



# IO-Link és Ipari Ethernet megoldások

Hőnyi Gábor Pál

-

Robottechnikai Szakkollégium

NTP-SZKOLL-21-0034 Robottechnikai Szakkollégium - Tehetséggondozás és szakmai közösségépítés az OE ROSZ-ban – 3 500 000 Ft támogatás

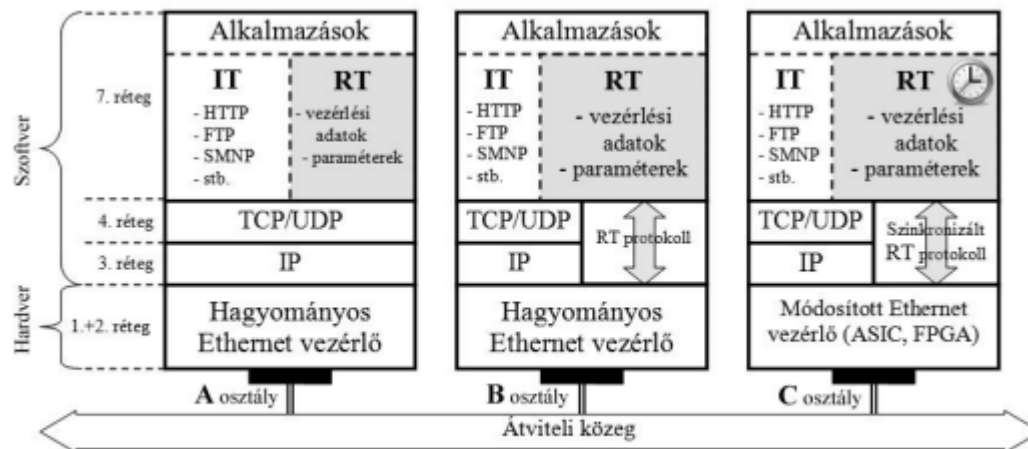


MINISZTERELNÖKSÉG



# Bevezetés

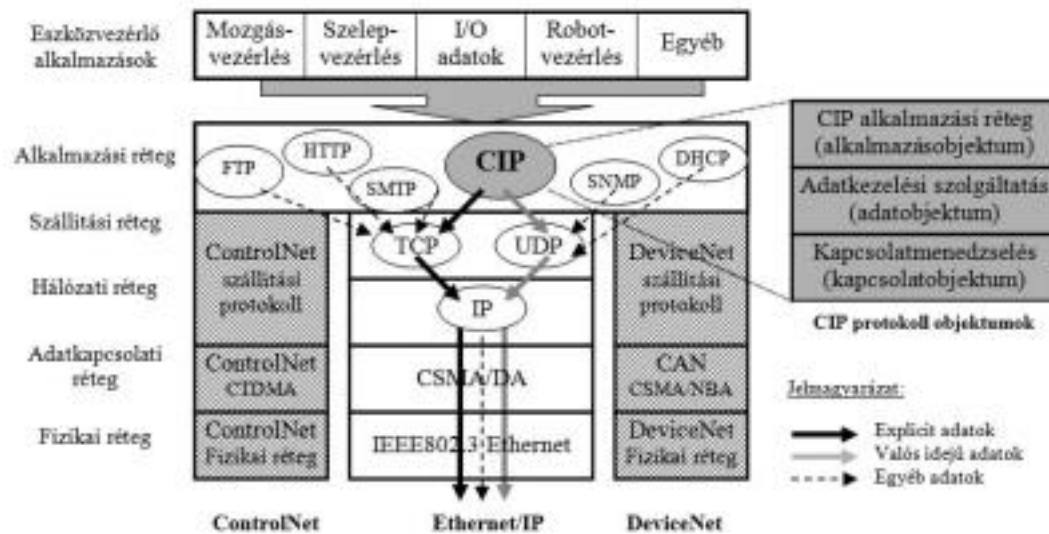
Az ipari irányító- és kommunikációs rendszerek gyártói számos ipari Ethernet technológiára épülő megoldást fejlesztettek ki, amelyek jelentős szerepet játszanak a mai, korszerű ipari elosztott vezérlési és folyamatirányítási alkalmazásokban. A hagyományos terepi buszos kommunikáció korlátozott adatátviteli sebessége gátat szab azon korszerű technológiai megoldások alkalmazásának, amelyek nagyobb információmennyiséget és átviteli sebességet igényelnek. A közös Ethernet platform amellet, hogy kétirányú, 100 Mb/s-os bitsebességet képes szolgáltatni, egy lépéssel közelebb hozta egymáshoz a különböző gyártók specifikus termékeit. Ezek most már ha nem is közvetlenül, de megfelelő eszközeik segítségével implementálhatók a legtöbb rendszerbe. Ez a feladat persze nem olyan egyszerű, mert a gyártók meglehetősen kevés műszaki információt közölnek a termékeik ilyen jellegű alkalmazásaival kapcsolatban. A jelenleg elterjedt megoldásokat a gyakorlatban három osztályba sorolhatjuk, attól függően, hogy milyen kommunikációs rétegeket használnak és milyen valós idejű követelményeket képesek teljesíteni. Az 1. ábrán ezen osztályok rétegstruktúráit láthatjuk.



1. ábra. Ipari Ethernet osztályok struktúrái.

# Az Ethernet/IP

Az Ethernet/IP protokoll eredetileg a Rockwell cég által került bevezetésre 2001-ben, mint az akkori idők egyik legkorszerűbb és legjobb valós idejű adottságokkal rendelkező ipari Ethernet rendszere. Az IEC 61158 szabvány valós idejű követelményeit, az IEC 61784-1 szabvány ipari Ethernetes specifikációjának megfelelően valósítja meg. Főleg a tengerentúlon, Észak-Amerikában valamint Ázsiában terjedt el. Jelenleg az ODVA (Open DeviceNet Vendors Association) menedzseli, melynek köszönhetően a valós idejű működésének alapját képező CIP (Common Industrial Protocol) protokollja szerepel más ipari Ethernetes megoldásokba implementálva is, mint például a ControlNet vagy a DeviceNet és újabban a CompoNet.



# CIP protokoll

Valós idejű működés elsősorban az alkalmazási rétegbe implementált CIP protokoll objektumorientált funkcióinak köszönhető.

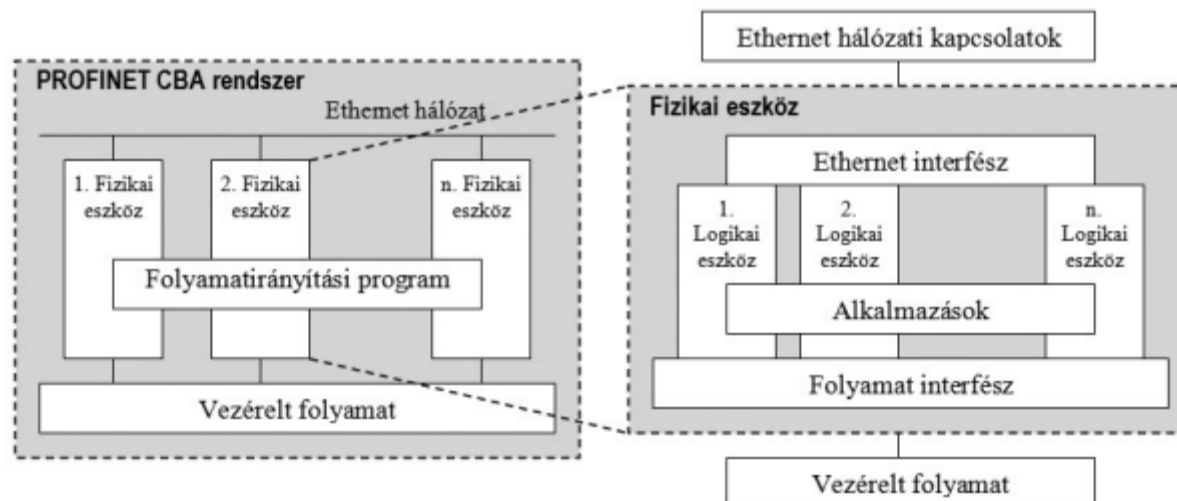
Ezek, funkcióikat tekintve, három szintre bonthatók a következők szerint:

1. Üzenetirányítás és kapcsolatmenedzselés (kapcsolatobjektum),
2. Adatkezelési szolgáltatás (adatobjektum),
3. Objektum orientált alkalmazáskezelés (alkalmazásobjektum).

- A CIP protokoll beágyazása az alkalmazási rétegbe (2. ábra) nem befolyásolja a többi, már jól ismert protokoll működését, megőrizvén ezáltal az Ethernet hálózat nyitottságát. Az eszközvezérlő alkalmazások üzeneteit az üzenetirányító objektum a létrejövő kapcsolat rendeltetése szerint két irányba továbbítja. Ennek megfelelően a CIP protokollt használó eszközök alapvetően kétféle üzenetküldési módot használnak:
- Nem kapcsolt kommunikáció (Unconnected Messaging) – alacsony prioritású, nem rendszeresen előforduló kapcsolat-felvételi procedúrák kezelésére. Pl. konfigurációs beállítások során keletkező adatforgalom, vagy lekérdezések alkalmával létrejövő kapcsolatok. Ezek az üzenetek a TCP/IP csomagok adatmezőjébe ágyazódnak be és úgy kerülnek továbbításra, mint bármilyen szabványos Ethernet üzenet.
- Kapcsolt kommunikáció (Connected Messaging) – elsősorban valós idejű, rendszeresen (ciklikusan) továbbítandó vezérlési adatok továbbítására. A kommunikációt a Kapcsolatmenedzser irányítja, amely miután létre jött egy kapcsolat a csomópontok között, képes szétválasztani az explicit és implicit üzeneteket. Ezeket aztán az Üzenetirányító a megfelelő típusú TCP illetve UDP szállítórétegek felé irányítja. Az imént említett üzenet szétválasztásnak köszönhetően az összes Ethernet/IP hálózati kommunikáció e két üzenettípus szerinti kapcsolaton alapul:
- Explicit üzenet kapcsolat (Explicit Messaging Connection) – általános célú pontpont kapcsolat két eszköz között. Ezek a kapcsolatok kivétel nélkül az Üzenetirányítón (Message Router) keresztül a TCP/IP szolgáltatás adta lehetőségeket használják az adatcsere megvalósítására. Legtöbbször „kérés-válasz” jellegűek ezek a kapcsolatok. Az explicit kérést a vevő dekódolja, értelmezi, majd ugyancsak explicit választ generál.
- Implicit I/O adat kapcsolat (Implicit I/O data Connection) – akkor jön létre, amikor valós idejű, alkalmazás specifikus I/O adatokat kell továbbítani az erre a célra létrehozott kapcsolat során. Ezek az adatok szabályos időközönkénti, ciklikus jellegű üzenetek. A legtöbb esetben termelő-fogyasztó modell szerinti pont-multipont kétirányú kapcsolat épül fel a felek között. Az ilyen típusú üzenetek számára mindig az UDP/IP típusú hálózati protokoll szerinti kapcsolat épül ki és fennmarad mindaddig, míg a kezdeményező el nem bontja.

# PROFINET CBA

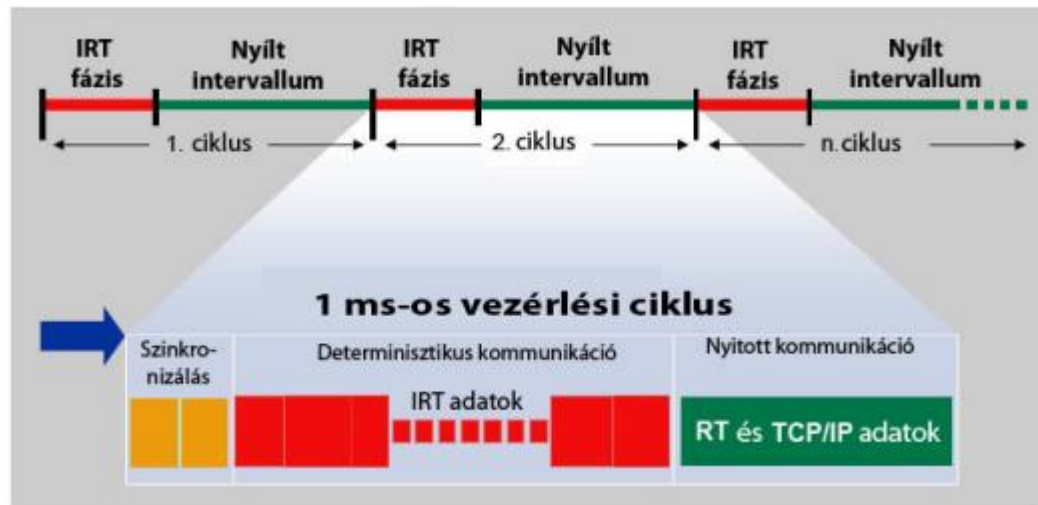
A PROFINET CBA-t komponens alapú, elsősorban programozható funkcionalitású intelligens terepi eszközök valamint kontrollerek számára alakították ki. A komponens modell alatt gépek és technológiai modulok egymástól függetlenül működő részegységeit kell érteni. A fix funkcionalitású komponensek mellett számos programozható funkcióval rendelkező komponens is részt vesz. Ez nagymértékben megkönnyíti a gépek, gépsorok valamint gyártóegységek modulrendszerű objektumainak kialakítását, amelyek jelentősen lecsökkentik a mérnöki költségeket. A komponensek leírásához a PCD-t (Profinet Component Descriptor) használja, amely XML-alapú és a gyártó komponens generátorával hozható létre. A komponensek tekintetében a PROFINET CBA teljes mértékben alkalmazkodik a 2000-ben kibocsátott, az osztott automatizálási rendszerek IEC 61499-1 szabványához. Hierarchikus struktúra és objektumorientáltság jellemzi, melynek komponensei az eszközök, erőforrások, funkcióblokkok és az alkalmazás. A PROFINET CBA eszközei és erőforrásai között Ethernet kapcsolat van. A hierarchia csúcsán a rendszer áll, amely kapcsolatban lehet más rendszerekkel. Az ábrán egy ilyen rendszer- illetve eszközmodellt láthatunk.



# A PROFINET IRT kommunikáció elve

A motorvezérléseknél, ahol időben akár 2-3 vagy annál több tengely összehangolt, pontos mozgására van szükség, a szinkronizálás nélküli, valós idejű üzemmód nem alkalmazható. Az ilyen, időszinkronizált feladatok Ethernet hálózati kommunikációja a PROFINET IRT (Isochronous Real-Time) segítségével valósítható meg, amely röviden az alábbiakkal jellemezhető:

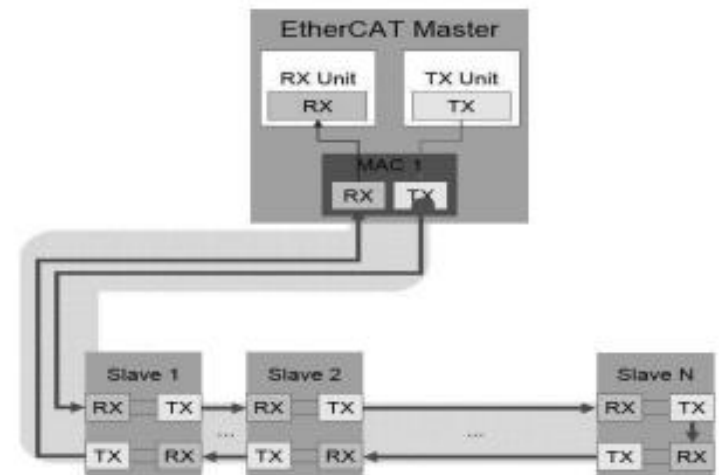
- A kommunikáció kizárólag egy hálózati szegmensen belül történik, mert a kapcsolat csak a fizikai és az adatkapcsolati OSI rétegeket használja.
- A busz ciklus időben két részre osztható: IRT fázisra (un. piros intervallum), és egy azt követő nyílt intervallumra (un. zöld intervallum).
- 1 ms-nál kisebb ciklusidők és 1  $\mu$ s-os, vagy annál kisebb eltéréssel (Jitter).
- A küldési intervallumok szinkronizálása.



## Az EtherCAT rendszer fontosabb jellemzői

Az EtherCAT-et igen rövid ciklusidő, zavarmentes kommunikáció és nagy pontosságú szinkronizálás jellemzi. 100 Mb/s-os full duplex Ethernet hálózaton szegmensenként gyakorlatilag szinte korlátlan számú (max. 65 535) IO eszköz kapcsolható össze egymással. A gyártó adatai szerint 100 IO eszköz, összesen 1000 digitális IO csatorna esetében a frissítési idő mindösszesen 30  $\mu$ s, de 100 darab szervo tengely, egyenként 8 bájtos IO adatokkal történő hajtásakor sem sokkal haladja meg a 100  $\mu$ s-ot. E rendkívüli gyorsaságot annak köszönheti, hogy a csomópontokban lévő IO eszközök „menet közben”, közvetlen memória hozzáféréssel (DMA) olvassák le a nekik címzett, illetve írják fel a továbbítani kívánt adatokat. Az erre a célra kialakított Ethernet hardvernek köszönhetően a csomópontokon belüli késleltetési idő rendkívül rövid, mindösszesen 1,35  $\mu$ s full duplex hálózatban.

Az EtherCAT controller a feladat elvégzéséhez nem szükséges, hogy rendelkezzen semmilyen extra kommunikációs processzorral. Ebből következik, hogy bármilyen controller, amelyik rendelkezik szabványos Ethernet interfésszel alkalmas erre a feladatra, függetlenül attól, hogy milyen operációs rendszert vagy alkalmazást használ. A rendszer a vezérlési adatok nagysága szempontjából sem mondható korlátozottnak. Noha a motorvezérléseknél nincs szükség nagyméretű telegramok továbbítására, a gyártó 60 kilobájtban határozta meg a maximális adatmennyiséget, amely továbbítható a csomópontoknak. (Ebben az esetben természetesen több keretre van szükség). A rendszer elsősorban a busz topológiát támogatja, de jól használható, csillag, fa és vegyes topológiájú hálózatokban is. Vegyes topológiában a ciklusidő azért lényegesen nagyobb, mint például a busz topológiában.



## További ipari Ethernet rendszerekről röviden

Az előző fejezetekben három alapvető, egymástól különböző elveken alapuló, igen elterjedt valós idejű ipari Ethernet megoldást mutattam be.

Ezek a megvalósítások mind különböző gyártókhoz kapcsolhatók. Ez nem véletlen, ugyanis a gyártók, amikor a lehetőségek megnyíltak az Ethernet irányába igyekeztek egymástól független megoldásokat implementálni. A továbbiakban nagyon röviden jellemeznék még néhány jelentősebb gyártóhoz kapcsolódó ipari Ethernet megoldást.

Az osztrák B & R Automation cég által kifejlesztett Ethernet PowerLink (EPL) kifejezetten gyors és pontos, C osztályú átviteli sebességet biztosít akár 200  $\mu$ s-os ciklusidővel és 1  $\mu$ s-os jitterrel. Gyorsaságát annak köszönheti, hogy az adattovábbítást akárcsak a Profinet IRT két fázisban hajtja végre. A szinkron fázisban mindegyik állomás rögzített szélességű időrést kap a valós idejű adatok továbbítására. A telegramok azonosítását a keretbe ágyazott EPL azonosító biztosítja. Az aszinkron fázisban kerül sor a hagyományos IP alapú információ továbbítására. A vezérlési adatok küldésekor egy időben mindig csak egy állomás férhet hozzá a hálózathoz, így ütközés nem fordulhat elő. A német SERCOS International cég az EtherCAT-hez hasonló elven működő megoldást dolgozott ki, amelyet SERCOS III néven forgalmaznak. A szigorúan valós idejű követelményeket is képes teljesíteni. Busz vagy gyűrű topológiában ciklusideje 31,25  $\mu$ s-tól 65ms-ig konfigurálható. 100 Mb/s-es Full duplex Ethernet hálózatot feltételez csavart érpáron vagy optikai szálon [17, 18]. A MODBUS/TCP alkalmazása főleg a Schneider Electric gyártmányokban kerül felhasználásra. A MODBUS az egyik legismertebb ipari protokoll, amelyet még a MODICON cég fejlesztett ki. Ezt fejlesztették tovább ipari Ethernetre, úgy hogy tulajdonképpen a MODBUS keretet ágyazzák be a TCP keretbe. Ezáltal

A osztályú valós idejű kommunikációt valósít meg kérdés/válasz mechanizmussal, amely jól illeszkedik a master-slave technikához. Ezzel akár több ezer eszközt is képes „megszólítani” [19]. Végül, de semmiképp sem utolsó sorban a Mitsubishi Electric CC-Link elnevezésű megoldását említeném, amely 1 Gb/s-os Ethernet hálózaton, gyűrű topológiában a „token passing” stratégiát alkalmazza. Optikai kábelen keresztül akár 66 km átviteli távolságú hálózat kialakítására is alkalmas. A valós idejű adatok számára ciklikus kommunikációt biztosít. A nem valós idejű adatok továbbítása a tranziens fázis alatt történik. Egy controller maximum 119 állomást tud kiszolgálni. Ugyan nagy sebességű hálózatot használ, de ennek ellenére meglehetősen lassú, 16 csomópontnál 256 bájttal vezérlési adattal a ciklusidő kb. 2 ms.



Köszönöm a figyelmet!