

Průmyslový Ethernet VIII: Ethernet Powerlink, Profinet

František Zezulka, Ondřej Hynčica

V osmé, předposlední části seriálu článků věnovaného problematice průmyslového Ethernetu jsou zevrubně popsány standardy Ethernet Powerlink a Profinet.

1. Úvod

Poslední dva díly seriálu o průmyslovém Ethernetu přináší podrobnější informace o čtyřech typických a nejvýznamnějších představitelích skupiny průmyslových ethernetových sítí, jejichž standardy jsou přehledově popsány v předcházejícím, sedmém dílu seriálu [6]. Omezený prostor časopisu neumožňuje prezentovat více než čtyři standardy. Autoři se rozhodli pro Ethernet/IP, Powerlink, EtherCAT a Profinet jako typické představitele průmyslových ethernetových sítí s pokročilou strukturou a širokým použitím, podporované příslušnými mezinárodními organizacemi sdružujícími původce standardů a výrobce i uživatele odpovídajících produktů (ODVA, EPSG, ETG a PNO). Vybrané standardy pokrývají oblast automatizace strojů a částečně i oblast řízení spojitých technologických procesů. V tomto článku jsou popsány standardy Ethernet Powerlink a Profinet jako produkty evropského vývoje.

1. Ethernet Powerlink

1.1 Základní vlastnosti

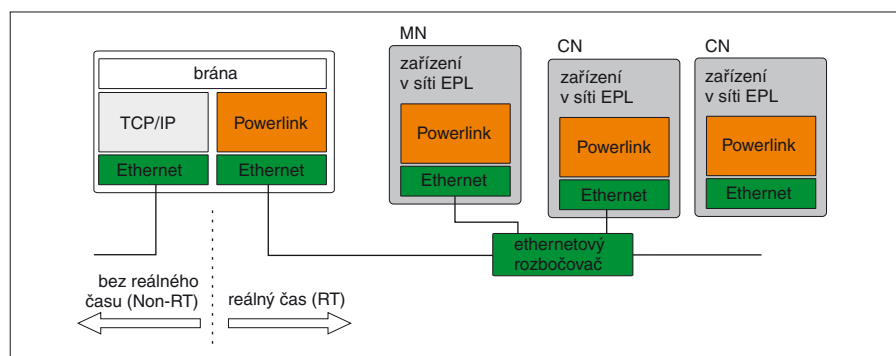
První verze standardu Ethernet Powerlink (dále také EPL) byla uvedena na trh v závěru roku 2001 rakouskou firmou Bernecker & Rainer Industrie Elektronik GmbH. Rok nato byla ustavena organizace EPSG (*Ethernet Powerlink Standardization Group*) a v roce 2003 vyšla jako Ethernet Powerlink V2 druhá verze standardu, která rozšiřuje původní EPL V1 především o aplikační vrstvu v podobě standardizovaného aplikačního rozhraní založeného na mechanismech definovaných ve standardu komunikačního protokolu CANopen. Systém Ethernet Powerlink důsledně vychází ze standardu Ethernet. Nevyžaduje tudíž žádný speciální hardware, využívá všechny existující standardy Ethernetu, lze pro něj použít všechny čipy, zařízení a testovací systémy určené pro Ethernet. Dosahuje výborných vlastností reálného času čistě softwarovým řešením. Z mechanismů umožňujících vytvořit z Ethernetu TCP/IP sériový deterministický komunikační systém, uvedených v [5], EPL využívá především důsledné časové rozdělení přenosového cyklu na část izochronní (cyklický přenos časově kritických

dat v reálném čase) a asynchronní (přenos časově nekritických dat protokolem IP). Jako další mechanismus směřující k determinismu používá EPL modifikovaný způsob tvorby bezkolizních domén při použití rozbočovačů (*hub*) s opakováním zpráv namísto jinak standardně používaných přepínačů (*switch*), které by zanašely do izochronní rychlé části cyklu nežádoucí zpoždění, a dále důsledné oddělení segmentů sítě pracujících v reálném čase (*Real-Time – RT*) od těch, které práci v reálném čase nepodporují (*Non Real-Time – NRT*, obr. 1).

Standard Ethernet Powerlink využívá komunikační model producent/konzument, což opět vede k většímu výkonu a propustnosti sítě. Pro deterministickou synchronizaci izochronních přenosů dále zavádí mechanismy synchronizace prostřednictvím distribuovaných hodin reálného času podle standardu IEEE 1588. Ethernet Powerlink umožňuje vy-

dávajícími vrstvami průmyslového provedení Ethernetu. Charakterizují je tyto vlastnosti a parametry:

- až 240 uzlů sítě v jedné doméně reálného času;
- zaručený deterministický přenos dat v reálném čase:
 - ve třídě 4 podle IAONA (nejvyšší třída),
 - nejkratší doba cyklu 200 μ s,
 - nejistota synchronizace (*jitter*) menší než 1 μ s;
- přímá (*peer-to-peer*) komunikace všech uzlů navzájem, tj. data vyslaná z jednoho uzlu mohou být okamžitě přijata kterýmkoliv dalším uzlem v síti,
- možnost připojovat i odpojovat zařízení v síti za chodu (*hot-plugging*) bez negativního ovlivnění vlastností funkce reálného času při správě konfigurací a bez nutnosti vypnout systém,
- snadné začlenění do internetu.



Obr. 1. Základní architektura sítě Ethernet Powerlink [8] (MN – Managing Node, CN – Controlled Node)

tvorit síť s jakoukoliv topologií, neboť tvorba bezkolizních domén je vyřešena realizací arbitra přenosu a přiřazením časových oken jednotlivým uzlům (stanicím) v síti.

Standard EPL koresponduje s odpovídajícími standardy IEEE i EN a členové EPSG jsou pro mezinárodní standardizaci metody EPL členy standardizačních projektů IEC 61784-2 *Real-time Ethernet*, IEC 61800-7 *Power Drive Systems* a ISO 15745 *XML-based Description*.

Pro své vynikající vlastnosti z hlediska reálného času je Ethernet Powerlink velmi často používán zejména v oblasti řízení strojů.

1.2 Protokoly dolních vrstev EPL

První i druhá vrstva komunikačního modelu EPL jsou plně kompatibilní s odpoví-

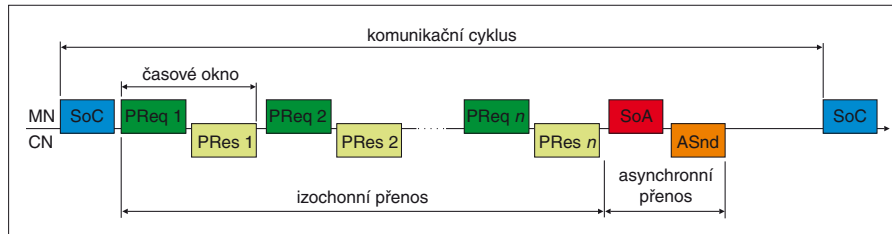
Co se týče spojové vrstvy, každé zařízení v síti EPL podporuje dva operační módy: základní mód Ethernet TCP/IP (tzv. *mód Ethernet*) a *mód Powerlink*.

Mód Ethernet je přednastavený mód každého zařízení určeného pro síť EPL (zařízení EPL). Umožňuje do zařízení zavést ze sítě Ethernet základní software a konfigurační data a změnit základní mód zařízení na mód reálného času (jestliže se zařízení připojí k segmentu reálného času). Každé zařízení EPL v základním módu může být kdykoliv připojeno do jakékoliv sítě Ethernet, bez ohledu na to, zda daná síť pracuje v režimu reálného času nebo ne, a chová se jako každé jiné zařízení nepodporující práci v reálném čase.

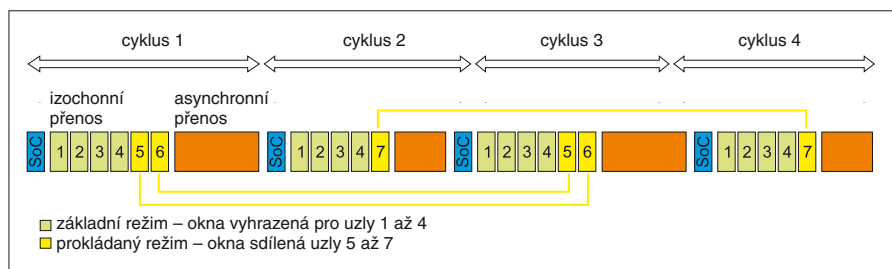
Mód Powerlink umožňuje účastníkovi (stanici) v síti pracovat v reálném čase, tj.

komunikovat s deterministickým přidělením časových oken (*time slot*). Přiřazení doby pro přenos (*time slicing*) je potřebné k dodržení determinismu přenosu. Standardní Ethernet TCP/IP není schopen dosáhnout přenosu s vlastnostmi reálného času, tedy ani determinismu. Příčinami jsou použitá metoda náhodného přístupu CSMA/

fáze, ve které arbitr (MN) umožní jednotlivým stanicím poslat data, jejichž přenos není časově kritický. Asynchronní fázi opět spouští arbitr sítě (*Start of Asynchronous* – SoA). V asynchronní fázi se typicky přenášejí parametry zařízení, diagnostická data apod. Protokoly typu IP se realizují přímo bez tunelování a konverze dat.



Obr. 2. Přenosový cyklus sítě EPL v módu Powerlink



Obr. 3. Prokládaný režim přenosu dat v módu Powerlink (EPL)

/CD a zpoždění v prepínačích prepínaného Ethernetu. Proto EPL v módu Powerlink, tedy pro přenos v reálném čase, eliminuje metodu přístupu CSMA/CD. Řešení spočívá v tom, že jednomu uzlu v segmentu je určena role arbitra přenosu (*Managing Node* – MN, arbitr sítě), který synchronizuje všechny další účastníky komunikace v reálném čase (*Controlled Nodes* – CN, řízené uzly) a přiřazuje jim časová okna v přenosovém cyklu, jak je ukázáno na obr. 2. Jde tedy o metodu řízení přenosu *master-slave*, známou z průmyslových a dalších sériových komunikačních sítí.

Z obr. 2 je především zřejmé rozdělení přenosového cyklu EPL v módu Powerlink. Cyklus začíná spouštěcí posloupností (*Start of Cycle* – SoC) zasílanou arbitrem sítě všem řízeným uzlům. Na základě SoC si všechny řízené uzly synchronizují své hodiny reálného času, aby správně přijímaly a vysílaly data i inicializovaly jejich zpracování. Následuje fáze izochronního přenosu časově kritických dat. Arbitr sítě posílá jednotlivé žádosti o přenos každému řízenému uzlu (*Poll Request* – PReq) podle časového plánu v daných naplánovaných časových oknech. Vyzvaný řízený uzel vyšle v přesně definovaném časovém úseku bezprostředně po výzvě od řídicího uzlu MN do sítě data, která mohou všechny řízené uzly okamžitě přijímat (*Poll Response* – PRes). Po izochronní fázi, rozhodující pro činnost sítě EPL jako komunikačního prostředku s vlastnostmi reálného času, následuje v každém cyklu asynchronní

Aby se co nejlépe využilo přenosové pásmo, lze v módu Powerlink realizovat také tzv. prokládaný režim. V něm jsou údaje nevyžadující přenos dat v každém cyklu přenášeny v rámci sdílených časových oken, která nejsou vyhrazena pro jeden konkrétní řízený uzel, ale jsou sdílena několika uzly. Tyto uzly odesílají svá data postupně v rámci sdílených časových oken (obr. 3).

Podrobný komunikační model standardu EPL je na obr. 4. Časově kritické zprávy (cyklická technologická data) jdou softwarovým obchvatem protokolů TCP/IP, zatímco standardní ethernetová komunikace probíhá prostřednictvím protokolů TCP/UDP/IP (viz [4], obr. 4, prostřední model).

Již bylo uvedeno, že spojovací vrstva podle standardu EPL musí rychle přenášet časově kritická data. Toto umožňují spodní vrstvy modelu EPL, tj. *Powerlink Driver* (PLD) a rozhraní *Lower Layer Driver* (LLD), které zapouzdřují funkce fyzické a spojivé vrstvy Ethernetu do přenosového rámce EPL. Současně jsou také určeny k adaptaci softwaru EPL v případech, kdy jsou jako hardware některých uzlů použity specifické procesorové jednotky. Konfigurační prostředí dodávané se softwarem EPL umožňuje optimálně přizpůsobit funkční možnosti sítě EPL potřebám dané úlohy.

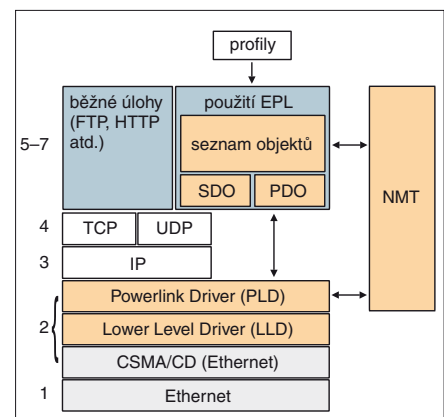
Z obr. 4 je dále patrné, že síťová a transportní vrstva komunikačního modelu EPL v módu Powerlink jsou využívány jen kanálem pro přenos časově nekritických dat. Protokoly aplikační vrstvy jsou tvořeny standard-

ními internetovými protokoly a dále protokoly umožňujícími realizovat mód Powerlink.

1.3 Protokoly aplikační vrstvy a profily přístrojů

Cílů otevřené komunikace lze dosáhnout jedině používáním standardizovaných řešení, která využívají široce rozšířená a používané mechanismy výměny dat. Jedním z takových standardizovaných mechanismů je aplikační protokol CANopen. Protokol CANopen je jedním z několika typů aplikačních vrstev (vrstva 7 referenčního modelu ISO/OSI) používaných nad průmyslovou sítí a protokolem CAN.

Je všeobecně známo, že standard CAN definuje pouze vrstvy 1 a 2, ale současně jde o jeden z nejrozšířenějších komunikačních standardů pro účely automatizace strojů. Proto bylo nad systémem CAN definováno několik komunikačních systémů s použitím specifických aplikačních protokolů. Jedním z nejlépe propracovaných a široce používaných je právě evropský standard CANopen, podle kterého již bylo vytvořeno mnoho profilů automatizačních komponent různých výrobců, kteří se tak mohou svými výrobky pořídit na



Obr. 4. Komunikační model Ethernet Powerlink

trhu automatizace v jednotném systému CANopen. Aby zařízení od různých výrobců a různá zařízení jako taková (automatizační komponenty) mohla úspěšně komunikovat v sériové síti, je třeba, aby obsahovala:

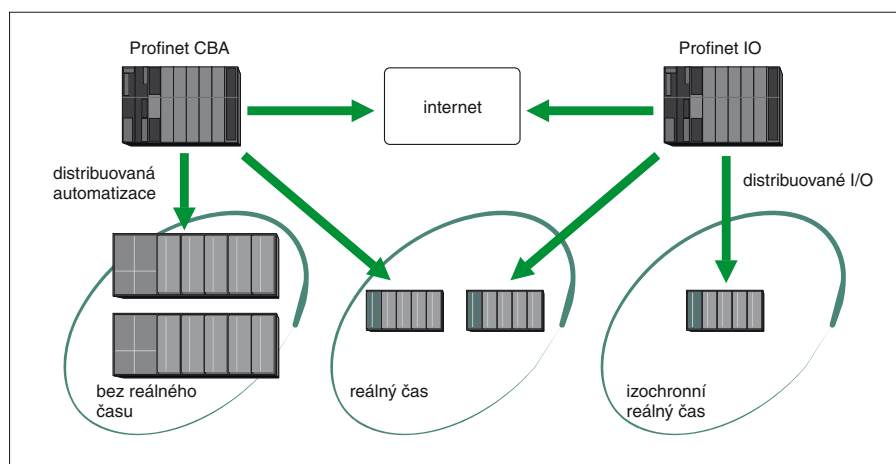
- systém řízení sítě (*Network Management* – NMT), což je mechanismus řízení a sledování konzistence sítě v etapách jejího zavádění (*boot-up*) i provozu (*run time*),
- seznam objektů a modely zařízení (*Object Dictionary*) reprezentující jednotnou metodu pro přístup k datům, parametrům a funkcím konkrétních zařízení nebo typů zařízení komunikujících v síti,
- signalizaci chyb jako obecnou metodu pro signalizaci chyb přenosu a indikaci chybových stavů nezávisle na typu nebo na výrobci zařízení,
- objekty provozních dat (*Process Data Object* – PDO) jako obecný mechanismus umožňující uživateli specifikovat data vy-

- měřovaná mezi zařízeními od různých výrobců,
- objekty servisních dat (*Service Data Object – SDO*), opět obecný mechanismus pro přenos velkého objemu např. konfiguračních dat apod.,
 - profily zařízení, což jsou standardizované definice dat, parametrů a funkcí určitých typů zařízení, jako jsou pohony, moduly I/O, snímače polohy, programovatelné automaty atd.

dem k tomu, že přenos SDO probíhá v asynchronní fázi přenosového cyklu EPL a s využitím protokolů UDP/IP v transportní vrstvě, může být zařízení připojené k síti EPL dosaženo pro účely přenosu SDO i z internetového segmentu připojeného přes směrovač k síti EPL.

Jako každou komunikační síť, doplňují i Ethernet Powerlink velmi důležité funkce, kterými jsou *správa sítě* (NMT) a *správa konfigurací* (Configuration Management). Funk-

tující standardy pro síť Ethernet a lze pro něj použít všechny čipy, zařízení a testovací systémy vytvořené pro Ethernet. Ryze softwarovým řešením dosahuje výborných vlastností reálného času. V aplikační vrstvě komunikačního modelu ISO/OSI využívá symbiózu s protokolem CANopen, což uživateli umožňuje s výhodou používat již vytvořené profily mnoha automatizačních komponent, které mohou komunikovat v síti EPL. V současné době je jednou z nejrozšířenějších variant průmyslového Ethernetu a právě pro své vynikající vlastnosti v oblasti reálného času je velmi často používán zejména při řízení strojů. Pro tuto oblast zaručuje dobu cyklu kratší než 200 μ s s nejistotou synchronizace menší než 1 μ s. V aplikační vrstvě je definován také protokol EPL Safety pro potřeby bezpečné komunikace až do třídy SIL 3 podle normy IEC 61508. Informační bezpečnost (*security*) je v síti EPL řešena důsledným oddělením domén pracujících v reálném čase od domén, které činnost v reálném čase nepodporují.



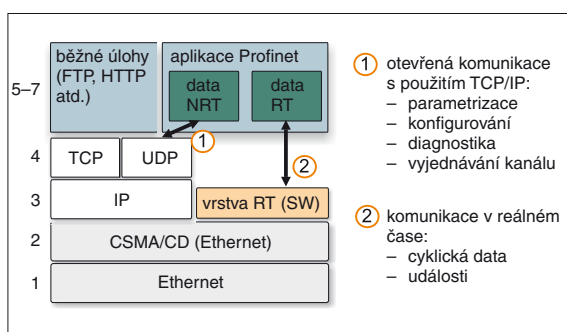
Obr. 5. Varianty sítě podle konceptu Profinet

Uvedené softwarové komponenty aplikační vrstvy ze systému CANopen, již vytvořené a široce používané, jsou ve standardu EPL využity jako otevřené softwarové rozhraní pro automatizační úlohy. Organizace CAN in Automation (CIA) a EPSG vytvořily společnou technickou pracovní skupinu, která adaptovala komunikační profily DS301 a DS302 ze standardu CANopen do standardu EPL. Každé zařízení v síti EPL má tudíž v knihovně objektů specifikován svůj specifický model obsahující popis všech dat, parametrů a funkcí každého přístroje, který může být připojen k Ethernetu.

Časově kritická výměna dat se uskutečňuje prostřednictvím objektů typu PDO přenášených v izochronní fázi přenosového cyklu EPL s využitím komunikačního modelu producent/konzument, který dovoluje přenášet data z jednoho uzlu do většího počtu uzlů současně. Obsahy PDO lze konfigurovat již v etapě uvádění sítě do chodu, což umožňuje optimalizovat výměnu dat v reálném čase, která takto není zatížena žádnou konfigurační režii.

Parametry, funkce a časově nekritická data jsou přenášeny prostřednictvím objektů typu SDO při použití pomalejšího komunikačního modelu klient/server, kde každý jednotlivý účastník může jak dosáhnout na libovolný uzel v síti, tak z něj být dosažen. Délka přenášených zpráv není omezena a vzhle-

ce NMT realizuje mechanismus řízení a sledování konzistence sítě. Správa konfigurací je ústředním inteligentním mechanismem sítě umožňujícím připravit konfigurační data pro úlohu a všechny přístroje lokálně a následně je nahrát do jednotlivých uzlů v etapě spouštění chodu sítě. To umožňuje nastavit systémy plug & play, které dovolí velmi jednodu-



Obr. 6. Komunikační model Profinet IO [7] (RT – Real-Time; NRT – Non Real-Time, SW – software)

še realizovat úvodní inicializaci sítě i měnit porouchané uzly.

1.4 Závěr: Ethernet Powerlink

Standard Ethernet Powerlink je jedním ze systémů průmyslového Ethernetu, standardizovaných v normách IEC 61158 a IEC 62408. Je typickým představitelem průmyslového Ethernetu důsledně vycházejícím ze standardu Ethernet, takže nevyžaduje žádný speciální hardware, využívá všechny existující

2. Profinet

2.1 Základní vlastnosti

Podobně jako průmyslová síť Profibus, která se ve variantě Profibus-DP stala nejrozšířenější průmyslovou komunikační sítí na světě, je i koncept Profinet (součást standardu IEC 61158) podporován organizací PNO (*Profibus Nutzerorganisation*), jejímiž členy jsou přední světové firmy působící v oblasti automatizace. Podobně jako Profibus, i Profinet je vyvinut a používán podle povahy úloh ve dvou až třech variantách. Rozvíjen je tak, aby po dokončení vývoje pokryl celou oblast automatizace a všechny vrstvy pomyslné řídicí pyramidy.

2.2 Architektura sítě Profinet

Koncepce architektury komunikačního systému Profinet je modulární, takže jeho funkční schopnosti lze do jisté míry volit podle povahy dané úlohy. Zásadně je třeba rozlišovat mezi variantami [9]:

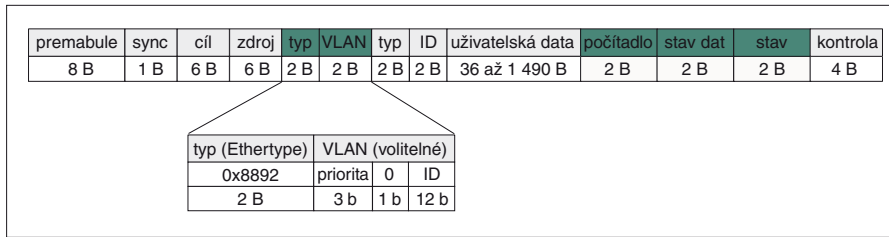
- Profinet CBA (*Component Based Automation*) jako konceptem modulární výstavby komunikačního systému z předem připravených komponent,
- Profinet IO (*Input/Output*) jako variantou určenou k realizaci propojení decentralizovaných periférií především v cyklickém režimu komunikace.

Pro celkovou orientaci v konceptu Profinet je vzájemný vztah již uvedených variant ukázán na obr. 5, kde všechna spojení mezi bloky schématu jsou obstarávána segmenty sítě Ethernet.

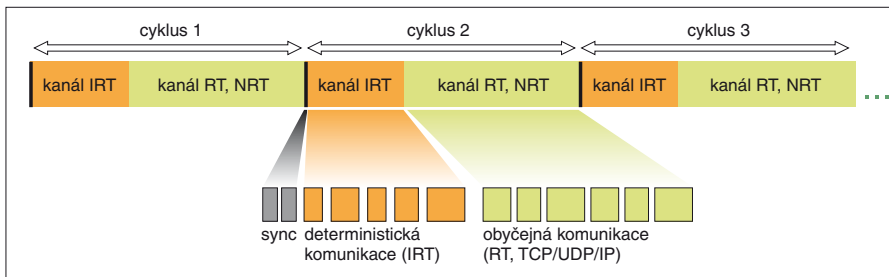
Koncept *Profinet CBA* definuje jeden pohled na funkci automatizačního zařízení. Spočívá v tom, že celý automatizovaný celek lze rozdělit na samostatně pracující komponenty

a popsat jejich funkci s použitím jazyka XML jako PCD (*Profinet Component Description*). V databázi PCD jsou pak uloženy všechny údaje o komunikujících entitách (přístrojích, zařízeních), které jsou důležité pro komuni-

Systémy Profinet IO a Profinet CBA mohou ve stejném čase pracovat na stejné síti Profinet a mohou být i zavedeny v těžce komunikující stanici. V praxi má však toto význam jen u stanic typu IO-Controller.



Obr. 7. Struktura rámce RT sítě Profinet (B – bajt, b – bit)



Obr. 8. Rozdělení přenosového cyklu IRT na přenos izochronní (IRT) a neizochronní (RT, NRT)

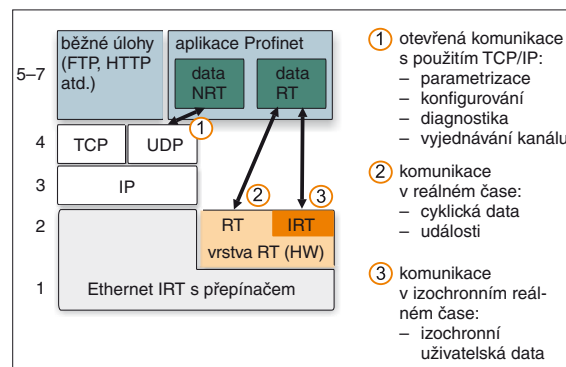
kaci. Tvorba komunikačního systému v síti Profinet CBA pak spočívá jen v projektování spojení s využitím databáze PCD, a nikoliv již v psaní komunikačních programů. V síti Profinet CBA, při komunikaci bez podpory vlastností reálného času, lze využít profily automatizačních a komunikačních zařízení definované pro síť Profibus. Systém Profinet pracuje na principu producent-konzument. Producentem je vysílací a konzumentem přijímací uzel.

Varianta *Profinet IO* je vlastní fyzické provedení průmyslového Ethernetu. Jejím úkolem je především zajistit rychlé a spolehlivé přenosy dat mezi decentralizovanými moduly I/O a řídicími stanicemi po síti Ethernet. Jako takový musí systém Profinet IO zajistit tyto funkce:

- cyklickou výměnu dat mezi moduly I/O a řídicími stanicemi (programovatelnými automaty apod.),
- přenos s velkou prioritou a kvitování výstražných hlášení (dat) nesoucích informaci o stavu (výsledcích diagnostiky) zařízení a mezních stavech technologických veličin,
- přenos acyklických dat (čtení a zápis hodnot parametrů zařízení apod.) v režimu bez reálného času (NRT),
- rychlou výměnu dat přímo mezi koncovými stanicemi bez zásahu řídicích stanic,
- synchronizaci stanic pracujících v režimu reálného času,
- automatické přidělení adres zařízením.

V síti Profinet IO se vyskytují tři druhy uzlů:

- řídicí stanice (*IO-Controller*),
- koncová stanice (*IO-Device*),
- inženýrská stanice (*IO-Supervisor*).



Obr. 9. Komunikační model Profinet s vlastním hardwarovým řešením ethernetových vrstev [7] (RT – Real-Time; NRT – Non Real-Time, HW – hardware)

2.3 Komunikace v síti Profinet

2.3.1 Komunikační model Profinet IO

Způsob, jakým je řešena komunikace v síti Profinet, ukazuje na příkladu sítě Profinet IO komunikační model na obr. 6.

Část komunikačních úloh využívá standardní kanál TCP/IP. Jde především o běžné úlohy a funkce typu konfigurování, parametrizování apod., tedy nikoliv o úlohy, které by vyžadovaly přenos dat v reálném čase. Jde o kanál typu NRT, který neklade žádná omezení, co se týče přenosů zpráv protokoly běžnými v oboru IT. Protokoly IP, TCP ani UDP nezajišťují potřebný determinismus, který je pro oblast průmyslové automatizace tak charakteristický. Proto jsou data s požadavky na determinismus, tj. práci v reálném čase s měkkými i tvrdými požadavky na dodržení doby odezvy (RT) až

po izochronní provoz (*Isochronous Real-Time – IRT*), přenášená paralelní cestou obcházející komunikační vrstvy TCP/UDP/IP. Pro odlučené moduly I/O používá standard Profinet ze známých mechanismů umožňujících průmyslovým ethernetovým sítím zajišťovat přenosy v reálném čase dva, a to přímé adresování a prioritní časová okna. Dalšího zvýšení výkonnosti při práci v reálném čase dosahuje Profinet díky rychlým přepínačům, dále oddělením segmentů pracujících v reálném čase od segmentů, které reálný čas nepodporují, a synchronizací komunikujících entit v segmentu reálného času podle standardu pro synchronizaci lokálních hodin IEEE 1588.

2.3.2 Standardní komunikace (NRT)

Již bylo řečeno, že v sítích Profinet se pro přenosy, které nejsou časově kritické (NRT), používá standardní ethernetový mechanismus s protokoly TCP/IP nebo UDP/IP. Vzhledem k tomu, že obecně je pro komunikaci v automatizaci i pro časově nekritické přenosy vhodnější přenos UDP/IP než TCP/IP, mají všechny automatizační přístroje v síti Profinet zavedeny komunikační protokoly UDP/IP. Podobně jako u Ethernetu se i u standardu Profinet komunikující entity

adresují s použitím adres MAC a adres IP. Uvnitř lokální sítě jde o adresování s použitím adres MAC, zatímco adresa IP je určena pro adresování mezi lokálními sítěmi. Přístroje v síti Profinet mohou být bez omezení propojeny s ostatními účastníky v prostředí standardní výpočetní techniky. Podmínkou je, že v jednotlivých komunikujících entitách jsou zavedeny odpovídající komunikační služby (např. *File Transfer*). Další text se zaměří na mechanismy, kterými se v síti Profinet dosahuje potřebného determinismu.

2.3.3 Komunikace v reálném čase (RT)

Specifikace sítě Profinet rozlišuje mezi komunikací v reálném čase (komunikace RT), která je charakterizována dobou cyklu (odezvy) asi 1 ms, a rychlejší, plně deterministickou izochronní komunikací (IRT). Komunikace RT v síti Profinet může probíhat těmito způsoby:

- *komunikace RT uvnitř lokální sítě* jako metoda s dobou odezvy řádu jednotek milisekund, která nevyžaduje adresu IP pro cílovou síť a zbytečné jsou i informace o TCP nebo UDP, neboť se využívá výhradně ethernetová vrstva; rámce RT jsou již identifikovány polem Ethertype (0x8892) a jsou zpracovány v kanálu RT; dalším mechanismem zdokonalujícím determinismus přenosu je zde prioritizace datového přenosu, a to s využitím pole VLAN v přenosovém rámci protokolu Profinet (obr. 7),

- komunikace RT mezi síťmi, která se uskutečňuje kanálem UDP/IP, přičemž je třeba přenášet adresu IP; pro tento způsob bude v krátké době k dispozici profil RT over UDP,
- multicasting RT, což znamená cyklický přenos dat do většího počtu uzlů jednou zprávou a cyklickou výměnu dat mezi uzly.

Z obr. 6 je patrné, že síť Profinet IO, vyhovující při požadované době odezvy delší než 1 ms, nevyžaduje speciální hardwarové řešení ethernetových vrstev.

2.3.4 Izochronní komunikace (IRT)

Pro úlohy s extrémně tvrdými požadavky na determinismus a krátkou dobu odezvy, jako je třeba řízení pohonů ve strojírenství, používá standard Profinet řešení znázorněné na obr. 8, pro které platí:

- komunikace probíhá pouze mezi uzly v jednom segmentu sítě čítajícím jen několik málo účastníků (typicky dva až čtyři),
- komunikační cyklus je rozdělen na fázi IRT a na fázi bez požadavku na striktně deterministický izochronní přenos,
- režim IRT si nárokuje určitý časový úsek z celkového komunikačního cyklu, ve kterém přizpůsobený přepínač přepíná pouze data IRT na principu bod-bod (*point-to-point*),
- ve fázi IRT přepínač nepřepíná na základě adresy uložené ve zprávě, ale na základě aktuálního času, takže musí být podporována časová synchronizace jednotlivých komunikujících entit podle standardu IEEE 1588,
- nejistota synchronizace (*jitter*) je obecně menší než 1 μ s.

Přechody mezi těmito dvěma fázemi cyklu, s IRT a bez IRT, jsou zajišťovány obvody. V krátké době na přechodu mezi fázemi rozhoduje hardware v podobě zákaznického obvodu (ASIC), kterým musí být vybavena příslušná speciální ethernetová karta, zda může být přenášén rámec TCP/IP, popř. UDP/IP, aniž by se zdržel následující přenos typu IRT.

V režimu IRT dosahuje síť Profinet doby cyklu 250 μ s a větší při nejistotě synchronizace lepší než 1 μ s, a to za cenu použití hard-

warové realizace ethernetových vrstev (zákaznický obvod s integrovaným přepínačem a funkcemi synchronizace cyklu, speciální přepínače). Existující čtyřportové přepínače, které umožňují připojit až čtyři zařízení komunikující v režimu IRT. Komunikační model s vlastní hardwarovou realizací ethernetových vrstev je znázorněn na obr. 9.

2.4 Závěr: Profinet

Podobně jako průmyslová síť Profibus, která ve variantě Profibus-DP je nejrozšířenější průmyslovou sítí na světě, je i standard Profinet podporován organizací Profibus Nutzerorganisation (PNO), jejímiž členy jsou i přední světové firmy působící v oblasti automatizace.

Architektura komunikačního systému Profinet je koncipována jako modulární, takže jeho funkční schopnosti lze do jisté míry volit podle povahy dané úlohy. Síť Profinet existuje ve dvou variantách založených na standardním provedení hardwaru pro Ethernet, a to jako Profinet CBA (modulární výstavba komunikačního systému z předem připravených komponent) a jako Profinet IO, což je reálné provedení průmyslového Ethernetu pro potřebu propojení decentralizovaných periférií především v cyklickém komunikačním režimu. Požadavky na izochronní režim pro účely řízení pohonů s dobou odezvy 250 μ s nebo delší a nejistotou synchronizace (*jitter*) menší než 1 μ s splňuje síť Profinet v režimu IRT, tj. se speciální hardwarovou (ASIC) realizací ethernetových vrstev.

Literatura:

- [1] LÜDER, B. – LORENZ, K. (ed.): *IAONA Handbook – Industrial Ethernet*. IAONA e. V., Magdeburg, 3rd edition, July 2005, ISBN 3-00-016934-2, angl. verze.
- [2] ZEULKA, F. – HYNČICA, O.: *Průmyslový Ethernet I: Historický úvod*. Automa, 2007, roč. 13, č. 1, s. 41–43.
- [3] ZEULKA, F. – HYNČICA, O.: *Průmyslový Ethernet II: Referenční model ISO/OSI*. Automa, 2007, roč. 13, č. 3, s. 86–90.
- [4] ZEULKA, F. – HYNČICA, O.: *Průmyslový Ethernet IV: Principy průmyslového Ethernetu*. Automa, 2007, roč. 13, č. 10, s. 57–60.

- [5] ZEULKA, F. – HYNČICA, O.: *Průmyslový Ethernet V: Bezpečná komunikace po Ethernetu*. Automa, 2007, roč. 13, č. 12, s. 58–61.
- [6] ZEULKA, F. – HYNČICA, O.: *Průmyslový Ethernet VII: Přehled současných standardů*. Automa, 2008, roč. 14, č. 2, s. 26–29.
- [7] *Real Time for Embedded Automation Systems*. The VAN consortium, Deliverable D04.4-1, FP6/2004/IST/NMP/2-016696, 2005.
- [8] LARSSON, L. H. (přeložil a upravil K. Kabeš): *Řešení průmyslových sítí Ethernet pod lupou*. Automatizace, 2006, roč. 49, č. 2, s. 89–92.
- [9] POPP, M.: *Das Profinet IO – Buch*. Hüthig GmbH, Heidelberg, 2005, ISBN 3-7785-2966-8.

Odkazy na internet:

<http://www.ethernet-powerlink.org> (Ethernet Powerlink)

<http://www.profibus.com> (Profinet)

prof. Ing. František Zezulka, CSc.
(zezulka@feec.vutbr.cz),
Ing. Ondřej Hynčica
(hyncica@feec.vutbr.cz),
UAMT FEKT VUT v Brně

Oprava:

Ve vydání Automy 2/2008 je v článku *Průmyslový Ethernet VII: Přehled současných standardů* několik nesprávných údajů:

1. Na str. 26 v kapitole 3. EtherCAT je na konci předposlední věty nesprávně uvedeno „... kategorie až SIL 4.“; správný údaj je „SIL 3“.
2. Na str. 27 v tab. 1:
 - v řádku EtherCAT ve sloupci Požadavky na hardware je chybně uvedeno „standardní“; správný údaj je „ASIC“;
 - v řádku Ethernet Powerlink ve sloupci Požadavky na hardware je chybně uvedeno „standardní/ASIC“; správný údaj je „standardní“;
 - v řádku Ethernet Powerlink ve sloupci Časové parametry je chybně uvedeno „<400 μ s/cykus“; správný údaj je 200 μ s/cykus.
3. Na str. 28 v obr. 7b je chybně uvedeno „vrstva RT (SW)“; správný text je „vrstva RT (HW)“.

Autoři i redakce se za chyby omlouvají čtenářům i dotyčným organizacím.

redakce

► Soutěž robotů Istorobot

V prostorách Slovenské technické univerzity v Bratislavě na Fakultě elektrotechniky a informatiky proběhla 19. dubna 2008 mezinárodní soutěž robotů Istorobot (<http://www.robotika.sk>). Celkem 97 přihlášených robotů z pěti zemí soutěžilo ve čtyřech disciplínách: Linefollower (Stopař), MicroMouse (Myš v bludišti), MiniSumo a Freestyle (Volná jízda). Do nejpoblárnější disciplíny

Stopař bylo přihlášeno 41 autonomních robotů, které měly za úkol sledovat trasu vymezenou namalovaným pruhem šířky 15 mm. Přitom si musely poradit s různými překážkami, třeba projít tunelem nebo obejít cihličku apod. Velmi úspěšně si v soutěži Istorobot vedli členové robotického klubu Robozor z Českých Budějovic (<http://www.robozor.cz>). Získali první a třetí místo v kategorii Stopař. Druhé místo v této kategorii obsadil další český účastník, Tomáš Solarski z Ostravy. (ev)

► Zemřel Václav Brož

16. dubna 2008 náhle zemřel Ing. Václav Brož, pracovník firmy Uzimex Praha, spol. s r. o. Ing. Brož byl mj. autorem mnoha článků, publikovaných v časopise Automa i v dalších odborných časopisech.

Se zármutkem a lítostí jsme přijali tuto smutnou zprávu a vyslovujeme svoji upřímnou soustrast rodině i spolupracovníkům zesnulého. Čest jeho památce. Redakce