

# Průmyslový Ethernet IX: EtherNet/IP, EtherCAT

František Zzulka, Ondřej Hynčica

V deváté, poslední části seriálu článků věnovaných problematice průmyslového Ethernetu jsou zevrubně popsány standardy EtherNet/IP a EtherCAT.

## 1. Úvod

Poslední díl seriálu přináší podrobnější popis dalších dvou z celkem čtyř vybraných systémů průmyslového Ethernetu – standardů EtherNet/IP a EtherCAT. Každý z nich pojímá řešení průmyslového Ethernetu naprosto odlišně – standard EtherNet/IP jde cestou čistého, zcela kompatibilního řešení vytvářejícího zastřešující komunikační síť na bázi Ethernetu, zatímco standard EtherCAT nahrazuje standardní ethernetové protokoly a využívá Ethernet jako prostředek k realizaci velmi výkonné sběrnice pro práci v reálném čase.

## 2. EtherNet/IP

### 2.1 Základní vlastnosti

Standard EtherNet/IP (*EtherNet/Industrial Protocol*) je jeden z široce používaných standardů průmyslového Ethernetu, který byl vyvinut pro průmyslovou automatizaci. Standardní řešení, spočívající ve stoprocentní kompatibilitě s Ethernetem TCP/IP, přináší jako hlavní výhodu možnost využít standardní technické a programové prostředky Ethernetu pro konfigurování a ovládání automatizačních prostředků. Je produktem vývoje konsorcia výrobců a organizací sdružených v asociaci ODVA (*Open DeviceNet Vendor Association*) a ControlNet International v čele s firmou Rockwell Automation [1], [2], [3]. Standard EtherNet/IP byl poprvé představen v roce 2001 a byl standardizován jako IEC 62413 v roce 2005. Je i součástí normy IEC 61158 [15].

### 2.2 Princip

Síť EtherNet/IP je plně kompatibilní se standardní sítí Ethernet podle normy IEEE 802.3 a využívá neupravené vrstvy komunikačního modelu od fyzické, přes vrstvu protokolů TCP/IP až po aplikační vrstvu. Využívá tedy standardní komunikační model Ethernetu s řešením na aplikační úrovni (viz obr. 4 v [10]).

V rámci sítě EtherNet/IP jsou jednotlivým ethernetovým uzlům přiřazeny předem definované typy zařízení se specifickými vlastnostmi a funkcemi (profily). Profily zařízení

a aplikační vrstva EtherNetu/IP jsou tvořeny protokolem CIP (*Common Industrial Protocol*) [3], který se používá v průmyslových sítích DeviceNet a ControlNet (obr. 1). Protokol CIP pracuje s objektovým modelem a využívá komunikaci na principu producent-konzument (*producer-consumer*, [10]).

Použitím protokolu CIP se dosahuje interoperability mezi všemi sítěmi, které ho podporují – tedy sítěmi DeviceNet, ControlNet a EtherNet/IP. Mezi hlavní přednosti systému EtherNet/IP patří [2]:

- ucelený systém přenosu dat systémem producent-konzument,
- koexistence s dalšími úlohami řešenými v síti Ethernet,
- využití standardního řešení Ethernetu s možností použít běžné síťové komponenty pro rychlosti 10 Mb/s, 100 Mb/s a 1 Gb/s.

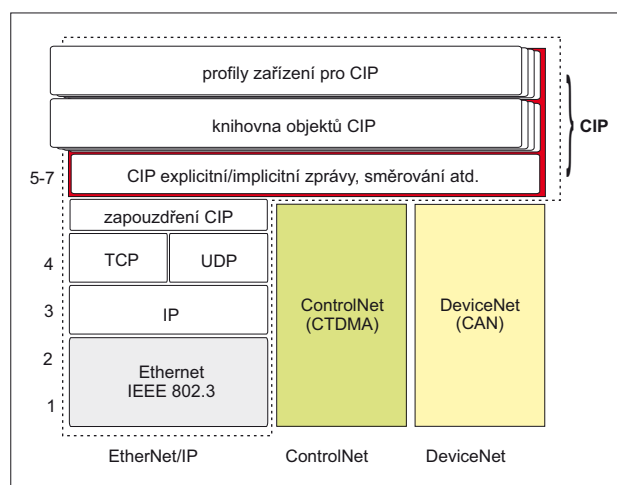
### 2.3 CIP

Aplikační vrstvu tvoří objektově orientovaný protokol CIP [3]. Každé zařízení je podle protokolu reprezentováno skupinou objektů. Každý objekt obsahuje atributy (data), služby (příkazy) a specifikační funkce (reakce na události). V rámci CIP je definováno, jaká data musí obsahovat každý objekt. Existují tři skupiny objektů – povinné, aplikační a objekty definované výrobcem.

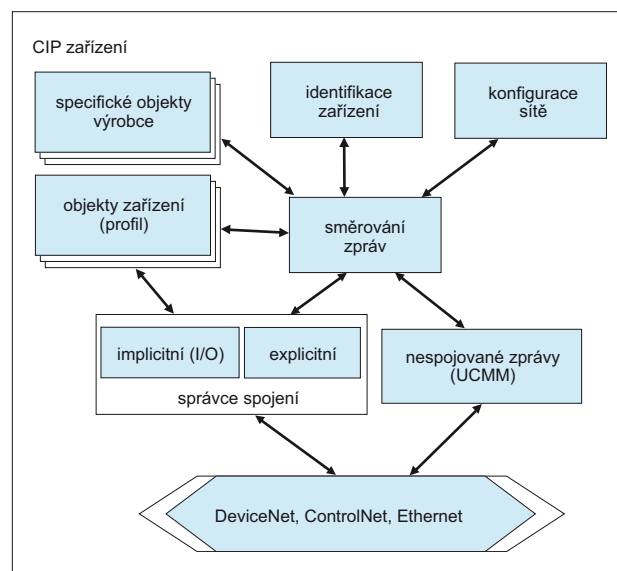
Povinnými objekty jsou:

- objekt identifikující zařízení (*identification object*),
- objekt specifikující předávání zpráv (*message router object*),
- objekt pro správu spojení (*connection object*),
- jeden nebo několik objektů s parametry konfigurace komunikační sítě (*network link object*).

Aplikační objekty obsahují data specifická pro komunikující zařízení a jsou vázány na typ a funkci těchto zařízení. Skupina aplikačních objektů tvoří profil zařízení. Výrobci si mohou specifikovat i vlastní zvláštní objekty. Vzájemné vazby objektů v rámci zařízení naznačuje obr. 2. Aby



Obr. 1. Komunikační model s využitím protokolu CIP [1]



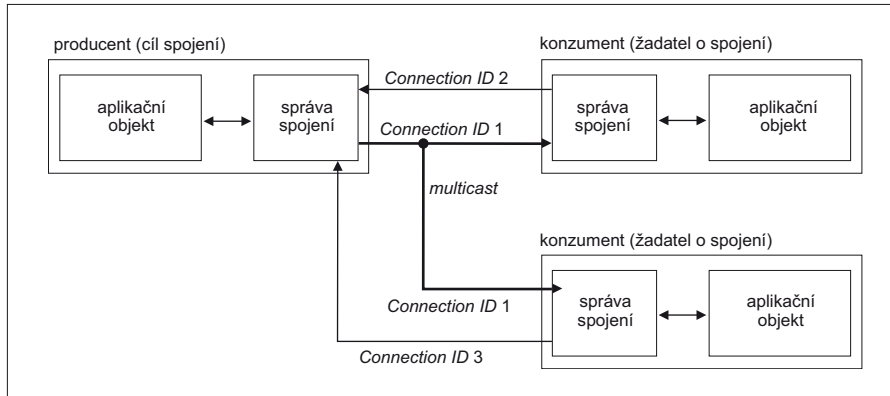
Obr. 2. Objektový model zařízení s rozhraním CIP [2]

bylo zřejmé, které objekty jsou v daném zařízení charakterizovány, jsou pro jednotlivá zařízení sestaveny tzv. elektronické popisy zařízení (*Electronic Device Sheets – EDS*), které obsahují základní informace potřebné pro konfigurování zařízení pro síť EtherNet/IP. Jde o jednoduchý textový

soubor používaný nástroji pro konfigurování sítě EtherNet/IP a pro připojení zařízení v jejím rámci. Popis zařízení obsahuje typ a verzi, identifikační údaje a konfigurovatelné síťové parametry.

## 2.4 Způsob komunikace

Pro komunikaci prostřednictvím Ethernetu využívá síť EtherNet/IP standardní protokoly ze skupiny TCP/UDP/IP. Podle způsobu přenosu existují v síti EtherNet/IP dva způsoby komunikace – explicitní a implicitní [2]:



Obr. 3. Způsob spojení protokolem CIP a připojení k hromadnému příjmu zpráv (multicast)

- *explicitní přenos* je realizován s použitím protokolů TCP/IP a je určen k přenosu typu žádost-odpověď mezi dvěma uzly sítě,
- *implicitní přenos* je založen na protokolech UDP/IP a je určen pro cyklický přenos uživatelských a vstupních a výstupních dat.

Na úrovni síťové vrstvy se zprávy CIP zapouzdřují do paketů TCP nebo UDP. Protokol CIP nabízí dva základní mechanismy komunikace – spojenou a nespojovanou:

- *spojovaná komunikace (connected messaging)* představuje spojení na bázi protokolu CIP používané pro přenos rezervovaných zpráv, jako jsou přenosy I/O nebo přenos explicitních zpráv,
- *nespojovaná komunikace (unconnected messaging)* je určena k navazování spojení protokolem CIP nebo pro přenos nepravdivých zpráv s nízkou prioritou; správu prostředků pro nespojované služby má v každém zařízení na starosti modul *Unconnected Message Manager (UCMM)* (obr. 2).

Komunikační model objektů CIP typu producent-konzument umožňuje lépe využít možnosti komunikačního kanálu. Zařízení, které potřebuje číst určitá data (konzument), se k jejich příjmu přihlásí pouze jednou a zařízení poskytující tato data (producent) je bude opakovaně odesílat po vytvořeném spojení, které se zřizuje procesem nazvaným *Connection Origination*. Uzel, který zahajuje spojení, je označován jako *originator* (žadatel o spojení), cílový uzel spojení je označován jako *target* (příjemce spojení). Žadatel

nejprve odešle nespojovanou explicitní zprávu s žádostí o vytvoření spojení (*Forward Open*), která obsahuje navrhované parametry spojení. Jestliže je cílový uzel schopen spojení navázat, odesílá potvrzení s přesnými parametry a navazuje spojení [2]. Mezi parametry spojení patří:

- identifikátor (pro každý směr zvlášť),
- způsob přenosu: implicitní/explicitní,
- spouštěcí mechanismus přenosu dat (cyklická data, změna stavu),
- počet a formát přenášených údajů (každý směr zvlášť).

Každé spojení s použitím CIP je určeno jednoznačným identifikátorem (*Connection ID*), a to jednotlivě pro každý směr přenosu (obr. 3). Typ spojení je závislý na charakteru a způsobu odesílání dat. Spouštěcí mechanismus v síti EtherNet/IP může být pouze cyklický (*cyclic*) nebo změna stavu (*change of state*). Počet přenášených údajů (dat) může být i nulový a tedy jde o zprávu indikující správnou funkci zařízení (*heartbeat*).

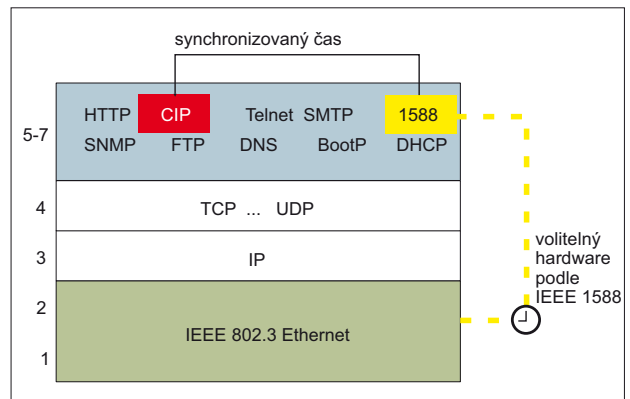
Implicitní zprávy (I/O data) mohou být v síti EtherNet/IP odesílány jednotlivým účastníkům (mód *unicast*) nebo jako hromadné (*multicast*). Jestliže se chce k již existujícímu spojení připojit další zařízení (*originator*), posílá žádost o příjem (spojení pouze ke čtení – *listen only*) a poté zde může poslouchat v módu multicast (obr. 3). Nešlo-li o vysílání typu multicast, je příjemcem spojení vyhrazena nová adresa pro multicast a žádající uzel je o tom informován. Zprávy v módu multicast jsou odesílány protokolem UDP na vyhrazenou adresu (v rozsahu adres IP mezi 239.192.0.0 až 239.195.255.255). Parametry vysílání v módu multicast jsou určeny v procesu zřizování spojení.

Standard EtherNet/IP definuje tyto tři druhy zařízení:

- *messaging class*: zařízení podporující explicitní přenos zpráv, která neumožňují přenášet implicitní zprávy (tedy I/O); typicky jde o zařízení pro konfigurování, parametrizaci anebo diagnostiku,
- *adapter class*: zařízení zpracovávající data v režimu reálného času, která ale sama nemohou zahajovat spojení; jsou to např. vzdálené vstupní a výstupní periferie,
- *scanner class*: zařízení, která zřizují spojení pro přenos dat v reálném čase s ostatními zařízeními třídy *scanner class* nebo se zařízeními třídy *adapter class*; jde především o řídicí členy, např. programovatelné automaty (PLC).

## 2.5 Reálný čas

Standard EtherNet/IP není primárně určen pro úlohy řízení v reálném čase. Pro zajištění vlastností reálného času používá EtherNet/IP pouze základní mechanismy, jako je rozdělení kolizních domén s použitím přepínačů (*switch*) a oddělování segmentů, nebo spoléhá na dostatečnou rychlost Ethernetu [10]. Při každém jeho použití je proto nutné zvážit, zda možná zpoždění nebo ztráty dat jsou přijatelné. V případě náročnějších úloh, jako je např. řízení pohonů při použití objektů CIP Motion, nabízí EtherNet/IP mecha-



Obr. 4. Komunikační model standardu EtherNet/IP s volitelným hardwarem rozšířením o synchronizaci podle IEEE 1588 s použitím mechanismu CIP Sync

nismus objektu CIP Sync. Mechanismus CIP Sync umožňuje řešit synchronizaci na principu distribuovaných hodin podle standardu IEEE 1588. Používá k tomu volitelný přídavný hardware (obr. 4), který umožňuje vložit časovou známku odesílaných paketů. Známé časy odeslání dat lze použít ke kompenzaci doby přenosu paketů.

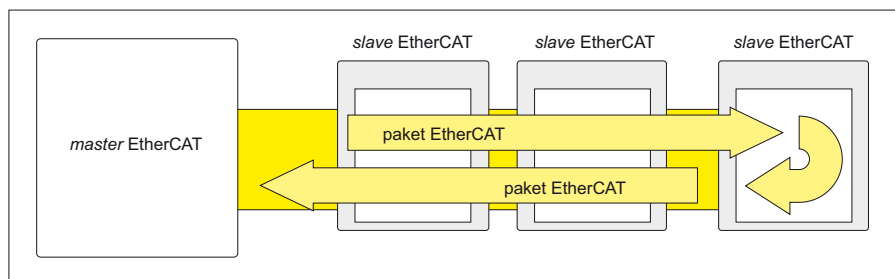
## 2.6 Bezpečnost (safety)

Pro bezpečnou komunikaci (ve smyslu normy IEC 61508, tj. *safety*) je definováno rozšíření *CIP Safety*, umožňující realizovat bezpečnou komunikaci mezi dvěma uzly po síti EtherNet/IP, a to i pro připojení I/O. Protokol CIP Safety je certifikován TÜV k použití až do SIL 3.

## 2.7 Závěr: EtherNet/IP

Protože síť DeviceNet, ControlNet a EtherNet/IP používají stejné aplikační knihovny, objekty i profily zařízení. Lze do řídicích systémů velmi snadno začleňovat nejrůznější zařízení i vyvíjet nové prvky. Jednotná aplikační vrstva umožňuje propojit komunikační struktury přes různé sítě jednotným protokolem – protokolem CIP.

Síť EtherNet/IP je Ethernetem v pravém slova smyslu, bez zvláštních úprav vrstev 1 až 4 a je ve všech případech plně kompatibilní se standardní sítí Ethernet. Její přednos-



Obr. 5. Průchod paketu EtherCAT sítí

tí je vedle koexistence s ostatními ethernetovými aplikačními programy také kompatibilita se síťovými prvky a infrastrukturou, a to včetně budoucího vývoje Ethernetu a ethernetových protokolů.

## 3. EtherCAT

### 3.1 Základní vlastnosti

Standard průmyslového Ethernetu s názvem EtherCAT (*Ethernet for Control Automation Technology*) byl vyvinut s důrazem na rychlý přenos dat s krátkým komunikačním cyklem. Vývoj a propagaci zajišťuje skupina dodavatelů EtherCAT Technology Group (ETG), založená v roce 2003. Aby se dosáhlo vysokého výkonu a determinismu, standard EtherCAT zcela nahrazuje přístupovou vrstvu (MAC) standardního Ethernetu. Specifikace protokolu EtherCAT byla publikována v roce 2005 jako standard IEC 62407. Tato specifikace pak byla integrována do standardů IEC 61158 (průmyslové komunikační sběrnice, [15]) a IEC 61784-2 (komunikační profily). Standard EtherCAT využívá profily pohonů podle standardů SERCOS a CANopen.

### 3.2 Princip

Síť EtherCAT používá komunikační schéma *master-slave* [4], [5]. Data nejsou k podřízeným zařízením (*slave*) odesílána jako jednotlivé ethernetové rámce, ale rámec prochází během jednoho cyklu přes všechna podřízená zařízení, která mají speciální hardware s minimálně dvěma ethernetovými porty, umožňující zpracovat rámce za běhu, s minimální časovou prodlevou (v řádu jednotek nanosekund). Rámce odesílá vždy řídicí

zařízení (*master*), přičemž rámec je zpracováván při svém průchodu každým zařízením (v jednom cyklu může být odesláno několik paketů). Protože poslední zařízení typu *slave* na segmentu sítě odesílá rámec stejnou cestou zpět, je topologie sítě vždy typu logický kruh (obr. 5).

Standard EtherCAT definuje vlastní typ (*Ethertype*) ethernetového rámce [8], a protokol EtherCAT je tak přímo přenášen uvnitř ethernetového rámce. Do tohoto ethernetového rámce jsou podle protokolu EtherCAT začleněny jednotlivé datagramy typu EtherCAT obsahující data (obr. 6). Data tvoří mapu pro-

pínače (*switch*) nebo rozbočovače (*hub*) lze využít, ale nejsou nutné. Jak již bylo uvedeno, rámec odeslaný řídicím zařízením prochází přes všechna podřízená zařízení a posledním je odeslán zpět, proto všechny topologie tvoří logický kruh. Je možné vytvořit i fyzický kruh (redundance na úrovni kabelů), a to uzavřením smyčky mezi posledním řízeným zařízením a dalším portem řídicího zařízení.

### 3.4 Protokol

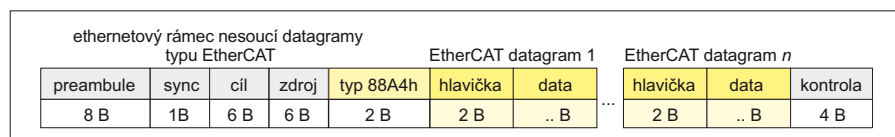
Zařízení odpovídající standardu EtherCAT obsahuje minimálně komunikační profil pro protokol CANopen (*CANopen over EtherCAT – CoE*). Volitelně v něm mohou být zavedeny protokoly TCP/IP, zajišťující funkci *Ethernet over EtherCAT* (EoE), která umožňuje zařízení chovat se jako uzel Ethernetu. Pro úlohu řízení pohonů je definován profil *Servodrive over EtherCAT* (SoE), dovolující využít profily podle standardu SERCOS. Pro přenos souborů je definována funkce *File Access over EtherCAT* (FoE) pro přístup k systémům souborů nebo zaváděče (*bootloader*) [5]. Struktura profilů je znázorněna na obr. 8.

### 3.5 Synchronizace

Standard EtherCAT využívá vlastní jednoduchý způsob synchronizace lokálních hodin zařízení v síti. Díky využití logického kruhu může řídicí zařízení velmi přesně určit zpoždění pro jednotlivé podřízené stanice a na-

cesu (virtuální obraz procesu – *process image*) o velikosti až 4 GB [4]. Jednotlivá zařízení podle situace čtou nebo zapisují odpovídající data způsobem naznačeným na obr. 7.

Jako fyzickou vrstvu využívá EtherCAT standardní 100BaseTX Ethernet s rychlostí 100 Mb/s a plný duplex. Na úrovni MAC je protokol EtherCAT vnořen přímo do ether-



Obr. 6. Začlenění datagramů typu EtherCAT do ethernetového rámce typu 88A4h (*Ethertype*)

netového rámce. Adresuje se proto pouze na úrovni adresy MAC, a to v rámci jednoho segmentu. Pro komunikaci mezi segmenty standard EtherCAT využívá zapouzdření do datagramů UDP a adresování IP.

Komunikovat mohou navzájem nejen podřízená zařízení s příslušným nadřízeným, ale navzájem mezi sebou i jednotlivá nadřízená zařízení (*master*) a popř. i podřízená zařízení (*slave*). Komunikace mezi podřízenými zařízeními probíhá buď přímo v rámci jednoho cyklu, pokud adresát leží po směru, nebo v rámci dvou cyklů při předání dat přes řídicí zařízení [5].

### 3.3 Topologie

Možné fyzické topologie sítě EtherCAT jsou linie, strom nebo hvězda. Je možné vytvořit i struktury běžné u klasických systémů průmyslových sběrnic, jako je sběrnice (*bus*) nebo linie s odbočkami (*line, daisy-chain*). Ve druhém případě je třeba, aby dané zařízení mělo více než dva ethernetové porty. Pře-

stavit příslušné posuny jejich vlastních lokálních hodin. Pro externí synchronizaci mimo segment se využívají principy synchronizace distribuovaných hodin podle standardu IEEE 1588.

### 3.6 Implementace

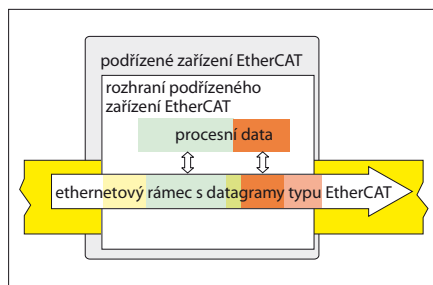
Řídicí zařízení podle standardu EtherCAT zejména díky jednoduché synchronizaci a malému počtu odesílaných rámců v rámci cyklu nevyžaduje speciální hardware ani zvláštní komunikační procesor a je možné je realizovat čistě softwarově na běžném hardwaru (např. PC).

Podřízená zařízení jsou specifická zpracováním procházejícího rámce a vyžadují speciální hardware založený na FPGA nebo na zákaznických obvodech (ASIC), se dvěma ethernetovými porty. Řízené zařízení se tak chová jako ethernetový rozbočovač, přičemž zpoždění procházejícího rámce musí být v řádu nanosekund (standardní rozbočovač se vyznačuje zpožděním asi 600 až 800 ns).

Do sítě EtherCAT je přes porty zařízení zkonstruovaného podle tohoto standardu možné připojit standardní přepínače, rozbočovače i obyčejná ethernetová zařízení. Řídící zařízení v síti EtherCAT se k ethernetovému zařízení chová jako virtuální přepínač a ethernetové rámce jsou transparentně přenášeny přes síť EtherCAT. Při přenosu standardního Ethernetu se ovšem snižuje výkon v oblasti reálného času.

### 3.6 Výkon

Skupina ETG klade důraz na rychlost sítě EtherCAT a vyzdvihuje extrémně krátké doby potřebné k dosažení synchronizace. Minimální uváděná hodnota periody cyklu je asi 11  $\mu$ s (pro 256 digitálních uzlů I/O) při nejistotě synchronizace (jitter) menší než 1  $\mu$ s. Pro 100 digitálních podřízených zařízení po deseti I/O je uváděna doba synchronizace 30  $\mu$ s. Sto pohonů je síť EtherCAT schopna synchronizovat v cyklu 100  $\mu$ s (za předpokladu 8 B dat na jednu osu, není však uváděno při kolika uzlech v segmentu sítě EtherCAT, [4]).



Obr. 7. Průchod ethernetového rámce podřízeným zařízením podle standardu EtherCAT

### 3.7 Bezpečnost (safety)

Jako většina ostatních standardů průmyslového Ethernetu nabízí i EtherCAT realizaci bezpečné (safety) komunikace, a to protokolem nazvaným *Safety-over-EtherCAT*. Jde o protokol využívající princip tzv. nespolehlivého média (*black channel*, [11]). Data z bezpečnostního (safety) rámce jsou vyhodnocována a bezpečně zpracovávána na úrovni aplikační vrstvy. Protokol je certifikován TÜV k použití až do SIL 3 [6].

### 3.8 Shrnutí

Standard EtherCAT je určen pro náročné úlohy s přísnými požadavky na komunikaci v reálném čase a krátké synchronizační doby. Dosahuje vysokého výkonu sítě, obsahuje vestavěnou diagnostiku, umožňuje realizovat téměř libovolnou topologii sítě se snadno dosažitelnou redundancí a je kompatibilní se standardním Ethernetem bez nutnosti použít speciální zařízení. Protokol EtherCAT využívá Ethernet s rychlostí přenosu 100 Mb/s a dosahuje nejvyššího stupně determinismu ze všech současných sítí

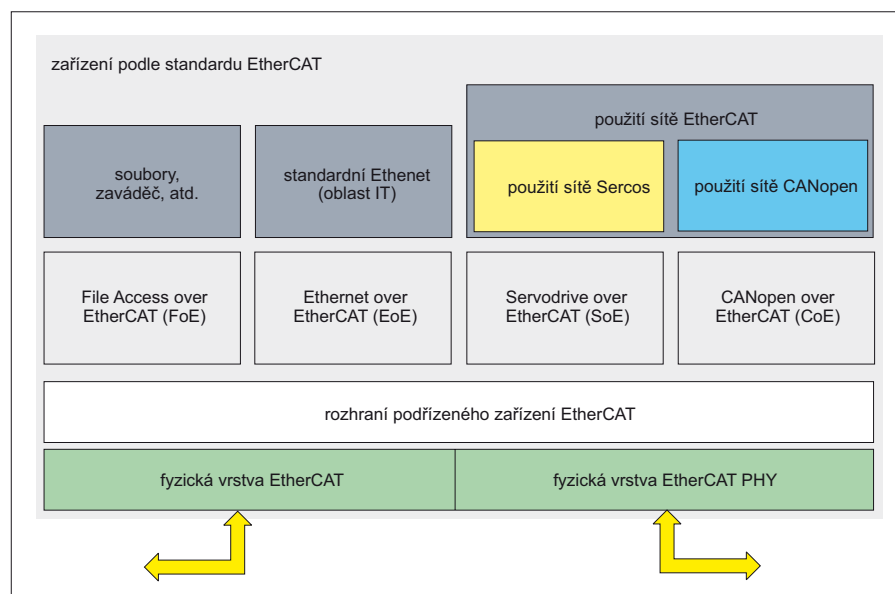
typu průmyslového Ethernetu. Cenou za tuto výkonnost je speciální hardware (ASIC) v podřízených zařízeních. Je zaměřen především na použití ve strojrenství při řízení pohonů.

### 4. Závěr seriálu

V celkem devíti článcích, otištěných v časopise *Automa* v letech 2006 až 2008, předložili autoři seriálu čtenářům množství

EtherCAT, EtherNet/IP, Ethernet Powerlink a Profinet.

Autoři využívají tuto poslední příležitost, kterou v rámci končícího seriálu mají, aby ujistili čtenáře, že jestliže jim uvedené informace a celý výklad pomohly v orientaci v této dynamicky se vyvíjející problematice, bylo autorům velkým potěšením tento seriál sepsat. Zároveň by rádi touto cestou poděkovali všem kolegům z firem, sdružení výzkumu a vývoje a z pracovišť vysokých škol z Čes-



Obr. 8. Komunikační model podřízeného zařízení (slave) podle standardu EtherCAT

informací o moderní metodě komunikace nazývané průmyslový Ethernet (*Industrial Ethernet*). Snažili se o srozumitelný, systematický a logicky strukturovaný výklad, takový, aby tento seriál mohl být na jedné straně použit jako celek, který úplně informuje o daném tématu, a na druhé straně aby každé pokračování mohlo stát téměř samo o sobě a čtenář v něm snadno našel právě jen tu informaci, které byl daný článek věnován. Tak najde čtenář postupně v jednotlivých pokračováních seriálu nejprve historii standardu IEEE 802.3 Ethernet, důkladné základy otevřené komunikace v lokálních sítích (ISO OSI model), popis fyzického provedení sítě Ethernet, vysvětlení principů průmyslového Ethernetu, které činí z původně nevhodného komunikačního prostředku nejperspektivnější průmyslovou sběrnici, informace o problematice funkční bezpečnosti řídicích a komunikačních systémů, včetně průmyslového Ethernetu, ve smyslu normy IEC 61508 a nakonec i vysvětlení problematiky informační bezpečnosti (*security*) průmyslového Ethernetu. Poslední tři díly seriálu jsou věnovány přehledu jedenácti standardů dosavadních systémů průmyslového Ethernetu a rovněž podrobnému výkladu vlastností, modelů, principů a řešení čtyř standardů průmyslového Ethernetu nejvýznamnějších v současné době, za které lze považovat standardy (v abecedním pořadí)

ké republiky i ze zahraničí za ochotu a pomoc při shromažďování informací a za odborné konzultace.

#### Literatura:

- [1] RINALDI, J.: *Introduction to EtherNet/IP*. Industrial Ethernet Book, Issue 11, 9/2002. Dostupné na <http://www.ethernet.industrial-networking.com>, zhlédnuto 3/2008.
- [2] BROOKS, P.: *EtherNet/IP: Industrial Protocol White Paper*. IEEE 2001.
- [3] SCHIFFER, V.: *The Common Industrial Protocol (CIP™) and the Family of CIP Networks*. ODVA, 2006.
- [4] ETG: *Technical Introduction and Overview*. Dostupné na <http://www.ethercat.org>, zhlédnuto 7/2006.
- [5] ETG: *EtherCAT – Moving up to Industrial Ethernet*. Industrial Ethernet Book, Issue 45, 3/2008. Dostupné na <http://www.ethernet.industrial-networking.com>, zhlédnuto 3/2008.
- [6] ETG: *Safety over EtherCAT – Safety solution for EtherCAT*. ETG Press release, 4/2007.
- [7] ZEŽULKA, F. – HYNČICA, O.: *Průmyslový Ethernet I: Historický úvod*. *Automa*, 2007, roč. 13, č. 1, s. 41–43.
- [8] ZEŽULKA, F. – HYNČICA, O.: *Průmyslový Ethernet II: Referenční model ISO/OSI*. *Automa*, 2007, roč. 13, č. 3, s. 86–90.
- [9] ZEŽULKA, F. – HYNČICA, O.: *Průmyslový Ethernet III: Fyzické provedení sítě Ethernet*. *Automa*, 2007, roč. 13, č. 6, s. 40–44.

- [10] ZEULKA, F. – HYNČICA, O.: *Průmyslový Ethernet IV: Principy průmyslového Ethernetu*. Automa, 2007, roč. 13, č. 10, s. 57–60.
- [11] ZEULKA F. – HYNČICA, O.: *Průmyslový Ethernet V: Bezpečná komunikace po Ethernetu*. Automa, 2007, roč. 13, č. 12, s. 58–61.
- [12] ZEULKA F. – HYNČICA, O.: *Průmyslový Ethernet VI: Informační bezpečnost*. Automa, 2008, roč. 14, č. 1, s. 58–62.
- [13] ZEULKA F. – HYNČICA, O.: *Průmyslový Ethernet VII: Přehled současných standardů*. Automa, 2008, roč. 14, č. 2, s. 26–29.
- [14] ZEULKA F. – HYNČICA, O.: *Průmyslový Ethernet VIII: Ethernet Powerlink, Profinet*. Automa, 2008, roč. 14, č. 5, s. 62–66.
- [15] *Deliverable D01.1-1, FP6/2004/IST/NMP/2-016696*. The VAN Consortium, 2005.

**Odkazy na internet:**

<http://www.odva.org> (EtherNet/IP)  
<http://www.ethercat.org> (EtherCAT)

prof. Ing. František Zezulka, CSc.  
 (zezulka@feec.vutbr.cz),  
 Ing. Ondřej Hynčica  
 (xhynci00@stud.feec.vutbr.cz),  
 ústav automatizace a měřicí techniky,  
 Fakulta elektrotechniky a komunikačních  
 technologií, VÚT v Brně

Ing. Ondřej Hynčica je absolventem oboru kybernetika, automatizace a měření na Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně. Inženýrský titul získal v roce 2003 na základě obhajoby diplomové práce vypracované na University of Aalborg, Dánsko. V současné době je doktorandem v ústavu automatizace a měřicí techniky FEKT VUT. Zabývá se řízením progra-

movatelnými automaty, použitím bezdrátových a internetových technik pro účely automatizace a teorii hybridních systémů.

Prof. Ing. František Zezulka, CSc., je absolventem oboru technická kybernetika na nynější Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně. Po tříletém zaměstnání jako výzkumný pracovník působil v letech 1971 až 1986 jako vysokoškolský učitel v nynějším ústavu automatizace a měřicí techniky FEKT VUT. V letech 1987 až 1989 pracoval jako výzkumný pracovník ve Šmeralových závodech a ve Výzkumném ústavu stavebních hmot na vývoji řídicích systémů lisů a počítačového řízení technologických procesů. Od roku 1990 opět působí na původním vysokoškolském pracovišti, nejprve jako docent a od roku 2004 jako profesor. Projektuje systémy s programovatelnými automaty a průmyslovými PC a zabývá se využitím moderních komunikačních a vestavných systémů pro účely automatizace.

## Strojové vidění v samoobsluze

Všichni to dobře známe. Když si v supermarketu v oddělení zeleniny vybereme v regálu pomeranče, banány, jablka, papriku apod., musíme obvykle poté dojít k samoobslužné váze, pro každý druh zboží zadat příslušný číselný kód, z paměti podle označení na regálu nebo prostřednictvím obrázku zboží na váze, vybrané zboží zvážit a nechat si vytisknout lísteček s cenou. Kupuje-li zákazník více druhů ovoce a zeleniny, snadno zapomene, jaké vlastně číslo má na váze zadat třeba pro rajčata, a tak se musí k regálu znovu vrátit. Ani orientace v ikonách zboží na váze nebývá vždy jednoznačná. Při chybě následuje nepříjemné zdržení u pokladny. Časté pobíhání zákazníka mezi regály s ovocem a zeleninou a samoobslužnou váhou i chyby při zadávání kódu zboží by však již brzy mohly odpadnout.

Odborníci Fraunhoferova ústavu pro zpracování informací a dat IITB (Institut für Informations- und Datenverarbeitung) v Karlsruhe totiž vyvinuli na zakázku pro firmu Mettler-Toledo, známého výrobce obchodních vah, speciální modul s webovou kamerou pro inteligentní samoobslužnou váhu (obr. 1). Váha díky modulu nyní sama pozná, jaký druh ovoce nebo zeleniny na ni zákazník položil, a na displeji zákazníkovi přímo ukáže ikony zboží, které přicházejí v úvahu, např. standardní

rajčata, keříčková rajčata nebo minirajčata. Zákazník pak na dotykovém stínítku displeje příslušný druh zboží pouze potvrdí.

Váha pracuje na standardním principu systémů strojového vidění, které jsou v současnosti cenově dostupné i pro řešení úloh

hodnotí, o jaký druh ovoce nebo zeleniny jde. Problémem nejsou průhledné plastové sáčky, do kterých zákazník ovoce nebo zeleninu vložil. Systém dokáže jednoznačně identifikovat i zboží v takovémto sáčku.

Ale i to, co vypadá na první pohled jednoduše, skrývá určité problémy.

Mnohé ovoce může mít podle stupně zralosti různou barvu, např. zbarvení banánů může přecházet od zelené barvy, přes jasně žlutou až po žlutou barvu s hnědými skvrnami. Jiné druhy ovoce jako jablka nebo hrušky se zase nabízejí v mnoha druzích často odlišných barev. Identifikační systém v nové váze proto musí být značně tolerantní ke změně barvy a kolísání jasu. Váha musí být použitelná při různých podmínkách osvětlení a s různými kamerami. Sortiment ovoce a zeleniny, který váha automaticky identifikuje, lze ve spolupráci s dodavateli supermarketu snadno upravit a rozšířit o nové druhy podle aktuální nabídky. V současné době je inteligentní váha ověřována asi ve 300 supermarketech po celé Evropě, aby výrobce

zjistil, jak v praxi vyhovuje zákazníkům i obchodním řetězcům.

[*Gemüsewaage, die mitdenkt*. Mediendienst FhG, Nr. 8-2008, Thema 5.]

Kab.



Obr. 1. Nová váha pro samoobslužný prodej s automatickým rozpoznáváním druhu zboží (foto: Fraunhofer IITB)

úvedeného typu. Kamera vestavěná ve váze automaticky snímá obraz zboží a předává obrazová data řídicí jednotce, jejíž vyhodnocovací algoritmus porovnává sejmутý obraz s daty uloženými v paměti a automaticky vy-