

Kiberfizikai rendszerek

Kajdócsi László
kajdócsi.laszlo@sze.hu
<https://github.com/kajdócsilaszlo/kiberfizikai-rendszerek>

Folytatás...



**SZÉCHENYI
EGYETEM**
UNIVERSITY OF GYŐR

- LPWAN-hálózatok
- Mesh-hálózatok

Nem lesz olyan cég a 21. században, amely a globális verseny hatására ne kényszerülne – legalábbis bizonyos mértékig – arra, hogy hálózatépítéssel, hálózatirányítással, vagy hálózatfejlesztéssel ne foglalkozna."

Forrás: Miles, C. C., Snow, R. E., and Coleman, H. J., Jr. 1992.
Managing 21st century network organizations.
Organizational Dynamics 19: 5– 20.



Az LPWAN technológiák – IoT számára:

- cellás IoT technológiák – licencköteles frekvenciákon működnek (EC-GSM-IoT, LTE-M, NB-IoT)
- szabadon felhasználható frekvenciatartományok (Sigfox, LoRaWAN, Weightless, Ingenu)

LPWAN alkalmazások

LPWA use cases

Office/factory/warehouse



Remote maintenance/control,
Operation optimization, staff
management

Home/school/elderly care



Child/elderly tracking, smart meter
(Electricity, Gas, Water)

Mountains/river



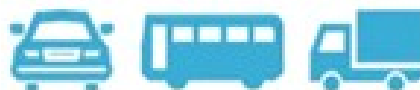
Natural disasters (mudslide,
flood warning, earthquake)

Public infrastructure



Infrastructure/street lighting,
Predictive maintenance

Transportation



Cargo/palette management,
Logistics management &
optimization, smart parking

Agriculture



Water quality/temperature &
humidity, live stock tracking

Licencelt frekvencia-sávú megoldások

Minden nemzet saját frekvenciaszabályozó szerve, MO-n az NMHH pályázatokat ír ki a frekvenciasávok használati jogáról, amelyeket meg lehet pályázni. Aki megnyeri a pályázatot, az a szerződés leteltéig használhatja az adott spektrumtartományt. Ennek előnye, hogy mások eszközei nem üzemelhetnek a nyertes frekvenciasávján, így sokkal kevesebb interferencia fog fellépni, biztosabb lesz az adatátvitel. Hátránya azonban a frekvenciasávok ára. A frekvenciasávok száma korlátozott, ezért használati joguk is sokba kerül. A használatban lévő spektrumtartomány legnagyobb részét ezek a frekvenciasávok teszik ki, melyeket licencelt frekvenciasávoknak nevezünk.

- Extended Coverage GSM for the IoT (EC-GSM-IoT)
- Narrow-band IoT (NB-IoT)
- Long Term Evolution for Machine Type Communication (LTE-MTC or LTE-M)

Extended Coverage GSM for the IoT

- eGPRS/EDGE hálózaton alapul (2.5G).
- A mobilinternet korai szakaszában lett kifejlesztve (3G, Facebook, Youtube ekőtt).
- Szoftverfrissítéssel átalakítható a régi GSM új EC-GSM-IoT hálózattá.
- Nem csak visszafele kompatibilis a 2G-vel, de 3G és 4G hálózatokkal is működik.
- Kis energiafogyasztás, széles lefedettség (WAN).

Long Term Evolution for Machines

- LTE-alapú kis energiafogyasztású WAN technológia, kifejezettek gépek és IoT eszközök számára.
- Nevezik még: LTE-MTC vagy LTE CatM1
- Együtt „létezik” a 2G, 3G, 4G hálózatokkal, és kihasználja azok biztonsági és adatvédelmi előnyeit.
- 2017/2018-ban kezdett elterjedni.

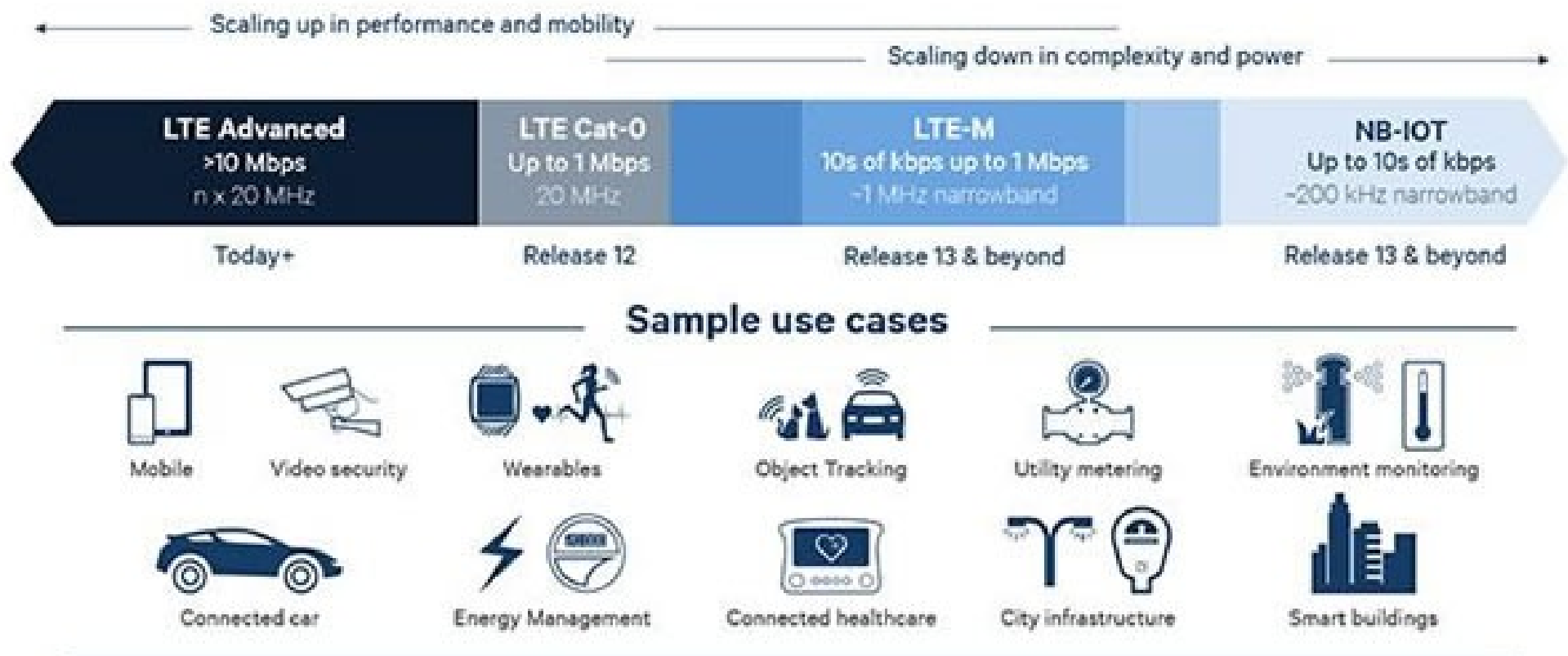
Narrow-Band IoT

- 2017 – IP-alapú, keskenysávú, un. NB-IoT rendszerek kereskedelmi megjelenése.
- egymással kommunikáló okos eszközök,
- 4G LTE-infrastruktúrát használják, de új fizikai réteget és csatornákat alakítanak ki:
 - GSM, GPRS-nél egyszerűbb felépítés,
 - sokkal keskenyebb sáv szélesség, 180 KHz
 - átviteli sebesség max. fel: 250 kbps, le: 170 Kbps
 - egy időben kis adatmennyiség továbbítható
- Kis energiafogyasztás – hosszú élettartam
- Olcsó jelismétlők, egyszerű telepítés – "foltok" lefedhetők
- Biztonságos adatátvitel

Melyiket?



**SZÉCHENYI
EGYETEM**
UNIVERSITY OF GYŐR



Nem licencelt frekvenciasávú megoldások

LPWAN:

- LoRa/LoRaWAN
- Sigfox

Mesh:

- Wi-Fi
- RFID
- IQRF
- Bluetooth

- Long Range Radio
- Szórt spektrumú modulációs eljárás (Chirp spread spectrum)
- Távközlési feladatok ellátása
- A LoRaWAN egy nyílt hálózati szabvány LoRa eszközök számára

LoRa - Hogy működik?

- Rövid adatcsomagok gyors továbbítása
- Pár dollár értékű rádió chip
- Pár száz dollár értékű adatkoncentrátor
- Egy koncentrátor 50 végberendezést kezel egyidejűleg

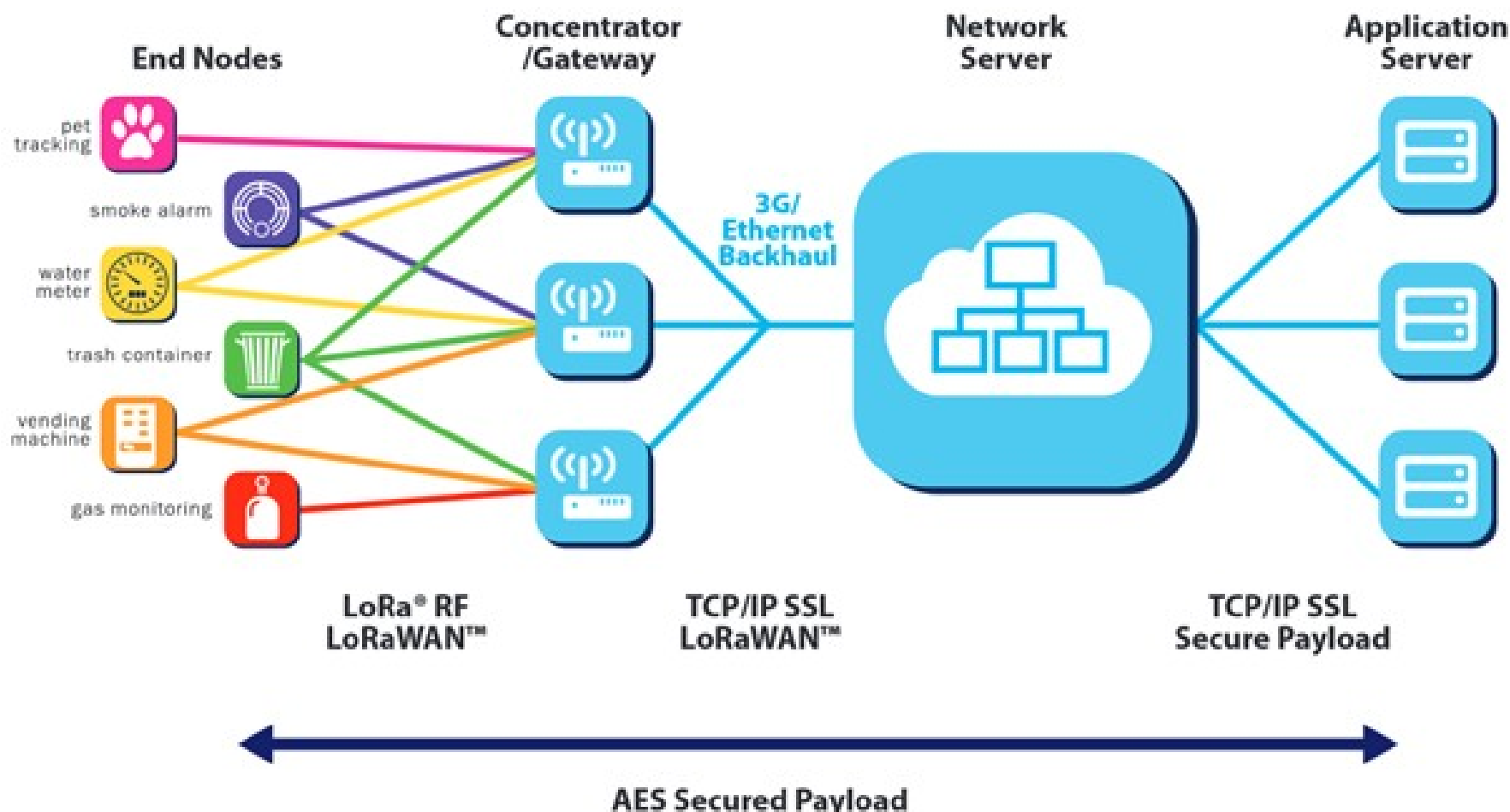
Mi a LoRaWAN?

- LoRa modulációra épülő IoT hálózati megoldás
- Szabad frekvenciák (433/868MHz)
- Csillag topológia
- Végberendezések között nincs kommunikáció
- Kis teljesítmény, alacsony fogyasztás
- Nyugtázás nélküli és nyugtázásos adatátvitel

LoRaWAN topológia



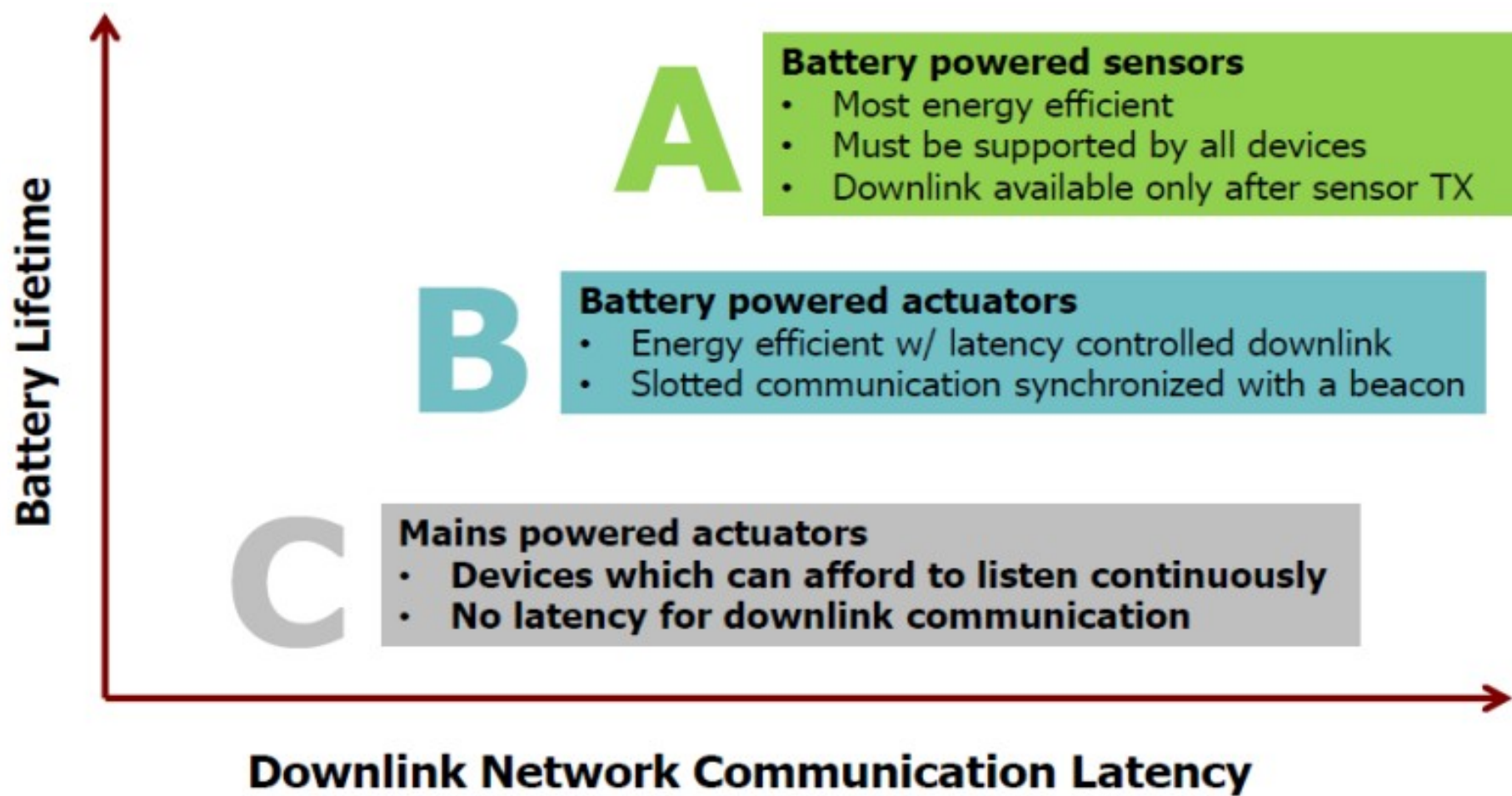
**SZÉCHENYI
EGYETEM**
UNIVERSITY OF GYŐR



LoRa végberendezések



**SZÉCHENYI
EGYETEM**
UNIVERSITY OF GYŐR



LoRa átjárók



- Authentikáció
- Új eszközök beléptetése a rendszerbe
- Átjárók kiszolgálása
- Hálózati monitorozás
- Letöltési útvonal meghatározása
- Alkalmazás szerver interfész

LoRa - alkalmazás szerver



**SZÉCHENYI
EGYETEM**
UNIVERSITY OF GYŐR

ID	<u>Heard</u>	EUI	Fcnt	Port	Freq	S/N	RSSI	DR
493271	2016-11-11 15:13:21	0004A30B001B05C8	534	202	868.1	-8.0	-121	SF12 BW125 4/5
493270	2016-11-11 15:12:52	0004A30B001B05C8	533	202	867.9	-8.0	-119	SF12 BW125 4/5
493269	2016-11-11 15:11:58	0004A30B001B05C8	531	202	868.1	-7.8	-114	SF12 BW125 4/5
493267	2016-11-11 15:11:45	0004A30B001ABFC4	0	209	867.5	3.0	-103	SF12 BW125 4/5
493266	2016-11-11 15:11:31	0004A30B001B05C8	530	202	867.7	-2.8	-114	SF12 BW125 4/5
493265	2016-11-11 15:11:05	0004A30B001A953E	17440	202	867.9	-8.0	-117	SF12 BW125 4/5
493263	2016-11-11 15:10:36	0004A30B001B05C8	528	202	868.3	-13.2	-114	SF12 BW125 4/5
493264	2016-11-11 15:10:36	0004A30B001A953E	17439	202	868.1	-10.5	-118	SF12 BW125 4/5
493260	2016-11-11 15:10:08	0004A30B001B05C8	527	202	867.7	-10.2	-114	SF12 BW125 4/5
493261	2016-11-11 15:10:08	0004A30B001A953E	17438	202	867.3	-10.5	-117	SF12 BW125 4/5

Display #

10

▼

1. oldal / 2404 Total: 24031

LoRa - alkalmazási területek



**SZÉCHENYI
EGYETEM**
UNIVERSITY OF GYŐR



Monitoring / Control

Light Control

Smart Agriculture

Smart Energy

Smart City

Smart Home and Security

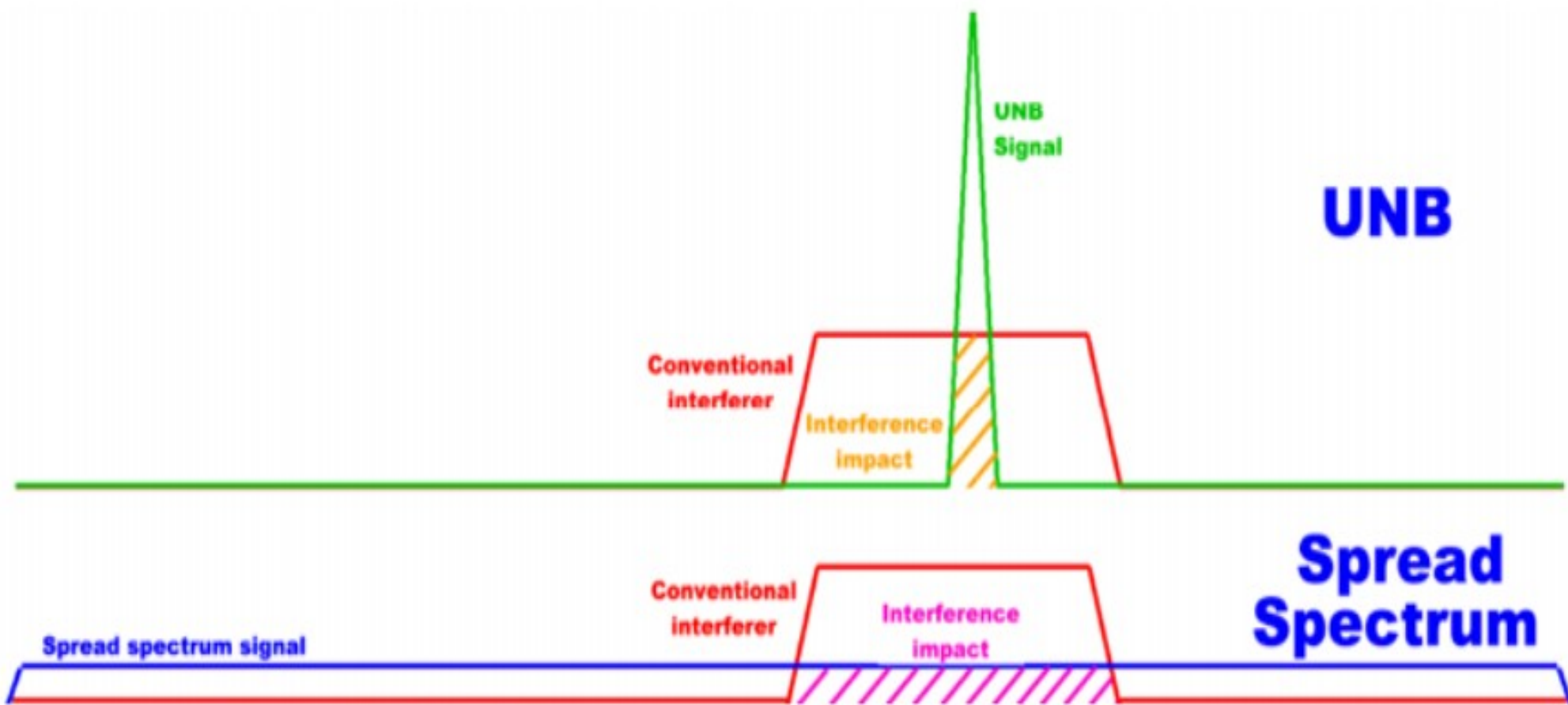
- Gyártó független szolgáltatás
- Havi előfizetés, nincs elkötelezettség
- Eszköz mennyiség alapú havi számlázás
- Fejlesztési projektek támogatása: INGYENES
(1 átjáró és 10 végberendezés)

- Ultra keskeny-sávú moduláció (UNB – ultra narrow-band)
- „Pehelysúlyú” (lightweight) üzenetküldő protokoll
- Kis adatok kezelése
- Csillag topológia

Sigfox - Moduláció



**SZÉCHENYI
EGYETEM**
UNIVERSITY OF GYŐR



Sigfox – Hogy működik?

- Rövid üzenetek, naponta néhány
- Kis energiafogyasztás, hosszú élettartam
- Kis eszköz költség, nagy hálózati kapacitás
- LPWAN és szabad frekvenciasávok

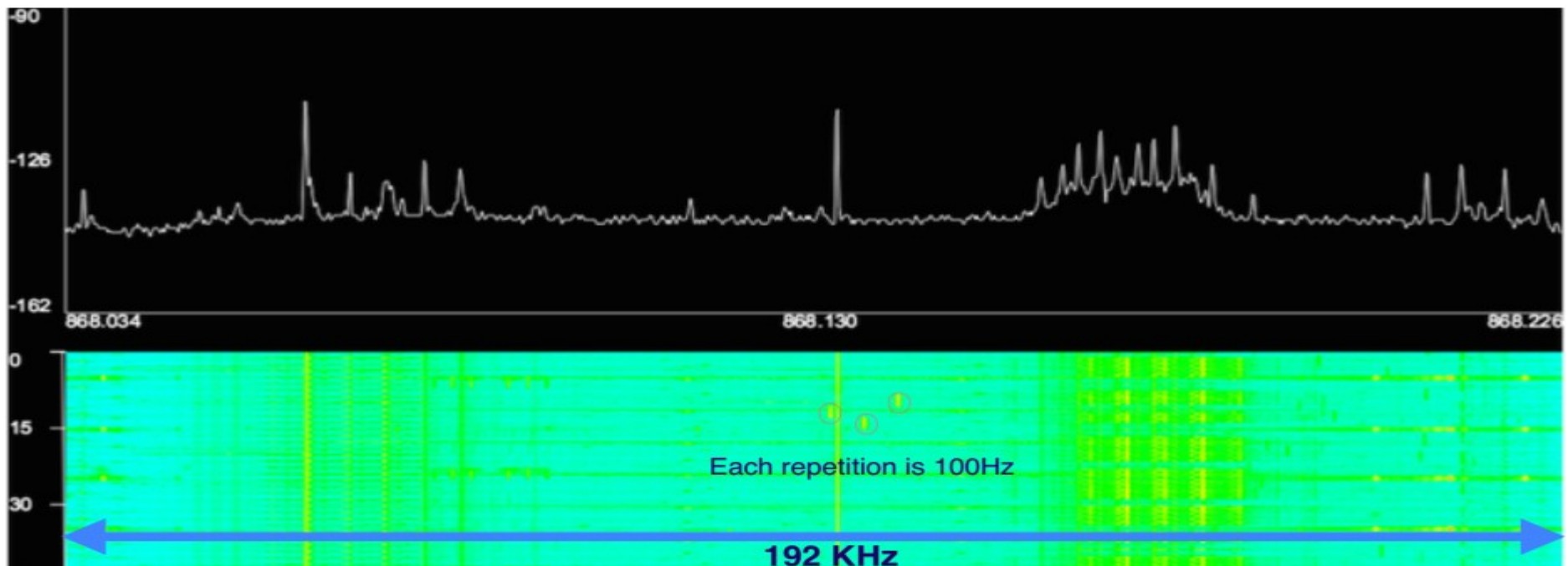
Sigfox – Mit (nem) csinál?

- A Sigfox nem árul chipeket
- A Sigfox nem épít kapcsolati megoldásokat, hálózatokat
- A Sigfox kifejlesztett egy rádió-alapú protokollt
- A Sigfox globális hálózattal üzemel (mobil)

- Detektálni valami küldendőt (ez a legnehezebb része)
- Elindítani a kommunikációs modult
- Küldeni
- A hálózat elkapja az üzenetet
- Az adat megérkezik a szerverre

Sigfox - Fizikai réteg

- A teljes spektrum 200kHz-es részét monitorozza
- Minden üzenet kb. 600Hz széles



Sigfox - Üzenetek



sigfox

12 messages



Conventional

6 messages

Hasznos átvitel:

- Akár 12 byte/üzenet

Sűrűség:

- Akár 140 alkalommal naponta (szerződésfüggő)

Sebesség: 600bps

Sigfox – Mire elég?

- GPS koordináta: 6 byte
- Hőmérséklet: 2 byte
- Állapotjelzés: 1 byte
- Szívverés, pulzus: 0 byte



Ideális esetben:

- +100km az adó és a vevő között

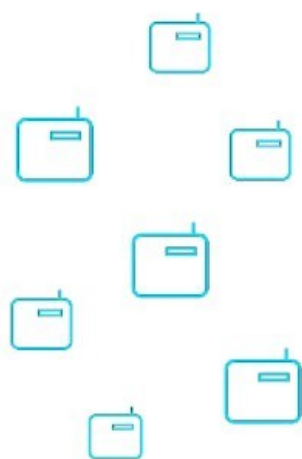
Valóságban:

- Néhánytól több tíz kilométerig,
topológiától függően

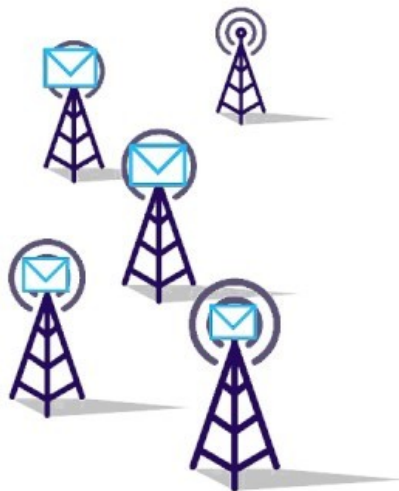
Sigfox - Architektúra



**SZÉCHENYI
EGYETEM**
UNIVERSITY OF GYŐR



Objects



Sigfox stations



Sigfox CLOUD™



Customer IT



Sigfox - Hardver

- A Sigfox nem egy hardver fejlesztő cég
- A fejlesztést a partnerekre bízta, a végberendezések gyártófüggetlenek



- Kb. 2 dollártól kezdődő kütyük
- Lehetővé teszik a Sigfox kombinálását más technológiákkal
- Akár otthon is készíthető egy ilyen modul
- Arduino és Raspberry Pi által is támogatott

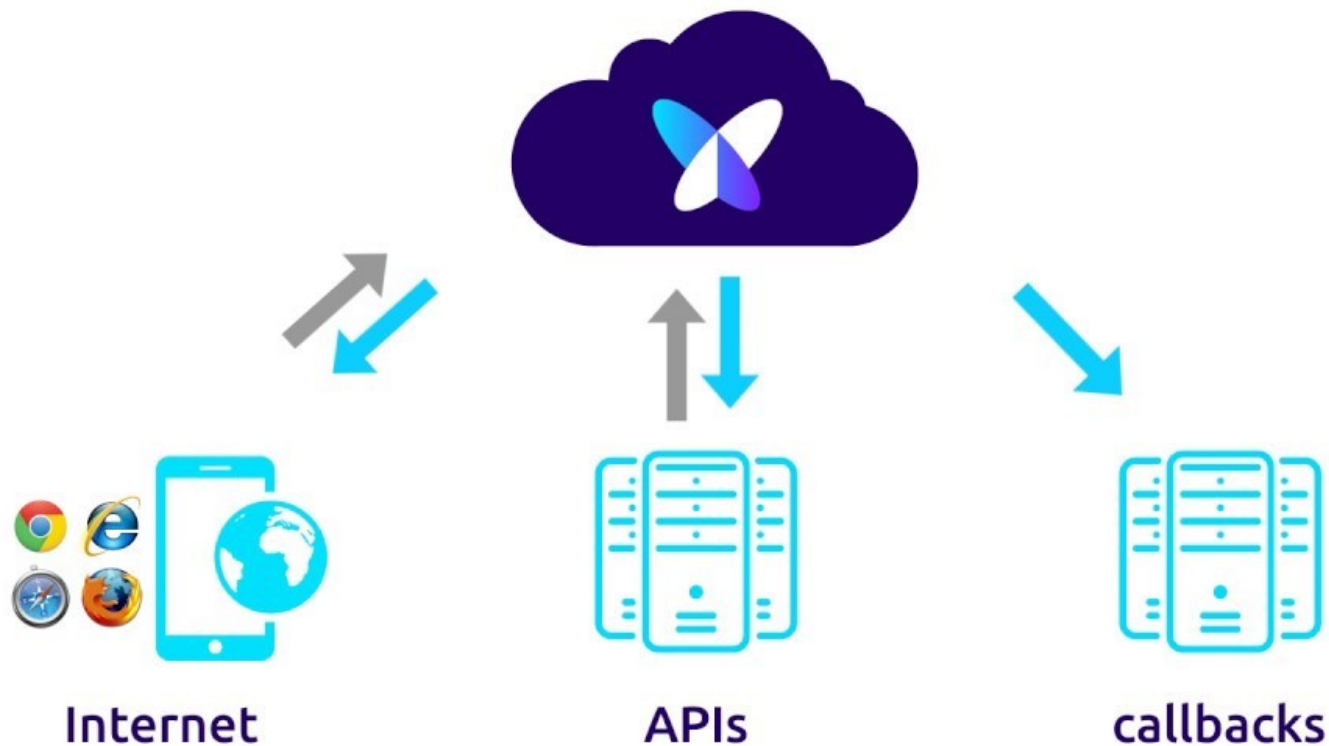
- Nincs kulcs csere hálózaton keresztül
- Nincs kézfogás
- Az üzenet kódolható vagy összekeverhető
- Minden üzenet egy egyedi kulccsal van aláírva

Sigfox - Frekvenciák



	RC1	RC2	RC3	RC4
Frequency	868 MHz	902 MHz	923 MHz	920 MHz
Power output	14 dBm	22 dBm	14 dBm	22 dBm
Countries				

Sigfox - Felhő





- AWS IoT
- AWS Kinesis
- Microsoft Azure Event Hub
- Microsoft Azure IoT Hub
- IBM Watson IoT Platform

- 1994 L. M. Ericsson társaság
- Megalakul a SIG (Special Interest Group) – Ericsson, IBM, Nokia, Intel és Toshiba
- Elkezdődik a „Bluetooth” projekt, névadója II. Harald Blaatand „Kékfogú” viking király
- 1999 július: kiadták a Bluetooth 1.0-t
- 2004: Bluetooth 2.0
- 2009: Bluetooth 3.0
- 2010: Bluetooth 4.0 → 2013: Bluetooth 4.1 → 2014: Bluetooth 4.2
- 2016: Bluetooth 5 → 2019: Bluetooth 5.1

Bluetooth – Stackek



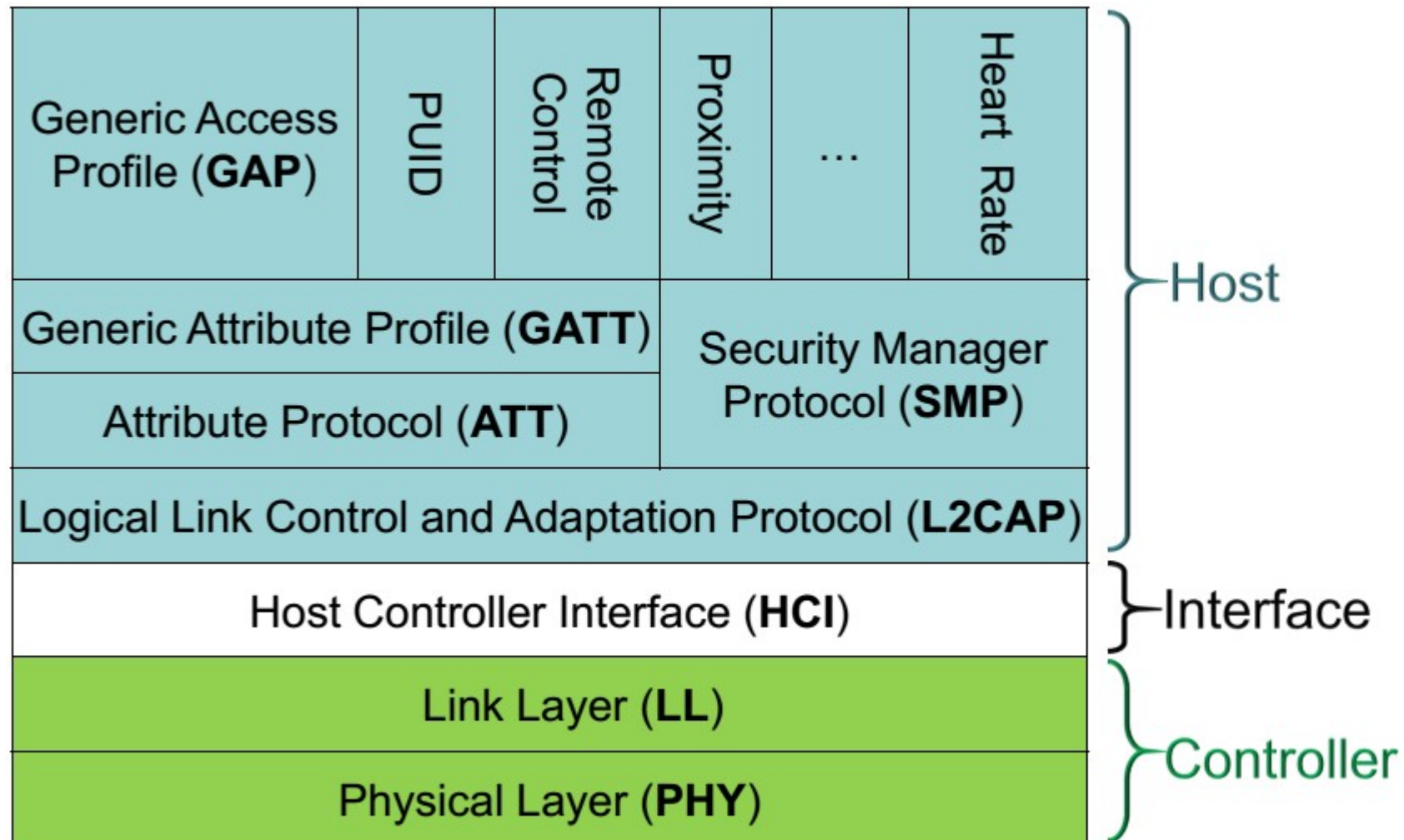
**SZÉCHENYI
EGYETEM**
UNIVERSITY OF GYŐR

1. Bluetooth Classic

2. Bluetooth Low Energy



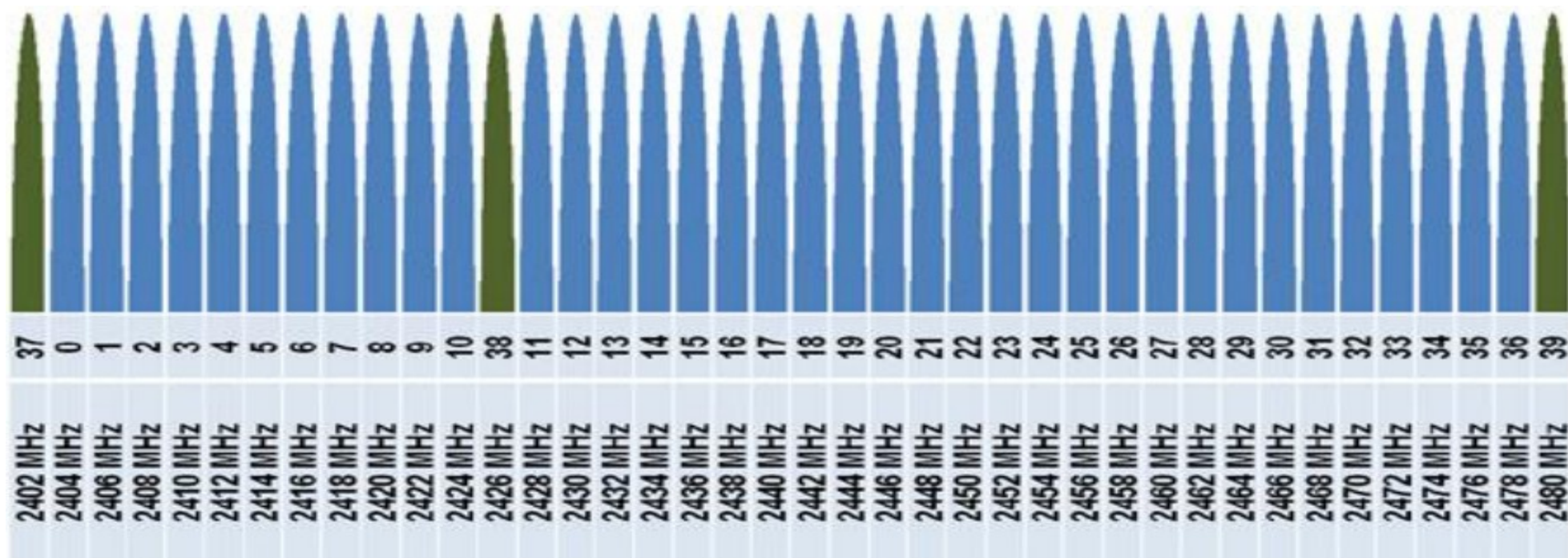
BLE Core Stack



BLE csatornakiosztás

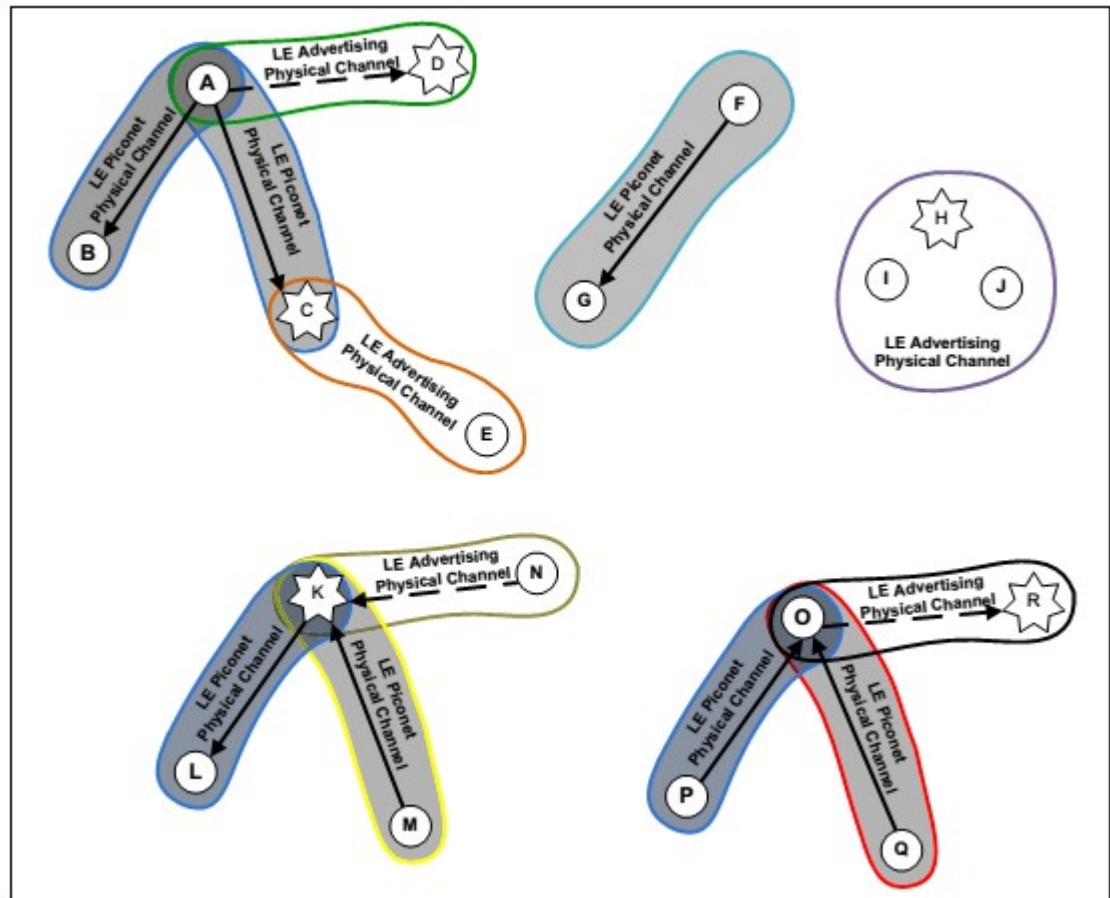


- 40db 2MHz-es csatorna
- 2.4GHz-es ISM sáv
- 3 hirdető csatorna
- 37 adatátviteli csatorna

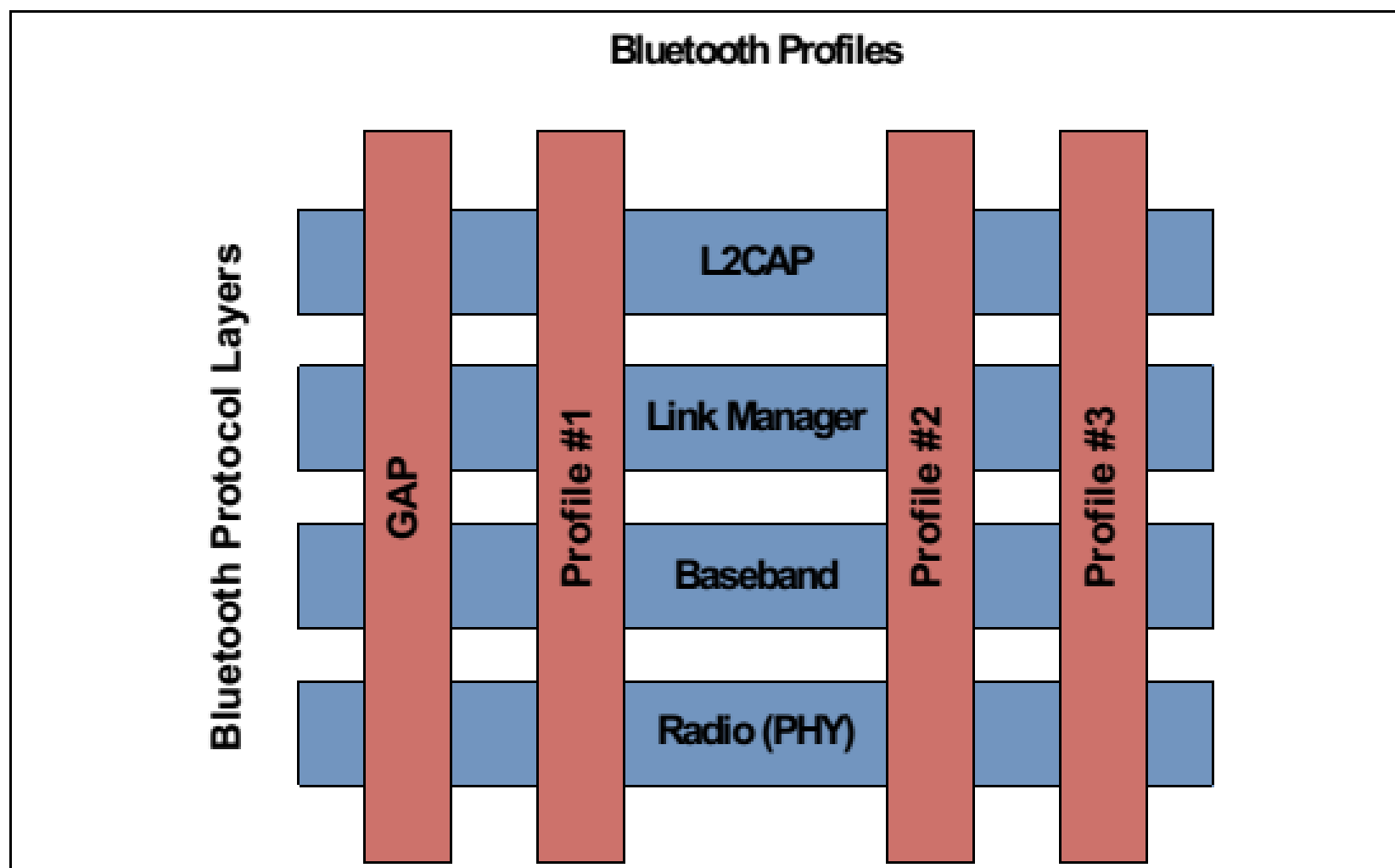


BLE - Piconet

- 1 Master
- 7 Slave (aktív)
- 255 Slave (várakozó)

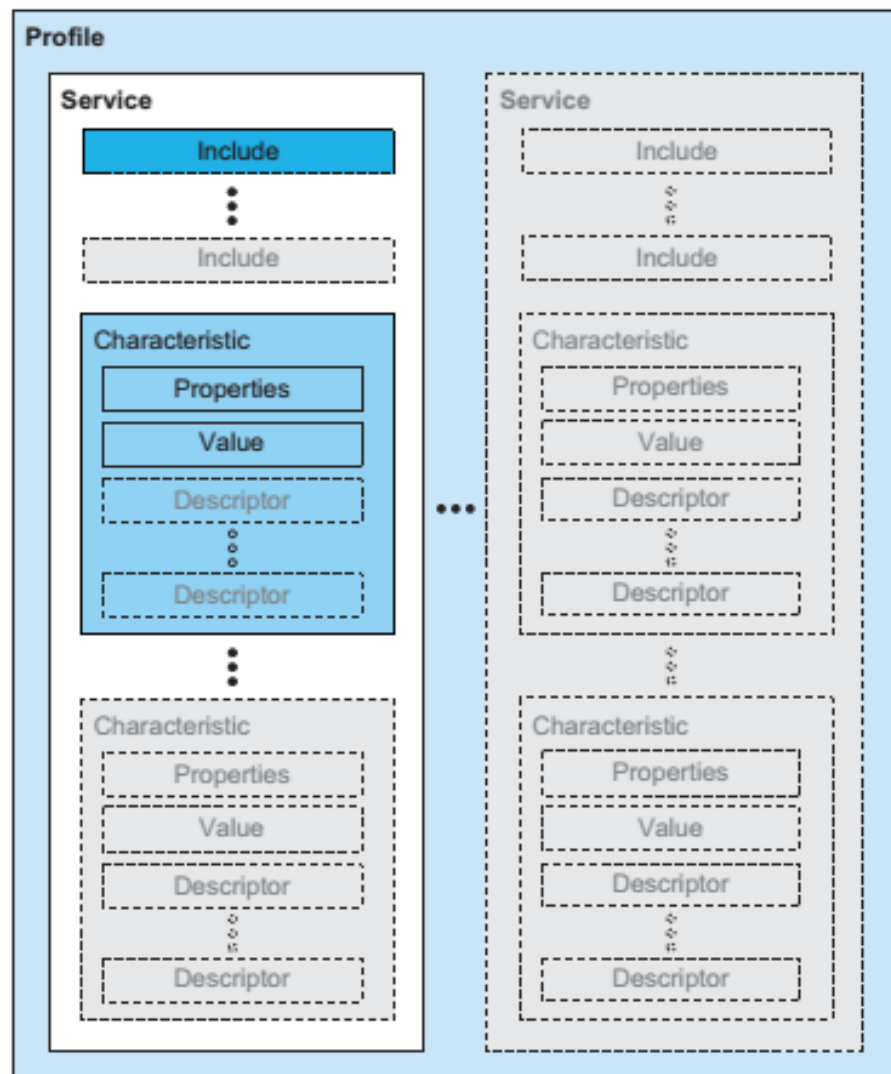
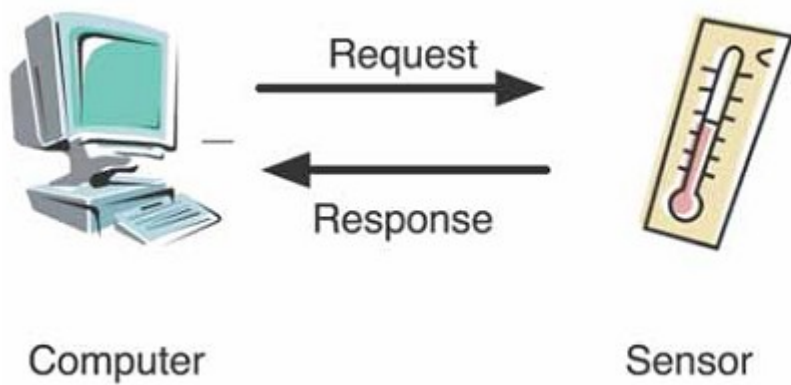


BLE - Alkalmazási réteg



BLE - Attribútumok

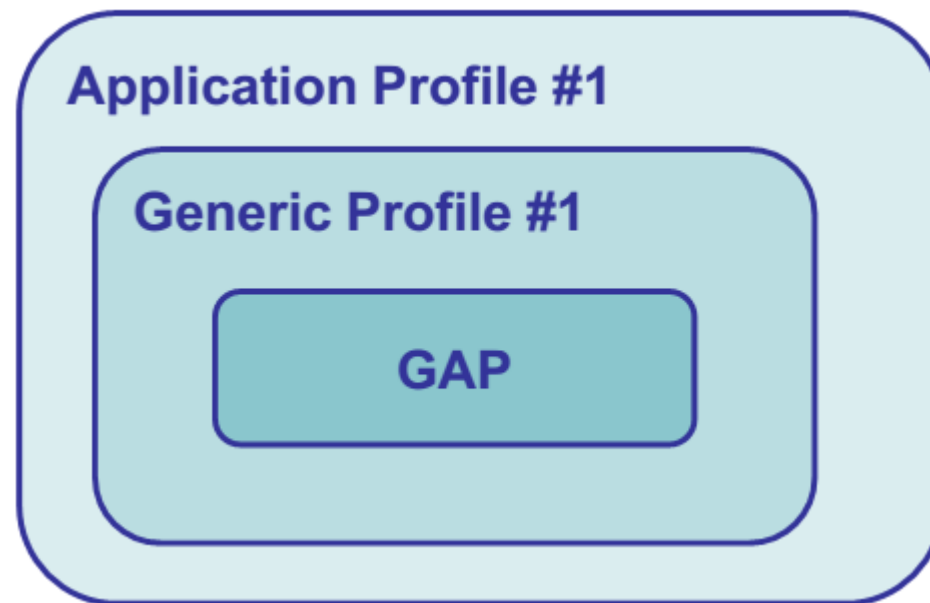
- Szerver
- Kliens



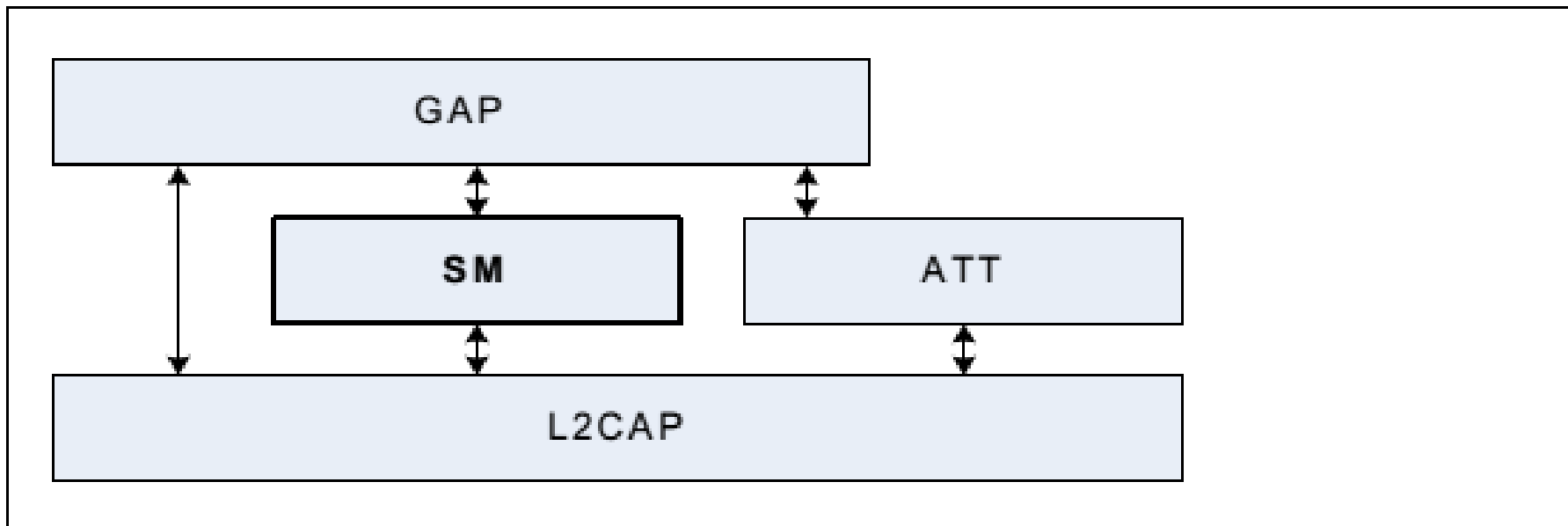
BLE - Szerepkörök



- Broadcaster
- Observer
- Central
- Peripheral

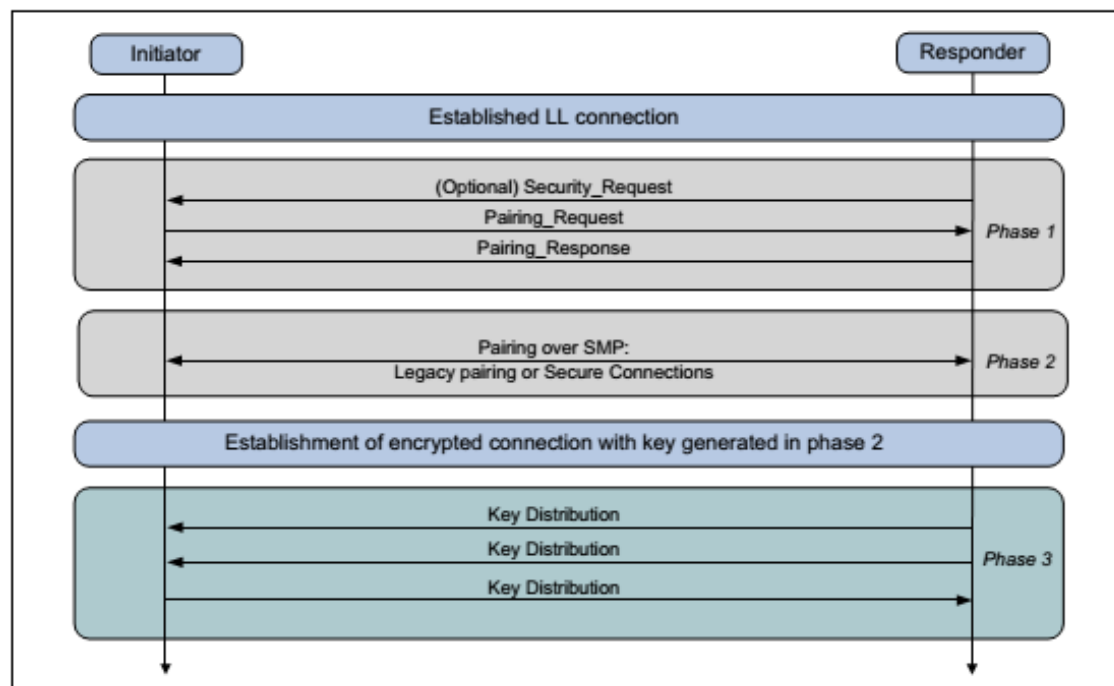


- Párosítás
- Kulcs kiosztás



Fázisok:

- Párosítási tulajdonságok cseréje
- STK generálás / LTK generálás
- Transport Specific Key kiosztása



PDU típusok:

- Adat (Data)
- Hirdetés (Advertising)

Változó méretű PDU:

- min. 80bit – max. 376bit

Változó intervallum:

- 80 μ s – 0.3ms

Preamble	Access Address	PDU Header	PDU Payload	CRC
1 byte	4 bytes	2 bytes	variable (0 – 37 bytes)	3 bytes

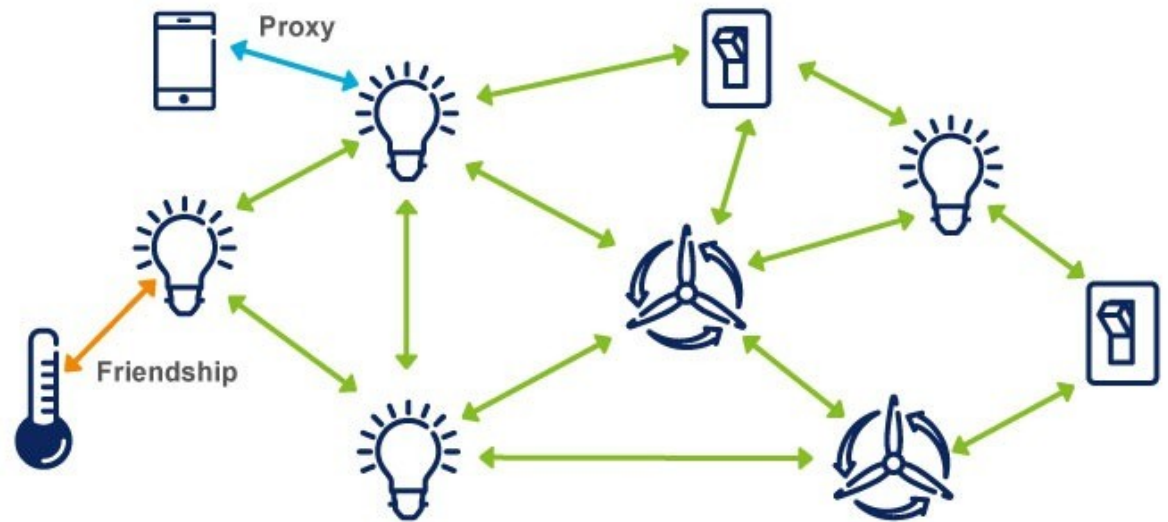
Bluetooth 5

- 2x sebesség
- 4x hatótáv
- 8x több adat
- Nagyobb létjogosultság



Bluetooth Mesh

- Many-to-Many
- Publish-Subscribe
- Közvetítők
- Optimalizáltság



Az IQRF...



**SZÉCHENYI
EGYETEM**
UNIVERSITY OF GYŐR

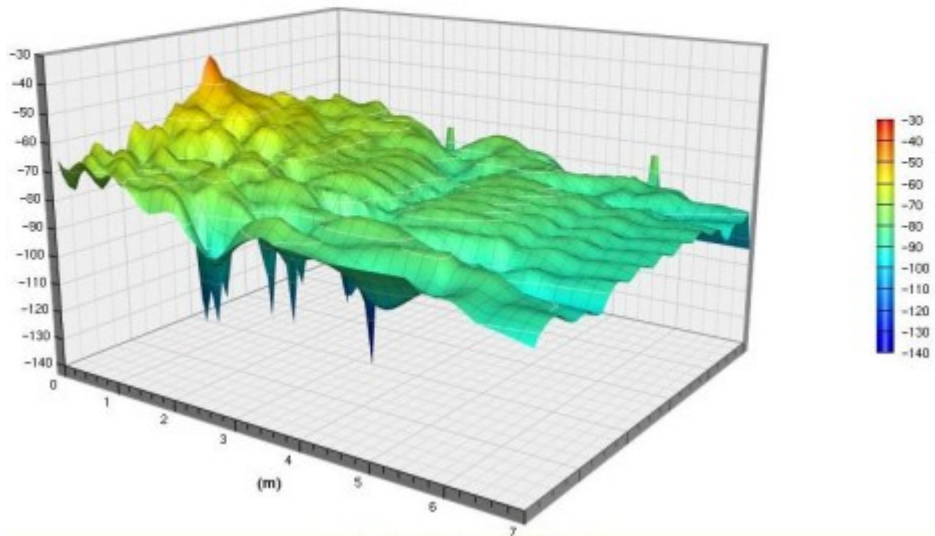
- Nem csak egy modul, vagy termék
- Nem csak egy protokoll, vagy demo
- Nem csak egy limitált alkalmazás
- Nem csak egy marketing fogás

Egy teljesen vezeték nélküli Mesh-hálózati technológia!!!

- Vezetéknélküli csomagorientált rádiófrekvenciás kommunikáció
- Pont-pont és multipont-multipont hálózat
- Egy adó egység, saját operációs rendszerrel
- Kis energiafogyasztás, kis sebesség
- Kis adataegységek, 64byte/csomag
- Akár 65.000 végberendezés egy hálózatban
- 868 MHz, 916 MHz (szoftverrel választható), vagy 433 MHz
- Nincs licenc költség


IQRF - Fizikai réteg

$$E_{BD} = \sum_{m=1}^{M_n} E_R \sin\left(\varphi_{zp} + \frac{\pi}{2}\right) \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^{K_{wi}} L_{wik} \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{K_{fj}} L_{fjk}$$




IQRF - Spektrum

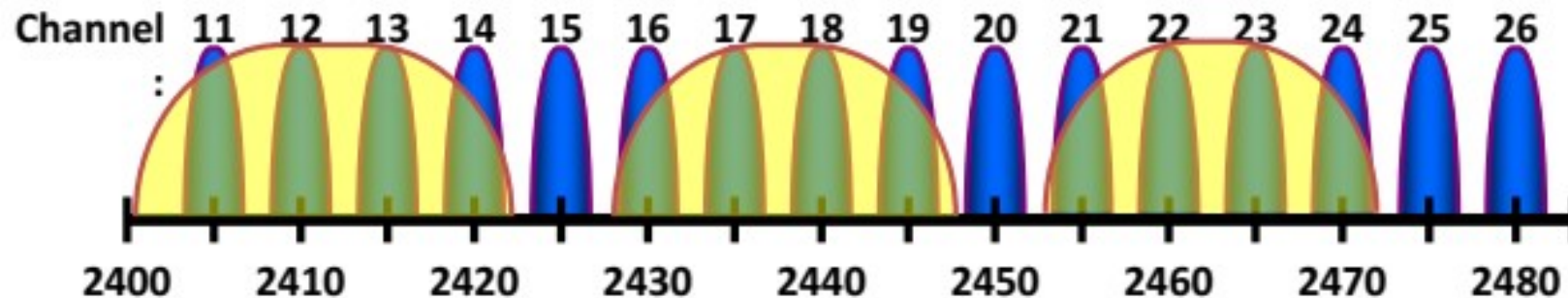
Bandwidth
3 MHz



Channel Spacing
5 MHz



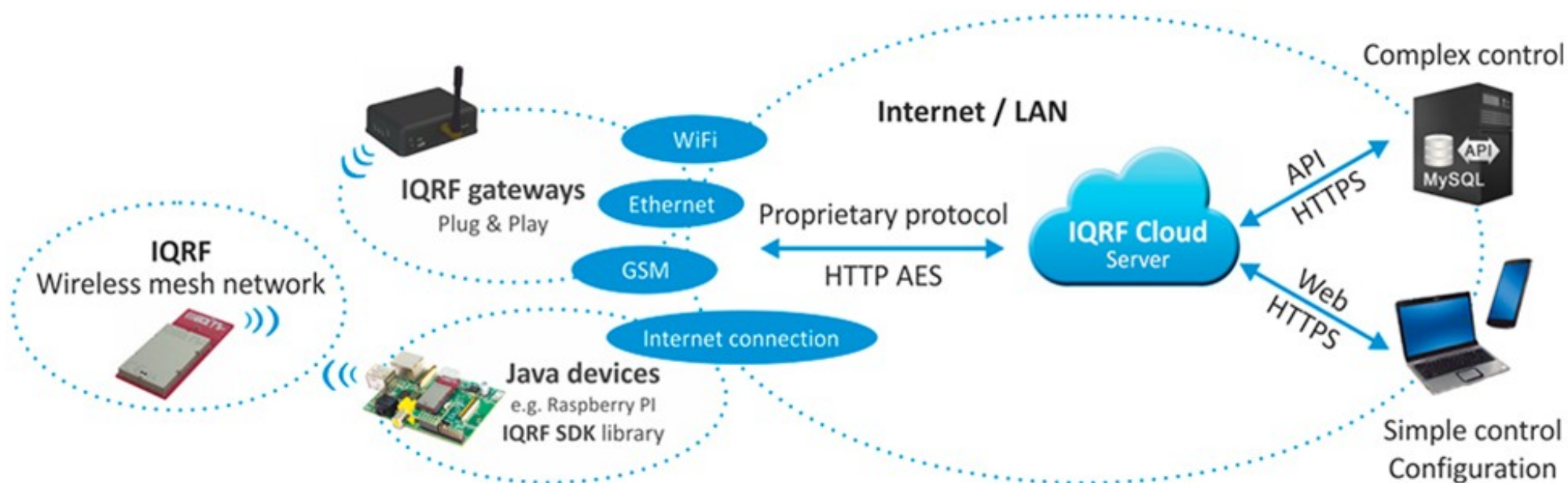
Worldwide
Smaller antennas
Shorter Range



IQRF - Architektúra

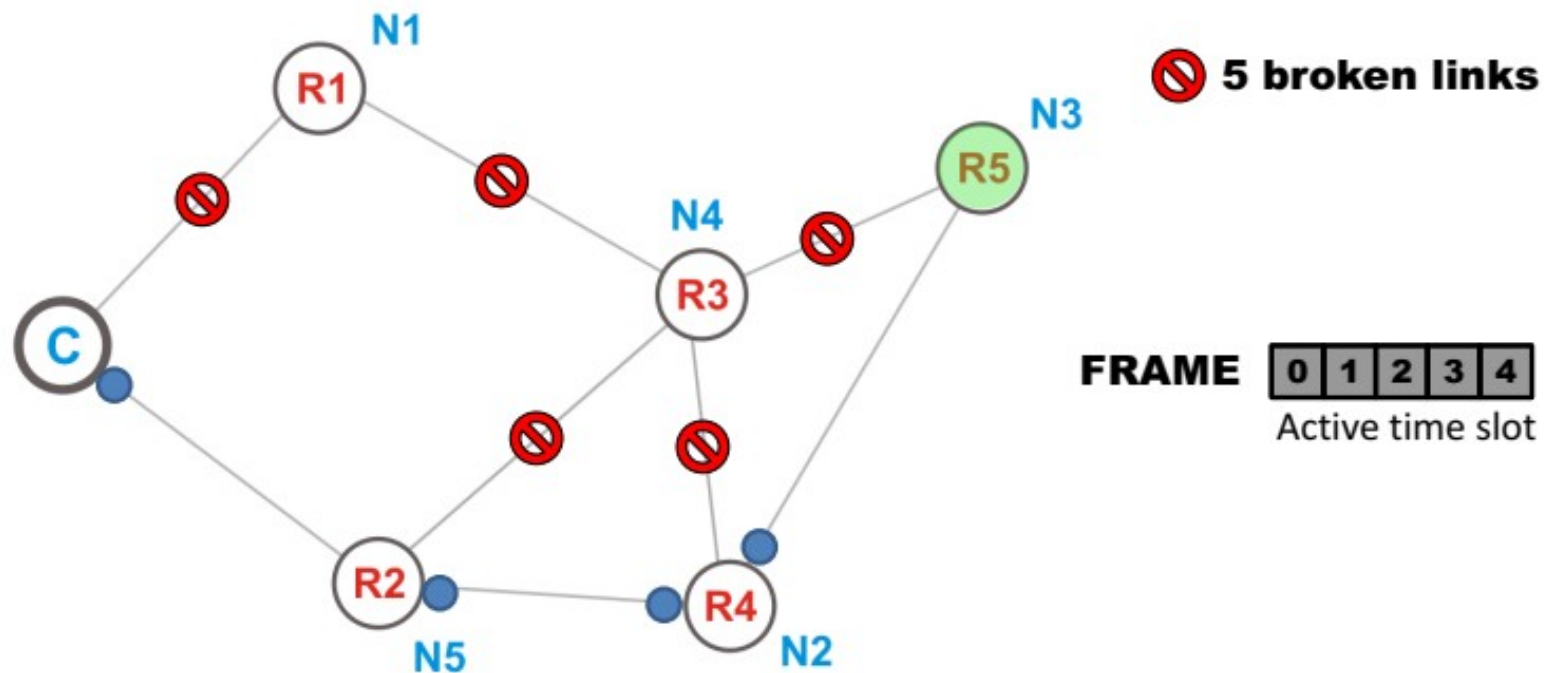


**SZÉCHENYI
EGYETEM**
UNIVERSITY OF GYŐR



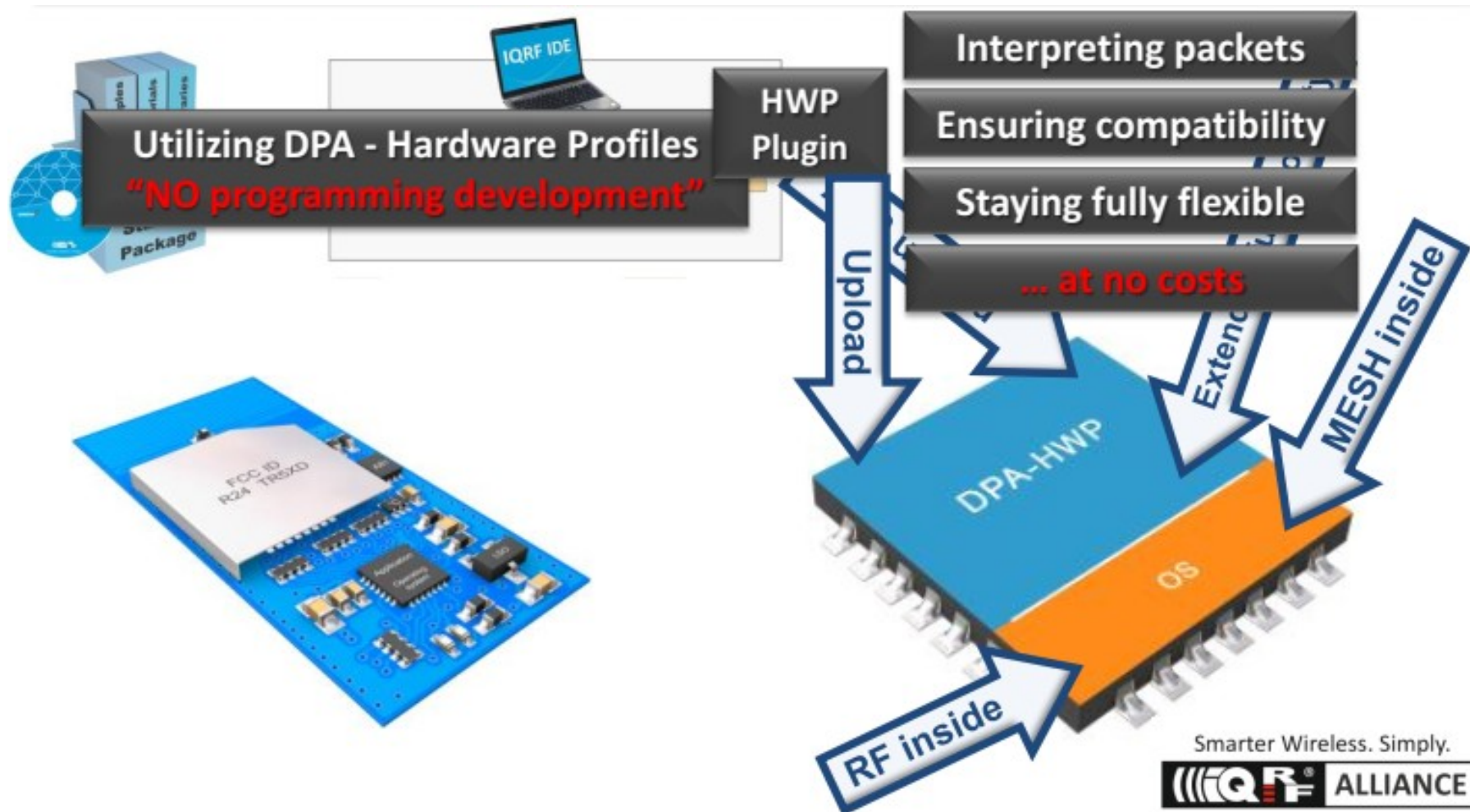
IQRF - Útválasztás

Kevesebb ugrás, nagyobb megbízhatóság.
Mindig megtalálja a legrövidebb útvonalat.



Redundancy can highly increase reliability.

IQRF - A technológia



IQRF - Átjárók



**SZÉCHENYI
EGYETEM**
UNIVERSITY OF GYŐR

Raspberry PI



KON-RASP-01

Up Board



KON-RASP-01

BeagleBone



IQRF-BB-01

PlugPC



USB
GW-USB-06

PC
Tablet
...



USB
GW-USB-06

IQRF - Alkalmazások

- Irányítás
- Telemetry
- Monitoring
- Automatizálás
- Okos otthonok, okos városok
- Egyéb IoT, stb.





To be continued...