

# **SPECIÁLIS CÉLÚ HÁLÓZATI MEGOLDÁSOK KÜLÖNLEGES KÖRNYEZETBEN**

*Szabványok, alapelvek  
Németh Zoltán*

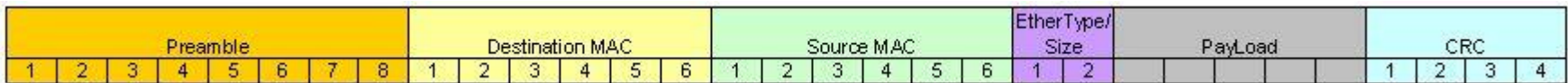
Speciális célú hálózati megoldások különleges környezetben

- néhány tipikus ipari kvázi szabvány vagy speciális gyártói megoldás alapelveinek ismertetése (vezetékes és vezeték nélküli egyaránt)
  - például: industrial Ethernet, Siemens WirelessHART; INTERFACE Wireless RAD
- korábbi előadásokon elmondott technológiák hogyan kerülnek alkalmazásra a speciális célú ipari megoldásokban

- AS-i – Actuator-sensor interface
- BSAP – Bristol Standard Asynchronous Protocol
- CC-Link Industrial Networks
- CIP (Common Industrial Protocol)
- CAN\_bus
- ControlNet – an implementation of CIP
- Data Highway - DH Plus, DH-II, DH-485
- DeviceNet – an implementation of CIP
- DF-1
- DirectNet – Koyo / Automation Direct
- EtherCAT
- Ethernet Global Data (EGD)
- **EtherNet/IP – "Industrial Protocol"**
- Ethernet Powerlink
- FINS, Omron's protocol
- FOUNDATION fieldbus – H1 & HSE
- HART Protocol
- HostLink Protocol, Omron's protocol
- Idec Data Link - an open protocol
- Interbus, Phoenix Contact's protocol
- MACRO Fieldbus - "Motion and Control Ring Optical"
- MECHATROLINK – open protocol
- MelsecNet, MelsecNet II, /B, and /H (Mitsubishi)
- Modbus PEMEX
- Modbus Plus
- Modbus RTU or ASCII or TCP
- OSGP – The Open Smart Grid Protocol
- OpenADR – Open Automated Demand Response
- Optomux – Serial (RS-422/485) network protocol
- PieP – An Open Fieldbus Protocol
- Profibus – by PROFIBUS International.
- PROFINET IO
- RAPIEnet – Real-time Automation Protocols for Industrial Ethernet
- Honeywell SDS – Smart Distributed System
- SERCOS III, Ethernet-based version of SERCOS real-time interface standard
- SERCOS interface, Open Protocol for hard real-time control of motion and I/O
- SSCNET, Servo System Controller Network by Mitsubishi Electric for control of motion and I/O
- GE SRTP – GE Fanuc PLCs
- Sinec H1 – Siemens
- SynqNet – Danaher
- TTEthernet – TTTech
- MPI – Multi Point Interface

- EtherCAT, EtherNet/IP, PROFINET, POWERLINK, SERCOS III, CC-Link IE, Modbus/TCP
- IEEE 802.15.4, ZigBee, Wireless HART, ISA 100.11a, MiWi, Thread

- Ethernet for Control Automation Technology (IEC 61158)
- Kidolgozásának célja:
  - Gyors adatfrissítési lehetőség az automatizálásban ( $\leq 100 \mu\text{s}$ )
  - Alacsony jitter értékek a kommunikációban ( $\leq 1 \mu\text{s}$ )
  - Alacsony hardverköltés
- IEEE 802.3 Ethernet protokollra épül



- Ethertype 0x88a4 használata
- Alapelv: on-the-fly üzenetkezelés, feldolgozás megkezdése a teljes üzenet beérkezése előtt
- Master és slave eszközök
- Broadcast, multicast üzenet továbbítás is lehetséges

Forrás: ethercat.org

- Kommunikáció: telegramok, amelyek küldésére a master jogosult, a slave eszközök továbbítják a downstreamet (utolsó szegmenselem visszaküldi a masternek, full-duplex)

- Protokoll rétegek:

No.	OSI-Layer	EtherCAT	
7	Application Layer	http*, ftp*	Cyclic Data Exchange Mailbox Acyclic Data Access
6	Presentation Layer	-	-
5	Session Layer	-	-
4	Transport Layer	TCP*	-
3	Network Layer	IP*	-
2	Data Link Layer	Mailbox/Buffer Handling, Process Data Mapping, Extreme Fast Auto-Forwarder  Ethernet MAC	
1	Physical Layer	100BASE-TX, 100BASE-FX	

\*optional

- TCP/IP alagutazás a mailbox csatornán keresztül (nem befolyásolja a valós idejű kommunikációt)
- Topológia: vonal, csillag, fa, lánc
- Elemek összekapcsolása: rézvezeték, optikai kábel (nagyobb távolságok esetén)

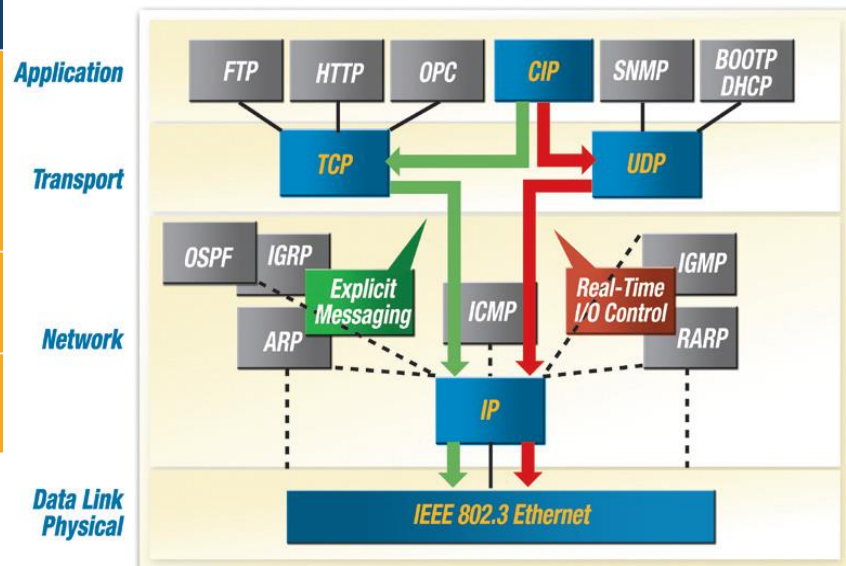
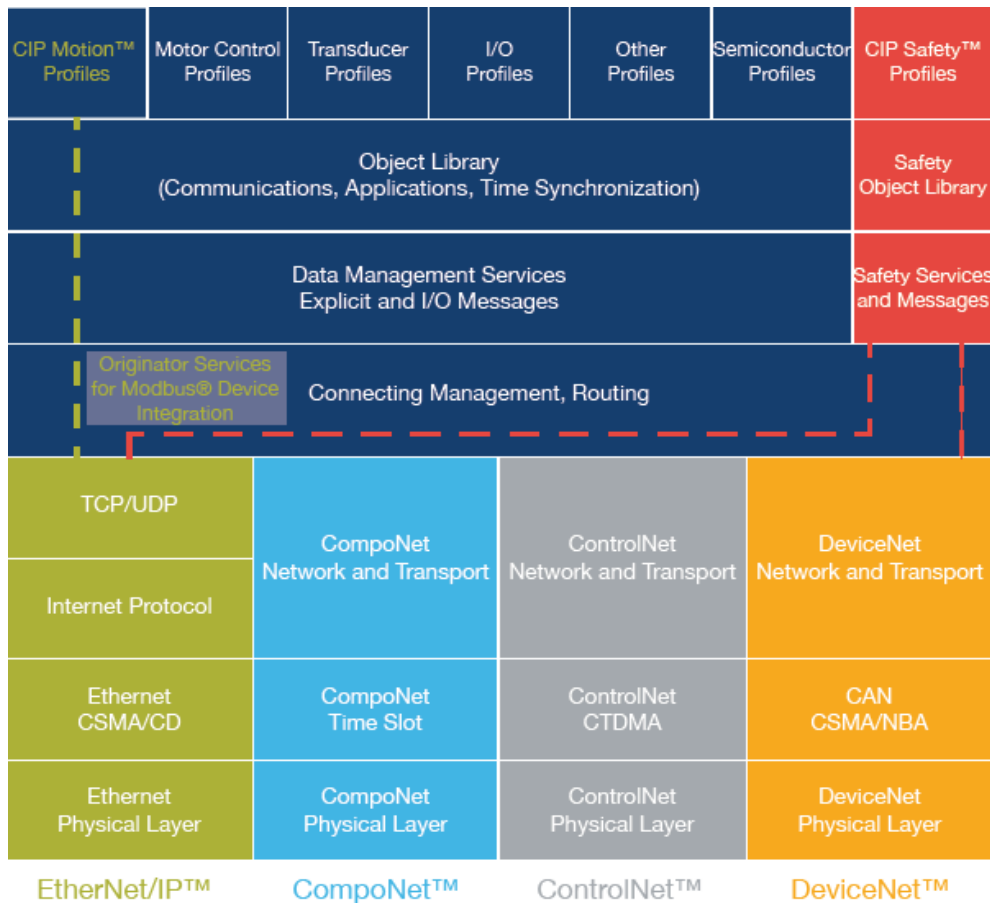
## Eszközprofilok:

- CAN over EtherCAT (CoE)
  - Megfelel az EN 50325-4 szabványnak (Object Dictionary, PDO (Process Data Objects) Mapping, SDO)
- Servodrive-Profile over EtherCAT (SoE, IEC 61800-7-204)
  - SERCOS, motorvezérlés alkalmazások
- Ethernet over EtherCAT (EoE)
  - Alagutazási megoldás, transzparens EtherCAT az Ethernet eszközök számára
- File Access over EtherCAT (FoE)
  - TFPT-hez hasonló, pl. firmware feltöltés az eszközökre
- EtherCAT Automation Protocol (**EAP(!)**)
  - Speciális vezérlési információk (pl. master-master stb.)

- CIP (Common Industrial Protocol) adaptációja standard Ethernet és Internet Protocol hálózatokra
- OSI rétegdefiníciók használata
- TCP – explicit üzenetküldés (port: 44818)
  - Paraméterek, szoftverkomponensek fel- és letöltése
- UDP – implicit üzenetküldés (port: 2222)
  - Alapvető I/O információk
  - Lekérdezéses (polled), ciklikus és állapotváltás monitorozás
- IP – többesküldés (multicast, broadcast)
- Kompatibilitás: Ethernet sebességek, csatlakozók



## Protokoll struktúra



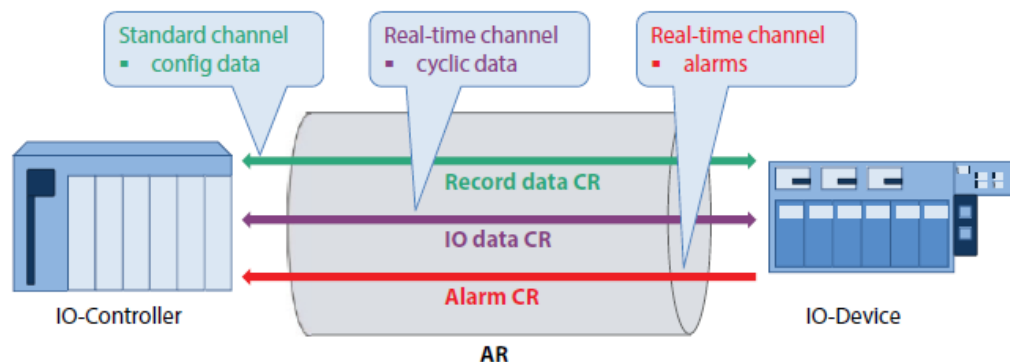
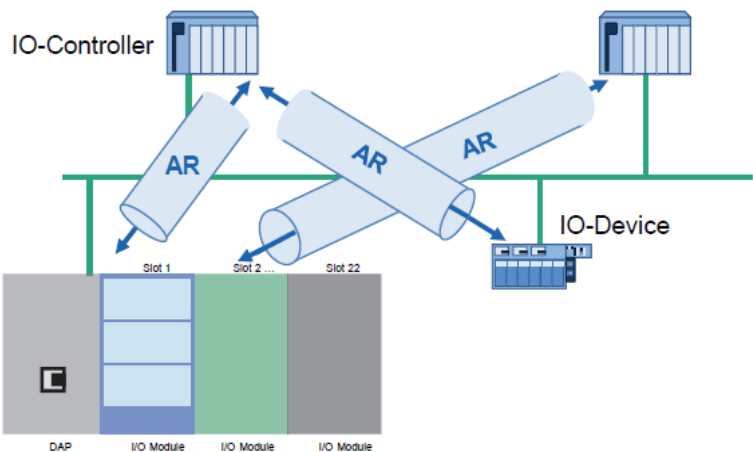
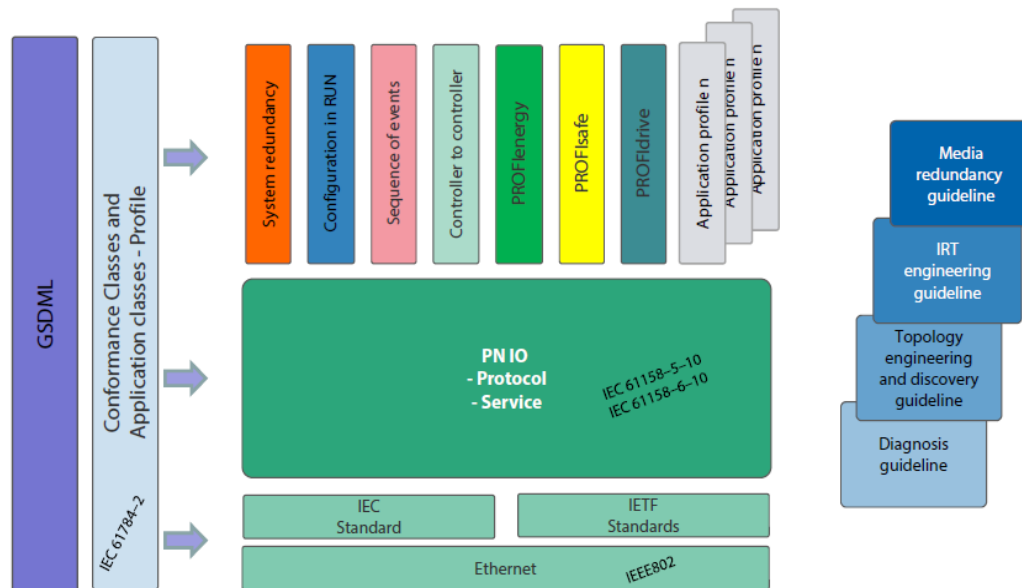
Kommunikációs képesség alapján megkülönböztetett:

- Messaging osztály
  - robotokat, PLC-eket konfiguráló, programozó eszközök
  - vezérlőrendszerek operátori interfész eszközei (HMI)
  - valós idejű I/O üzeneteket nem igénylő SW alkalmazások
  - hálózati konfigurációs és diagnosztikai eszközök
- Adapter osztály
  - valós idejű I/O eszközök
  - explicit és/vagy implicit üzeneteket igénylő PLC-k
- Scanner osztály
  - valós idejű I/O igényű PLC-k, vezérlők, robotok stb.

# PROFINET (Process Field Net)

- Ipari Ethernet felett működik (IEC 61158, IEC 61784)
- Célja adatgyűjtés és vezérlési folyamatok támogatása ipari hálózatokban
- Szűk időkorlátok betartása (1 ms vagy kisebb)
- Eszközök címezése: MAC
- Konformancia osztályok
  - CC-A: valós idejű eszközök, pl. rádiós átvitel
  - CC-B: (kiegészítő) diagnosztika, redundancia
  - CC-C: hw erőforrásfoglalás támogatású eszközök

- Protokoll struktúra:

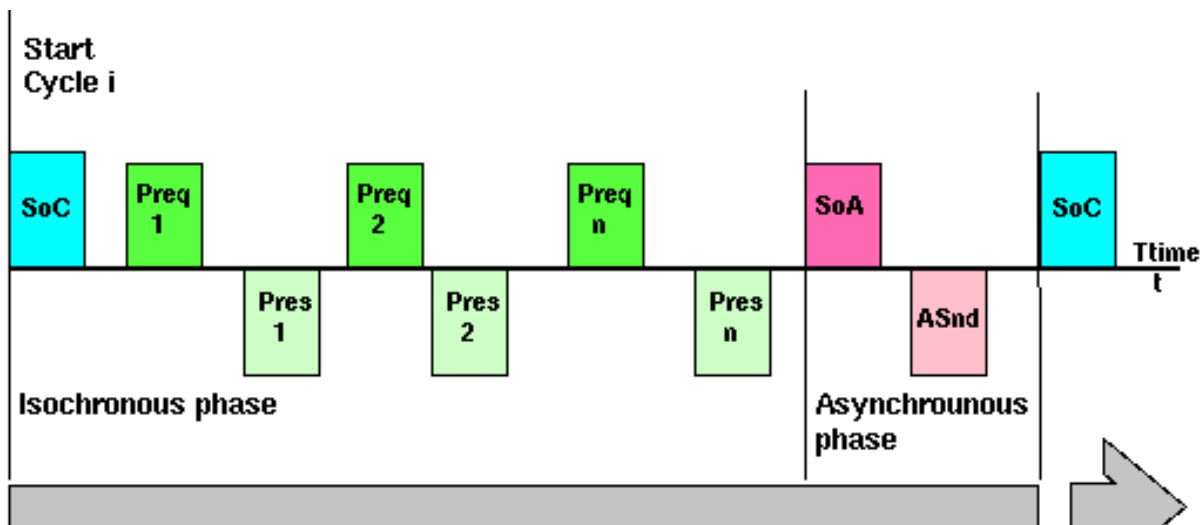


- Működés: alkalmazás és kommunikációs kapcsolatok

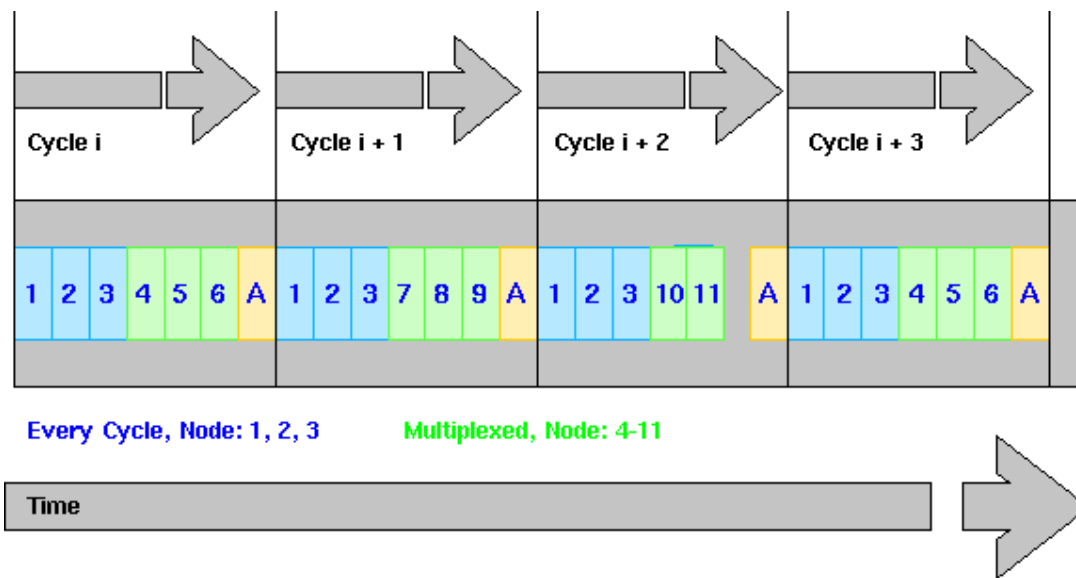
- Alapfunkciók:
  - ciklikus adatcsere: pl. státusz információ, 250  $\mu$ s - 512 ms
  - nem ciklikus adatcsere: pl. konfigurációs adatátvitel
  - diagnosztika: pl. riasztások
- Általános alkalmazási profil
  - PROFIsafe (IEC 61784-3-3), kommunikációbiztonság elosztott automatizálási rendszerekben
  - PROFIenergy, valós idejű energiaszükséglet figyelés (BMW, Mercedes, VW)
- Speciális alkalmazási profil
  - PROFIdrive (IEC 61800-7), hajtás- és mozgásvezérlés
  - Egyéb pl. vasúti

- Ethernet alapú valós idejű protokoll
- NEM power over Ethernet!
- Eredeti fizikai réteg 100BASE-TX, 2006 óta támogatja a Gigabit Ethernetet (1 Gbps)
- Az Ethernet kiegészítése lekérdezéses és időosztásos mechanizmussal:
  - Garantált átvitel időkritikus adatokhoz
  - Mikroszekundum alatti precíziós szinkronizálás
  - Kevésbé időkritikus adatok átvitele aszinkron csatornán
- 200  $\mu$ s alatti ciklusidő, 1  $\mu$ s alatti jitter

- Alapciklus:
  - Cikluskezdet
  - Izoszinkron fázis
  - Aszinkron fázis



- Multiplexálás

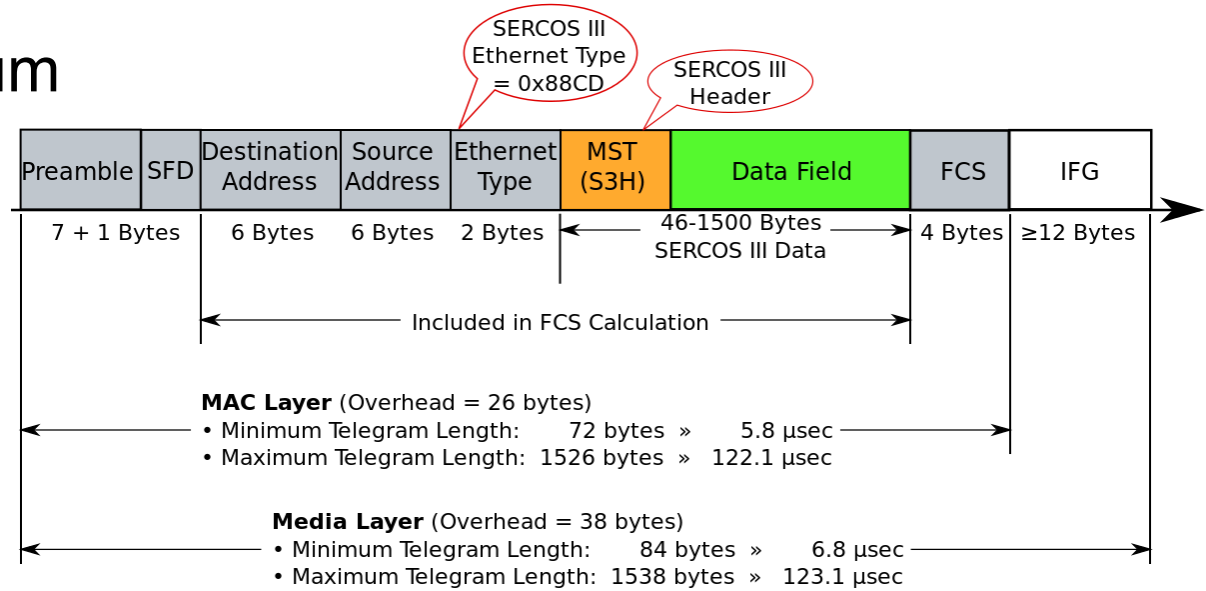


- Ipari telephelyek energiamenedzsmentje
- Épületautomatizálás
- Robotika
- Nagyméretű hálózati struktúrák

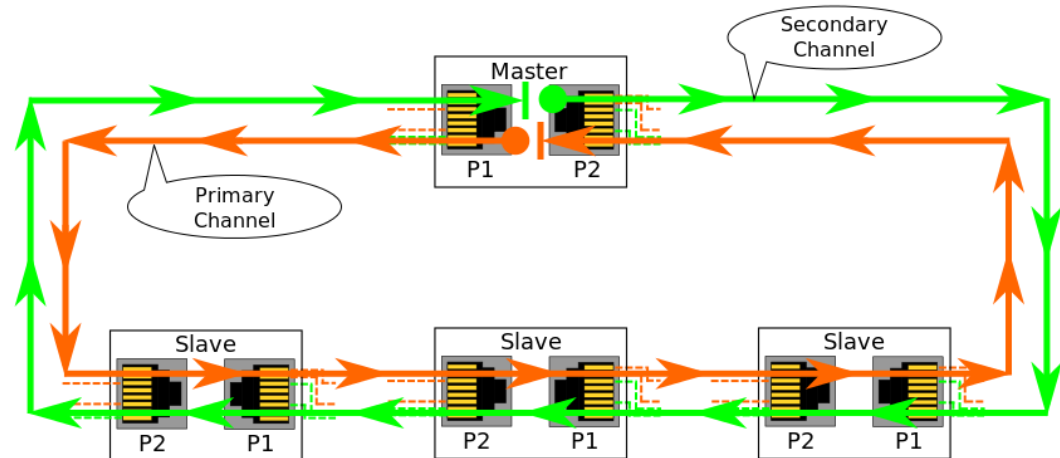


- Ipari vezérlési, motorvezérlési protokoll
- Ethernet alapú
- Master-slave architektúra
- Gyűrű és vonal topológia definiált
- Cirkuláris adatátvitel: master kezdeményez, és a végppont is a master
- Cél: valós idejű adatátvitel különböző I/O egységek számára alacsony késleltetési idővel és jitterrel
- Ciklusidő: 31,25  $\mu$ s - 65 ms

## Telegram formátum



## Fizikai interfész (itt gyűrű)



- SERCOS I/O profil módban
  - Decentralizált I/O modulok vezérlése
  - Blokk és moduláris I/O egységek
- SERCOS Energy profil módban (fogyasztás csökkentés)
  - Folyamatos terhelésű motorok, gépek
  - Dinamikusan változó terhelésű folyamatok, hatékony részleges terhelésmegosztás
  - Kikapcsolható komponensekkel rendelkező rendszerek

- Eredetileg Mitsubishi fejlesztés
- Különböző szabványok adaptációja
- Átviteli közeg csavart érpár és optika
- Átviteli sebességek 1 Mbps – 1 Gbps
- Hálózati elemek száma max. 254 egy hálózaton belül
- Áthidalható távolság max. 550 m az elemek között

## ▪ Keretszerkezet

### Master Frame Transmission Format

Standard Master Frame (Maximum 930 bytes)



Master Transmission (Maximum size with Transient Message)



Master Transmission (Maximum size without Transient Message)

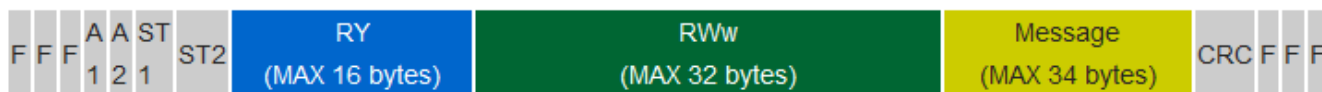


### Slave Frame Transmission Format

Standard Slave Frame



Slave Transmission (Maximum data with Transient Message)



Slave Transmission (Maximum data without Transient Message)

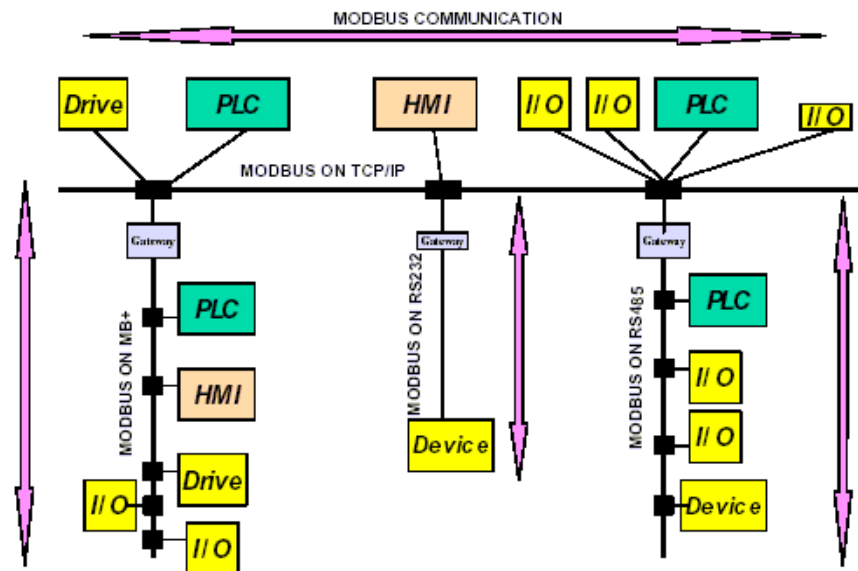
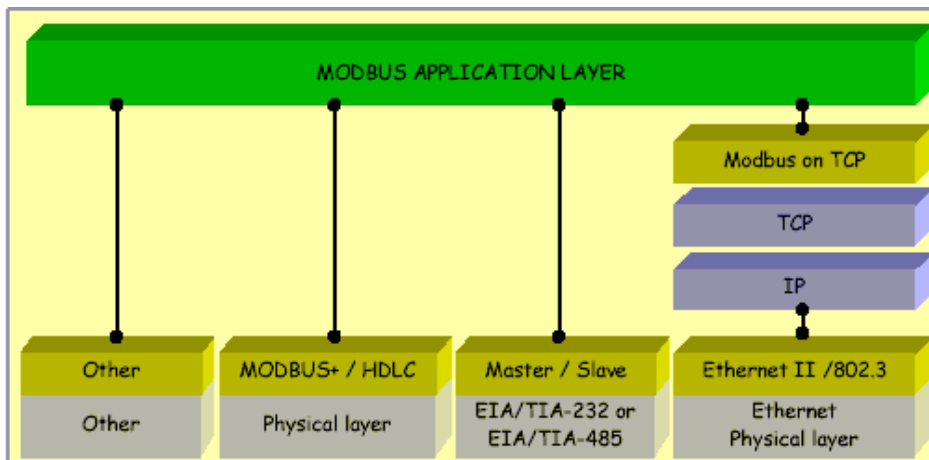


- Ipari folyamat és gépvezérlések (különbéle gyártói és termelői iparágakban)
- Létesítmény üzemeltetés
- Folyamatvezérlés és épületautomatizálás

- Ipari soros kommunikációs protokoll
- De facto szabvány (Schneider Electric)
- Különböző célú protokollverziók (RTU, ASCII, **TCP/IP**)
- Alkalmazás szintű protokoll
- Az alatta működő fizikai réteg különböző lehet: vezetékes, vezeték nélküli (GPRS, ISM alapú)
- Modbus TCP/Modbus over TCP: checksum, payload kezelés eltérő



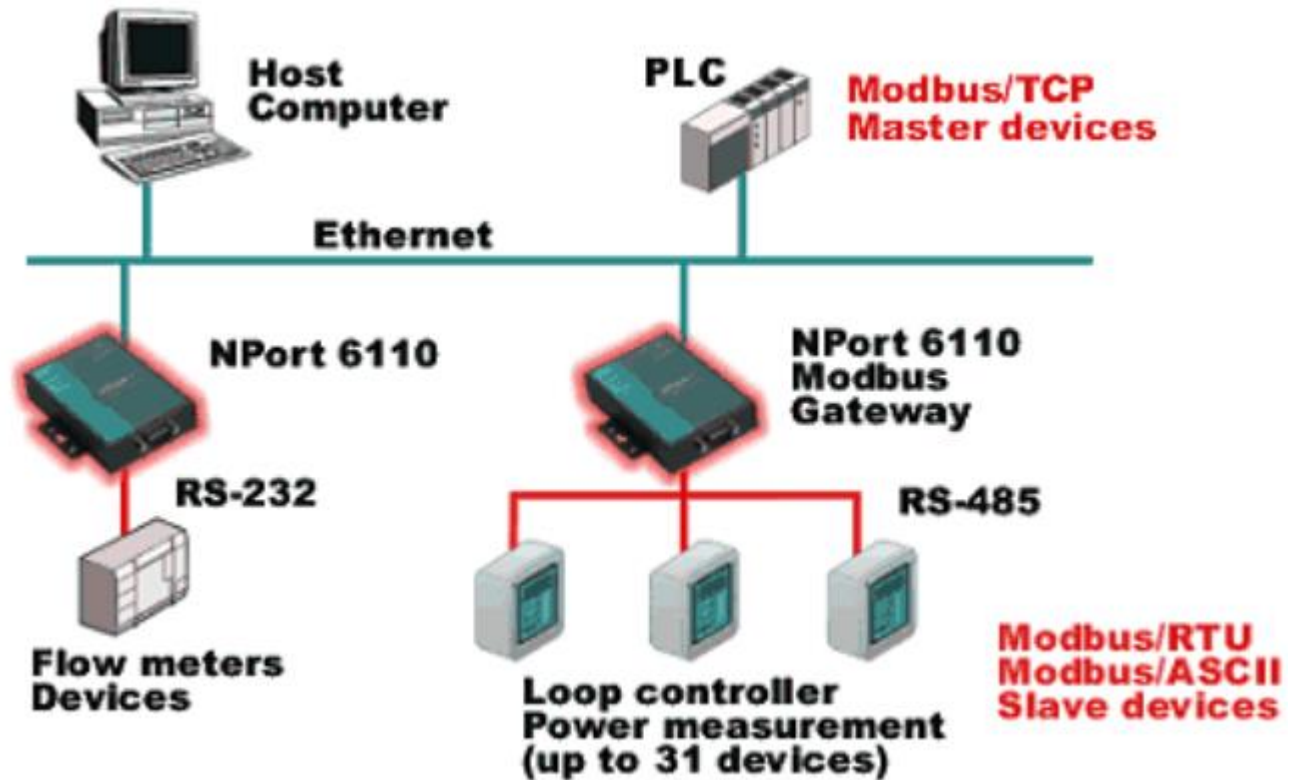
## Protokoll stack



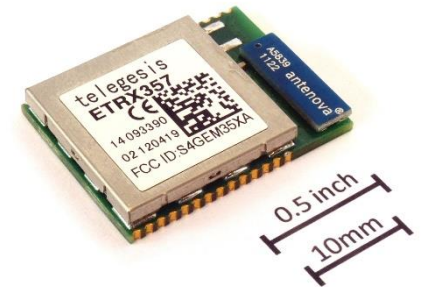


# Modbus/TCP alkalmazások

- Folyamatvezérlés
- Automatizálás



- IEEE 802.15.4 alapú magasszintű kommunikációs protokoll
- Kis fogyasztású digitális rádiós rendszer
- Hatótávolság 10-100 méter (line-of-sight)
- 128 bites szimmetrikus kulcsú titkosítás
- Kis fogyasztás
- Működés ISM sávokban
- Teljesítmény 1-100mW
- Adatsebesség 250 kbps-ig (sávfüggő)
- Hálózati topológia:
  - Csillag
  - Fa
  - Mesh

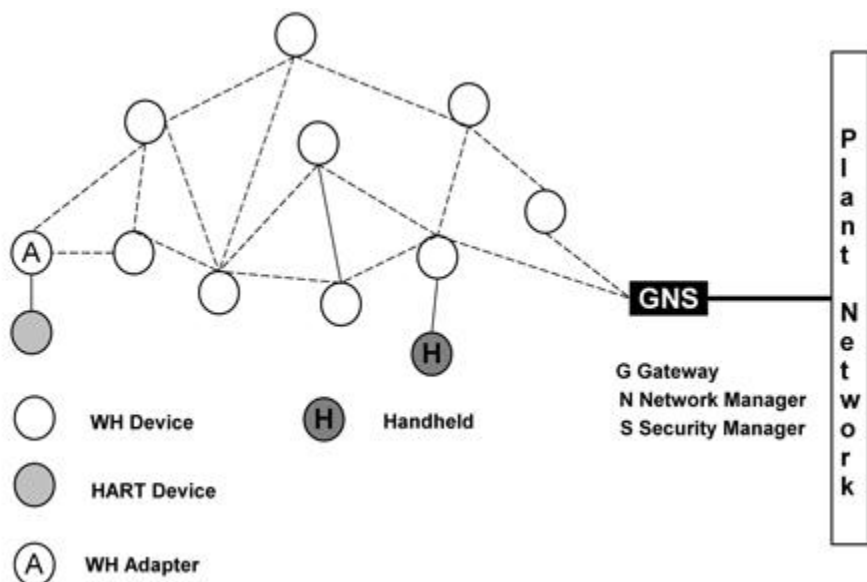


- Eszközfunkciók:
  - ZigBee Coordinator: hálózati gyökérelem a legtöbb képességgel, hálózati kulcsok, egyéb információk
  - ZigBee Router: köztes hálózati elem, adatforgalom irányítási képességek
  - ZigBee EndDevice: a „szülő” elemmel képes kommunikálni, forgalom továbbításra nem alkalmas
- Funkcionális rétegek:
  - Fizikai: IEEE 802.15.4-2003 PHY
  - MAC: IEEE 802.15.4-2003 MAC
  - Hálózati: AODV algoritmus, ad hoc hálózat
  - alkalmazási

- Vezeték nélküli kapcsolók
- Elektromos mérőeszközök
- Forgalmenedzsment eszközök
- Épületautomatizálás
- Gyógyászati adatgyűjtés
- Tűz- és behatolásérzékelés
- Egyéb kis hatótávolságú, kis adatsebességű átvitelek ipari rendszerekben

- HART: Highway Addressable Remote Transducer Protocol
- Az első vezeték nélküli folyamatirányítási protokoll
- IEEE 802.15.4 az alapja
- Kompatibilis a korábbi HART protokollal
- Különböző funkciójú hálózati elemek (pl. router stb.)
- Pont-pont vagy mesh összeköttetés
- 2,4 GHz frekvenciasáv
- DSSS moduláció

- Hálózatfelépítés és protokoll stack



OSI	TCP/IP	HART	
Application		Command Oriented. Predefined Data Types and Application Procedures	
Presentation		Auto-Segmented transfer of large data sets. Reliable stream transport	
Session	Application	Byte Oriented, Token, Master/Slave Protocol	Redundant Paths Mesh Network
Transport	TCP		TDMA, Channel Hopping
Network	IP	Analog & Digital Signaling 4-20mA	IEEE 802.15.4
Data Link	Network Access		IEEE 802.15.4 (2,4GHz)
Physical		Wired (FSK/PSK/RS485)	Wireless 2.4 GHz

# Wireless HART alkalmazás

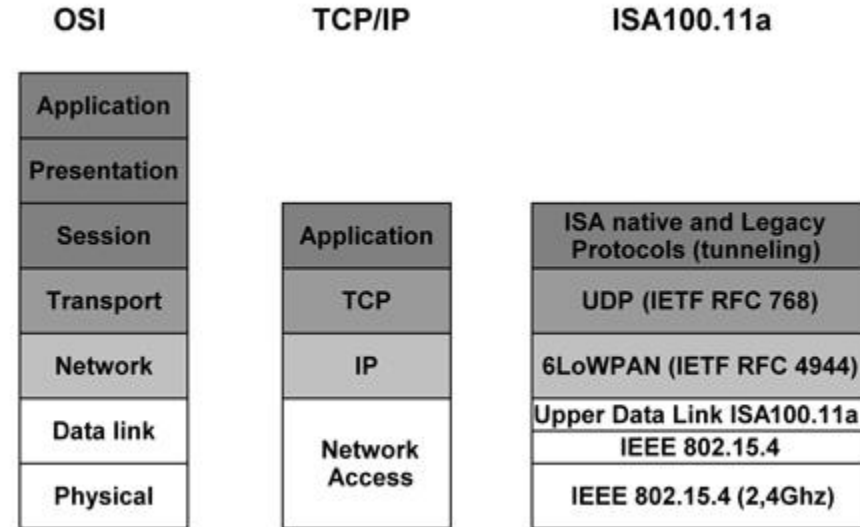
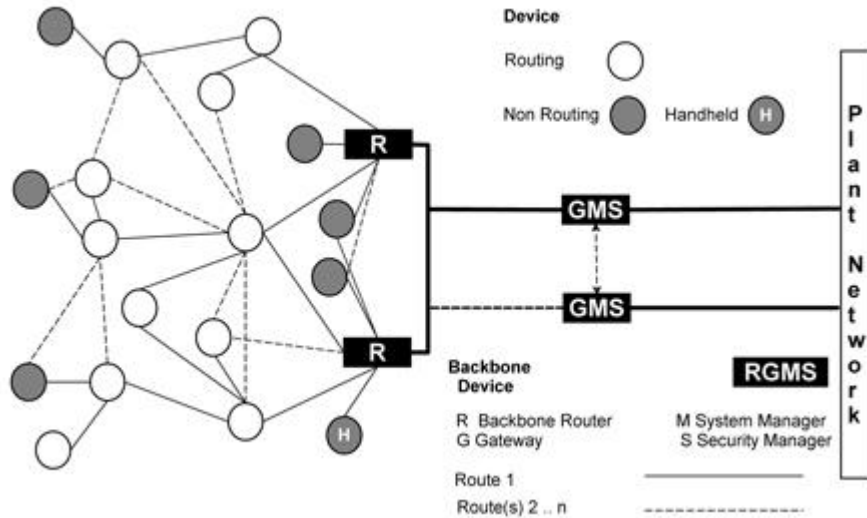
---

- Ipari vezeték nélküli szenzorhálózatok
- Meglevő HART hálózatok vezeték nélküli kiegészítése

- ISA: International Society of Automation
- IEC 62734 szabvány
- Különböző funkciójú hálózati elemek (pl. router stb.)
- Pont-pont vagy mesh összeköttetés
- 2,4 GHz frekvenciasáv
- Spektrum menedzsment alkalmazása (fekete lista, adaptív hopping)
- IPv6 támogatás



- Hálózat felépítés és protokoll stack

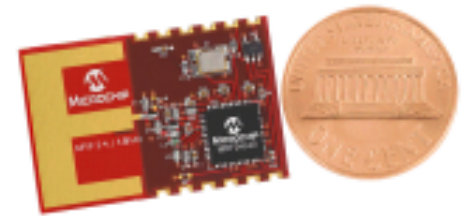


# ISA 100.11a alkalmazás

---

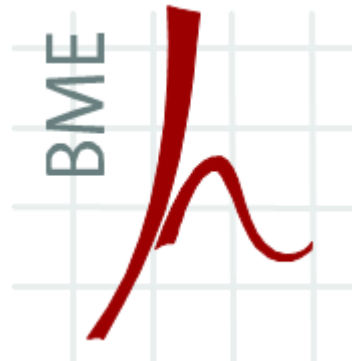
- Ipari folyamatvezérlés
- Egyéb kapcsolódó alkalmazások

- Microchip Technology Inc.
- IEEE 802.15.4 alapú
- Kis sugárzott teljesítmény
- Hatótávolság 20-50 méter
- Alacsony költség
- Patch antenna



- Ipari monitorozás és vezérlés
- Épület automatizálás
- Távvezérlés
- Kisteljesítményű szenzorhálózatok
- Világításvezérlés
- Automata mérőleolvasás

- IPv6 alapú hálózati protokoll
- 6LoWPAN
- IEEE 802.15.4 használata
- IoT (Internet of Things) koncepció
- AES titkosítás
- Helyi mesh struktúrájú vezeték nélküli hálózatok
- Különbéféle automatizálási megoldások
- Dokumentáció - Thread tagság (tagdíj) szükséges



**KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!**