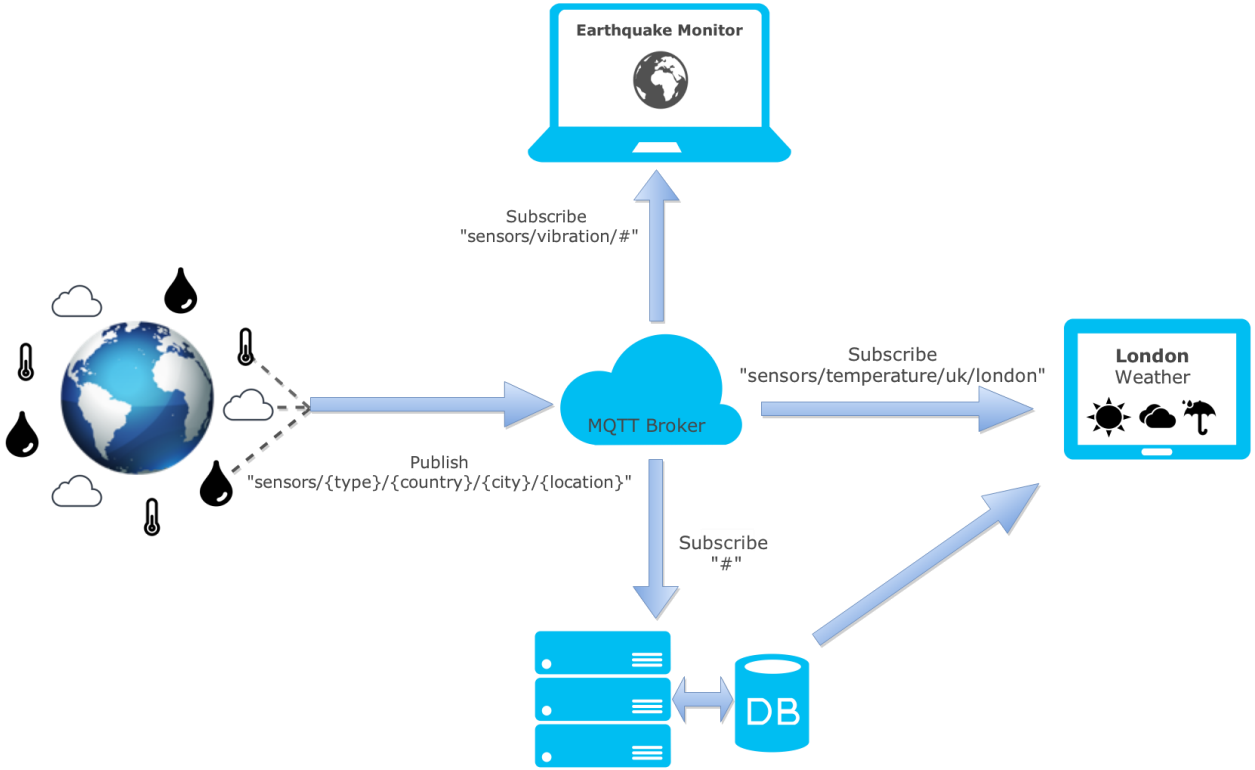
http://mqtt.org/

MQTT

- MQTT = Message Queueing Telemetry Transport
- Nyílt, ingyenes
- publish/subscribe (one-to-many) modell
  - A küldő félnek semmit sem kell tudnia a vevő(k)ről
- Ideális kényszerekkel terhelt hálózatoknál
  - Pl. kis sávszélesség, nagy késleltetés, csomagvesztés, instabil kapcsolatok...
- Szűkös erőforrásokkal rendelkező eszközök számára
  - Kevés memória, kis teljesítményű processzor

- <u>Cél</u>: Megbízható üzenetküldés a lehető legegyszerűbb üzenet-formátumban

MQTT példa


Earthquake Monitor
Subscribe
"sensors/vibration/#"
Subscribe
"sensors/temperature/uk/london"
London
Weather
MQTT Broker
Publish
"sensors/{type}/{country}/{city}/{location}"
Subscribe
"#"
DB

MQTT

- Publish-subscribe
  - A kliensek (*client*) feliratkoznak (*subscribe*) ún. *topic*-okra. Felratkozás után a topic-ra publikált (*publish*) összes üzenetet megkapják.
- Szolgáltatási szintek
  - 3 QoS szint definiált. Magasabb szolgáltatásminőség nagyobb megbízhatóságú üzenet célba juttatást valósít meg – ennek ára a nagyobb sávszélesség és/vagy késleltetés.
- Megőrzött üzenetek
  - A szerver meg is tartja az utoljára elküldött üzenetet. Egy új feliratkozó esetén egyből elküldi az utolsó üzenetet is a kliensek.

MQTT

- Clean session flag
  - Amikor egy MQTT kliens csatlakozik a szerverhez, beállíthat egy ún. *clean-session* flag-et. Ha ez a beállítás „1”-es, a kliens összes feliratkozása törlődik, ha az eszköz lekapcsolódik a szerverről.
  - Ellenkező esetben a kliens előfizetése továbbra is élő marad mindaddig, amíg az vissza nem kapcsolódik. Eközben a magas QoS beállítás esetén érkezett összes üzenet eltárolódik, majd újracsatlakozás után elküldésre kerül.
- Végrendelet (Will)
  - Kérésre a szerver egy üzenetet küld a kliens által előre meghatározott topic-ba, ha a kliens váratlanul lecsatlakozik. (Pl. riasztás, ha egy érzékelő lecsatlakozik a hálózatról)

MQTT kliens

- Egy MQTT kliens (aka kliens alkalmazás)...
  - **adatokat gyűjt** egy telemetriai eszközről, csatlakozik egy MQTT szerverhez, majd egy topic string segítségével **publikálja** az információt, ÉS/VAGY
  - **feliratkozik** egy topic-ra, ahol **fogadja** a publikált adatokat, ÉS/VAGY
  - parancsok segítségével **vezérli** a telemetriai eszköz(öke)t.

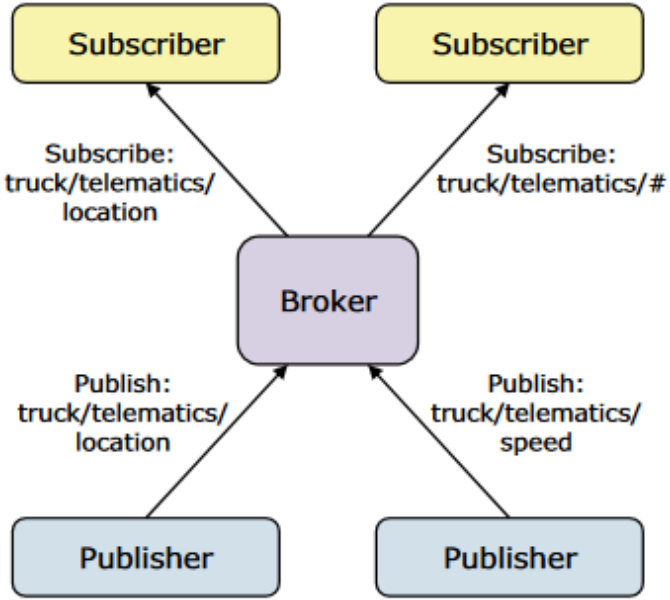
- Pl: Eclipse Paho MQTT kliens: http://www.eclipse.org/paho/
  - C és Java alapú implementáció

MQTT bróker

- **MQTT bróker** = Egy szerver, amely implementálja az MQTT protokollt.
- Feladata: Közvetít az MQTT kliensek közötti kommunikációban.

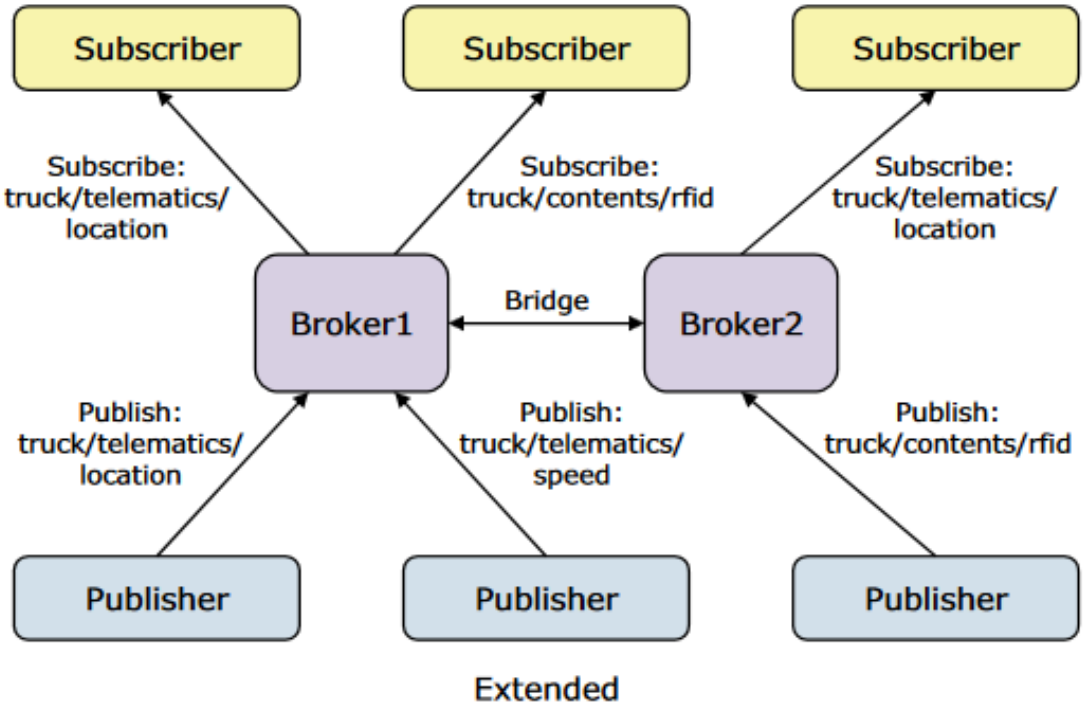
- Pl: Mosquitto
  - Egyszerű, nyílt, ingyenes implementáció (MQTT v5): http://mosquitto.org

MQTT üzenetküldés



Simple

MQTT üzenetküldés



MQTT topikok, fák, sztringek

- topic
  - Az üzenetek osztályozását szolgálja, definiálja az üzenet tartalmát.
  - Pl: „truck”
- topic-tree
  - Tipikusan a topic-ok hierarchikusan szervezettek.
  - A „/” karakter használatával hozhatók létre al-topikok.
  - Pl: „truck/contents”, „truck/contents/rfid”
- topic-string
  - Egy karakterlánc, amely meghatározza az üzenet topikját. (wildcard használható!)
  - Pl: „truck/contents/#”, „truck/+”

MQTT és HTTP összehasonlítás

	MQTT	HTTP
Design orientation	Data centric	Document centric
Pattern	Publish/subscribe	Request/response
Complexity	Simple	More complex
Message size	Small, with a compact binary header just two bytes in size	Larger, partly because status detail is text-based
Service levels	Three quality of service settings	All messages get the same level of service
Extra libraries	Libraries for C (30 KB) and Java (100 KB)	Depends on the application (JSON, XML), but typically not small
Data distribution	Supports 1 to zero, 1 to 1, and 1 to *n*	1 to 1 only