

Průmyslový ethernet (1)

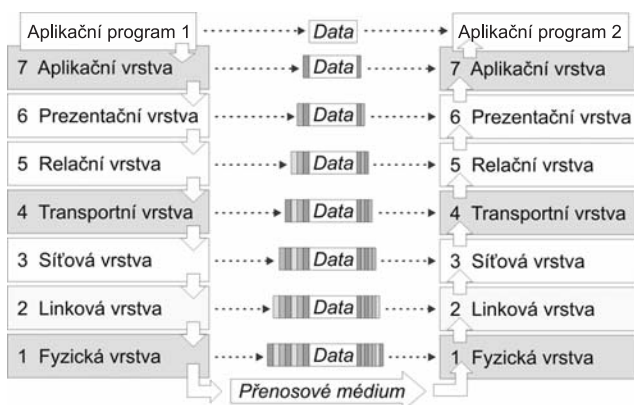
Článek si klade za cíl umožnit čtenáři, který není odborníkem v komunikačních systémech, avšak pracuje v oblasti průmyslové automatizace, aby se mohl orientovat v informacích o novém vývoji a možném použití ethernetu. Je všeobecně známo, že ethernet se stal za více než 20 let své existence nejrozšířenějším komunikačním standardem v oblasti propojování počítačů a pracovních stanic s výkonnými periferiemi, později a dnes především pro vzájemné propojení osobních počítačů v lokálních sítích (LAN). Dále je všeobecně známo, že ethernet je základním prostředkem pro účely komunikace v síti internet. V dnešní době se na nejrůznějších veletrzích, výstavách a v odborné literatuře stále častěji setkáváme i s pojmem průmyslový ethernet a s informacemi o jeho použití v oblasti průmyslové automatizace. Tyto informace vyvolávají otázky u všech, kteří mají určité znalosti v oblasti průmyslové komunikace a především zkušenosti s nasazováním měřicí a řídicí techniky v průmyslovém prostředí. Článek se pokusí odpovědět na některé tyto otázky.

Zkusme nejprve vymežit pojem ethernet. Pod pojmem ethernet se všeobecně chápe jednak informační a komunikační a počítačová síť („osobní počítače jsou propojeny ethernetem“), jednak se pojem ethernet používá i pro pojmenování protokolů, tedy pravidel, jak se toto propojení uskutečňuje. Abychom si mohli udělat jasno v tomto prvním rozporu, musíme udělat krátkou exkursi do základů otevřené komunikace.

Mezinárodní standardizační organizace ISO definovala pro účely informačních a komunikačních sítí již na začátku 80. let tzv. referenční model ISO/OSI (Open system interconnection – propojování otevřených systémů). Tento standard definuje podrobně pravidla propojování systémů různých výrobců na úrovni HW i SW. Jak je známo, RM ISO/OSI je 7 vrstevový model, který je uveden na obr. 1.

Silně vyznačené vazby znázorňují fyzický směr informačního toku, který se předává mezi dvěma (nebo více) účastníky komunikace. Čárkované spoje naznačují virtuální – logické propojení mezi komunikujícími účastníky.

Spodní vrstvy modelu (vrstva 1. až 4.) jsou vrstvy orientované na vlastní komunikační síť, vyšší vrstvy jsou orientovány na aplikaci. Vrstva 1. slouží pro nezabezpečovaný přenos dat ve formě modulovaného a kódovaného proudu bitů, který se fyzicky uskutečňuje přenosovým médiem. Vrstva 2. slouží jednak k zabezpečení přenosu bitů, seskupených do bloků, jednak umožňuje komunikující entitě (stanici, účastníkovi přenosu) přístup ke společnému přenosovému médiu. Musíme si uvědomit, že RM ISO/OSI je vytvořen pro sériový přenos dat. Vrstva 3. se nazývá síťová a zaručuje směrování zpráv mezi více než dvěma účastníky



Obr.1 Referenční model ISO/OSI pro komunikaci v sériových sítích

a segmenty sítě. Vrstva 4. je transportní vrstvou, tvoří interface mezi spodními a horními vrstvami RM a specifikuje způsob adresování a formát adres. Vrstva 5. se nazývá relační vrstvou a slouží k navázání, rušení a dohled nad spojením mezi komunikujícími účastníky. Nepoužívá se pro „connectionless“ orientovanou komunikaci. V 6. vrstvě se uskutečňuje konverze syntaxe zpráv, tj. je překladatelskou vrstvou mezi jednotlivými interpretacemi informace, přicházející ze 7. vrstvy. Aplikační 7. vrstva poskytuje služby jednotlivým účastníkům přenosu k tomu, aby mohli předávat zprávy a je i rozhraním mezi komunikačním a aplikačním procesem. Pro vlastní přenos jsou informační data v jednotlivých vrstvách doplňována o zabezpečovací, kontrolní a další bity a bajty, se kterými tvoří rámce (frame).

Každá z vrstev referenčního modelu má vlastní komunikační protokol a poskytuje výše uvedené služby (funkce) vrstvě bezprostředně vyšší. Je schopna požadovat služby od vrstvy bezprostředně nižší. Referenční model ISO/OSI pro otevřenou komunikaci není jediným komunikačním modelem. Používá se v lokálních sítích LAN, ve velkých sítích WAN, a v zjednodušené podobě i v průmyslových komunikačních sítích. V sítích ethernet se používá jednodušší model, který však lze mapovat do RM ISO/OSI, neboť jeho vrstvy zhruba odpovídají svými funkcemi funkcím příslušných vrstev RM ISO/OSI.

Ethernet pro lokální síť

Ethernet jako standard IEEE 802.3 definuje pouze 1. a 2. vrstvu ISO/OSI modelu, tedy fyzické vlastnosti komunikační sítě a zabezpečovací vrstvu, včetně přístupového mechanismu k přenosovému médiu. Aby jednotliví účastníci sítě ethernet (což jsou především osobní počítače PC, tiskárny, scannery, složité přístroje jako analyzátoři, kamery a další periferie, ale i programovatelné automaty a vestavěné systémy) mohli vzájemně komunikovat, doplňuje standard IEEE 802.3 ještě množinu protokolů (protocol suite) vyšších vrstev. Jedná se především o protokol 3. vrstvy, kterým je v tomto případě Internet Protocol (IP) a protokol 4. transportní vrstvy (Transport Communication Protocol TCP a Universal Datagram Protocol UDP). Zatímco TCP protokol poskytuje služby spojově orientovaného přenosu dat, protokol UDP poskytuje nespojované služby. Pod názvem lokální počítačová síť (LAN – Local Area Network) tedy chápeme v drtivé většině případů síť Ethernet TCP/IP, tj. fyzický ethernet, doplněný protokoly IP a TCP/UDP. Pro komfortní, jednoduchý a bezpečný přenos zpráv v lokálních sítích LAN však nestačí ani Ethernet TCP/IP, ale je nutné použít i některé z vhodných protokolů 7. aplikační vrstvy. Pro různé internetové aplikace se využívají protokoly Telnet (protokol pro tvorbu virtuálního internetového terminálu), http (protokol pro internetový přenos hypertextových souborů), SMTP (protokol pro e-mail), SNMP, SNMP (protokoly pro informace o stavu síťových komponentů a správu sítě) a pro mezipočítačový přenos velkého objemu dat protokoly FTP, SSH a další.

Síť ethernet a uvedená svita protokolů vyšších vrstev TCP/IP a protokoly aplikační vrstvy ovládly zcela oblast kancelářských aplikací včetně bankovního, skladového a spedičního sektoru a dále předvýrobní a výrobní etapy průmyslové výroby a informační systémy ve všech oblastech podnikání a lidské činnosti vůbec. Tento trend je od 90. let zesílen masovým používáním internetu jako základního informačního zdroje a prostředí, neboť přístup k internetu je možný především a nejnázne prostřednictvím osobních počítačů, vybavených kartami s fyzickým rozhraním (interface) ethernet s využitím sady protokolů TCP/IP a výše uvedených aplikačních protokolů.

Jak je z výše uvedeného patrné, sítě Ethernet TCP/IP byly vyvinuty pro jiné účely, než je průmyslová automatizace. Fyzická vrstva sítě ethernet není z principu určena do průmyslového prostředí s vysokou úrovní EMI, vibracemi, vlhkostí, není dostatečně mechanicky odolná apod. Metoda CSMA/CD realizující ve 2. vrstvě přístup každého z účastníků (abonentů) k přenosovému médiumu nezaručuje definovaný okamžik přístupu a tím i včasné a současné předání nebo přijetí zprávy a je v původní podobě a v původní sběrnice topologii především z uvedených důvodů nevhodná pro účely měření, ovládání a řízení v reálném čase. Přesto se technologie ethernet začíná objevovat ve výrobním programu firem, které produkují systémy průmyslové automatizace a stávající průmyslové sítě hledají řešení pro efektivní symbiózu s ethernetem. Ve zprávě [6] německé organizace ZVEI (Zentral Verband für Elektrotechnik und Informatik) za rok 2003 se uvádí, že budoucnost automatizační techniky je úzce spjata s internetovými technologiemi a že do dvou až tří let se ethernet stane nejvýznamnějším komunikačním prostředkem v průmyslové automatizaci. Důvodem pro tyto příznivé ohlasy je m.j. i to, že dnešní ethernet v lokálních sítích LAN a tím i v prostředí sítě internet již není ethernetem, jak ho známe z původní specifikace. V přehledu v tab. 2 vidíme vývoj ethernetu.

1972	začátek vývoje ve firmě Xerox
1976	první předvedení Ethernetu (přenosová rychlost 3 Mbit/sec)
1980	Standard Ethernet V1.0 (DIX)
1983	Standard IEEE 802.3 (médium koaxiální kabel tlustý, tenký)
1990	Ethernet na kroucené dvojlince (10BaseT)
1995	Fast Ethernet (100Base-X)
1998	Gigabit-Ethernet (1000BaseT)
2002	10 Gigabit-Ethernet

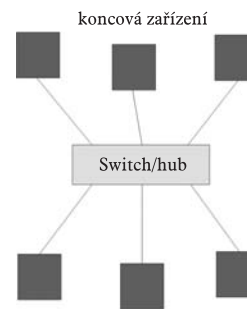
Tab.1 [2]

Z uvedeného přehledu je zřejmé, že ethernet prodělal vývoj jak v rychlosti, od standardních 10Mbitů/sec u verze IEEE 802.3 z roku 1983 až po 10 Gigabitů/sec ve specifikaci od roku 2002. Prodělal i změny v implementaci na různá přenosová média od silného i tenkého koaxiálního kabelu, přes kroucenou nestíněnou dvojlunku v několika žilovém kabelu až po světlovodič a radiový přenos. V současnosti se jako přenosové médium používá nejčastěji kroucená dvojlinka, světlovodič a bezdrátový přenos podle specifikace IEEE 802.11 (WiFi – WLAN). S vývojem přenosového média došlo i ke změně základní topologie sítě ethernet, kterou byla sběrnice s T členy na silném koaxiálním kabelu, přes sběrnici s krátkými přípojkami (tenký koaxiální kabel) k topologii hvězda a strom, které se používají v současné době pro všechny varianty standardu IEEE 802.3.

Součástí fyzické vrstvy komunikačních systémů jsou i elektrická rozhraní (interface). Ethernet používá vlastní, standardem IEEE 802.3 definované elektrické rozhraní, které je realizováno integrovanými prvky a nabízeno mnoha výrobci. Vzhledem k použití přístupové metody CSMA/CD jsou tyto HW obvody (interface) složitější a tím i dražší, než jsou elektrická rozhraní převážně většiny průmyslových komunikačních systémů (Profibus, Modbus, FIP, LonTalk, P-Net, ...), které používají sériové rozhraní RS 485. Podobně ani komunikační sítě CAN, DeviceNet, Foundation Fieldbus, AS-interface a další nepoužívají ani RS 485, ani RS 422/423, ale využívají vlastních rozhraní. Rozhraní ethernet je nejsložitějším a (přes hromadnou výrobu integrovaných řadičů) zatím patrně nejdražší.

Zatímco krátké přípojky a T členy v topologii sběrnice byla zcela pasivními komponentami fyzické vrstvy sítě ethernet, topologie hvězda a strom (ale i další jako Daisy Chain – řetěz a Mesh – síť) používají aktivní prvky jako prepínače (switch) a rozdělovače (hub). Zatímco segment sítě ethernet v topologii sběrnice může mít prakticky neomezený počet účastníků, kteří se v jednom

okamžiku mohou ucházet o přístup k přenosovému médiumu, v případě topologie hvězda a strom při použití prepínačů a rozdělovačů, může být síť ethernet rozdělena na segmenty, ve kterých je vždy jen jeden účastník, jak je patrné z obr. 2 a zprávy tedy mohou být směrovány jen do segmentu příjemce nebo příjemců zprávy a ne všem účastníkům, kde může dojít ke kolizi s dalšími zprávami, produkovanými účastníky, kteří nejsou příjemci uvažované komunikace.



Obr.2 Topologie hvězda s prepínačem/rozdělovačem (switch/hub)

To výrazně snižuje pravděpodobnost kolize zpráv, avšak poněkud zpomaluje přenos v důsledku zpoždění na aktivních rozdělovačích a prepínačích. Zejména prepínače (switch) výrazně eliminují nevýhodu přístupové metody CSMA/CD z pohledu reálného času, neboť jsou vybaveny pamětí pro ukládání zpráv, které nelze okamžitě předat v důsledku obsazenosti cílové stanice nebo segmentu. Proto je tzv. prepínaný ethernet jedním z možných řešení pro použití ethernetu jako průmyslové komunikační sítě.

Dalším faktorem, který posouvá ethernet i přes použitou přístupovou metodu CSMA/CD blíže k reálnému času a tím i k využití jako průmyslové komunikační sítě je stále se zvyšující rychlost přenosu v sítích ethernet. Tato rychlost výrazně převyšuje rychlosti i těch nejrychlejších průmyslových sítí jako je Profibus DP (12 Mbitů/sec na kroucené stíněné dvojlince s rozhraním RS 485). Díky této vysoké rychlosti (např. u Fast Ethernet je to 100Mbitů/sec) klesá kolizní interval zpráv 10 krát proti standardu 10BaseT na hodnotu 5,12 ms a vzdálenost mezi pakety na 0,9 ms [3]. Další posun k reálnému času umožňuje varianta sítě Fast Ethernet s plným duplexem, kdy stanice jsou k rozdělovačům (hub) nebo prepínačům (switch) připojeny dvěma kroucenými páry nebo dvěma světlovodiči a tak zpráva do stanice a ze stanice může probíhat ve stejném časovém okně.

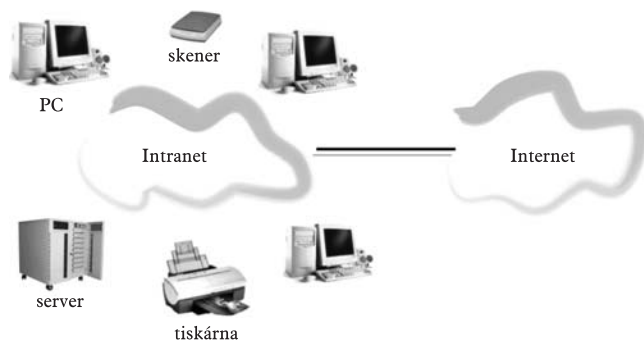
Celý tento vývoj vedl a nadále povede k dalšímu a ještě masovějšímu rozšíření sítí LAN s komunikační technologií Ethernet TCP/IP jak v kancelářských aplikacích, tak ve všech aplikacích využívajících sítě internet. To je velmi lákavé i pro oblast průmyslové automatizace. Využitím komunikační technologie ethernet se stále rostoucí rychlostí přenosu a stále klesající cenou komunikačních modulů by sektor průmyslové automatizace mohl ušetřit značné prostředky na vývoj rychlejších průmyslových komunikací, určených jen pro oblast průmyslového použití. Předpokladem pro využití Ethernetu TCP/IP a následně i internetových technologií pro průmyslovou automatizaci ve smyslu sběru procesních dat, binárního řízení a ovládání a dynamické optimalizace je vyhodnocení a vyřešení požadavků automatizace strojů, výrobních linek i technologických procesů prostřednictvím „kancelářské“ komunikační technologie, tj. technologie Ethernet TCP/IP.

Použití sítě Ethernet TCP/IP v průmyslové automatizaci sebou na jedné straně přináší i lákavou možnost vizualizace řízeného procesu z libovolného počítače v intranetu závodu nebo internetu, propojujícího dva výrobní celky jednoho výrobce na dvou vzdálených kontinentech, na druhé straně vyvolává potřebu účinné ochrany proti zneužití tohoto globálního přístupu do prostředí zcela „soukromého“ sektoru průmyslového měření, ovládání, řízení. Otázky zabezpečení sítě ethernet a internet jsou však již řešeny v bankovním a dalších sektorech a oblast průmyslové automatizace může tyto výsledky využít bez vynakládání prostředků na vlastní vývoj.

Odpovědí na všechny tyto výzvy a možnosti jsou komunikační technologie nazývané průmyslový ethernet (Industrial Ethernet).

Průmyslový ethernet

Především je nutné zdůraznit, že nejde o jedinou komunikační technologii, nýbrž o řešení několika výrobců, v lepším případě sdružení výrobců a v nejlepším případě sdružení výrobců a uživatelů, resp. aktivity a řešení sdružení, podporujících některé z významných a rozšířených průmyslových sběrnic. Společným prvkem pro všechna tato řešení je to, že se snaží jednak použít technologii ethernet, v jistém ohledu i svitu protokolů TCP/IP, internetových technologií a zároveň splnit požadavky, kladené na sběr procesních dat a komunikaci za účelem ovládní a řízení procesů, strojů a linek. Současně se však tato řešení musí přizpůsobovat stávajícím řešením průmyslových sběrnic, ze kterých vycházejí, nebo jejichž inovaci se touto cestou snaží vyřešit. Na obr. 3 je znázornění standardní situace použití ethernetu v kancelářské aplikaci.

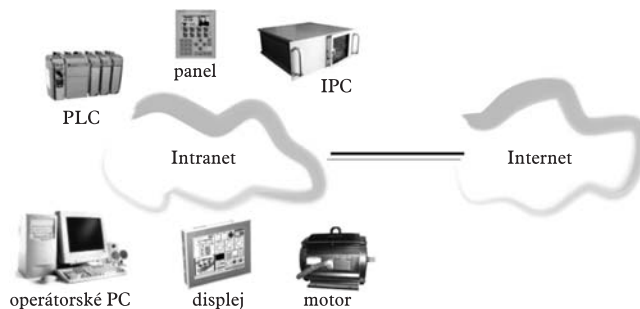


Obr.3 Ethernet v kancelářských aplikacích

Množina osobních počítačů a serverů a několik výkonných periferních jednotek je propojeno sítí ethernet (pomocí přepínačů nebo rozdělovačů nebo přímo sběrnicí) a má přístup do sítě internet. Prostředí neklade žádné zvláštní nároky na mechanické ani elektrické provedení sítě ethernet, případný výpadek sítě je nepřijemný, ale nezpůsobí větší ekonomické ztráty a téměř jistě nezpůsobí žádné ekologické škody ani zranění nebo smrt osob. Komunikační vztahy mezi těmito účastníky jsou vyjádřeny převážně architekturou klient – server, kdy servery plní požadavky klientů na předání větších objemů dat v rozsahu několika Kbyte až po stovky Mbyte. Aplikace jednotlivých účastníků přenosu používají standardní internetové protokoly jako HTTP, FTP a další. Na obr. 4 je znázorněna síť ethernet pro průmyslové použití.

Podobně jako některá výkonná průmyslová sběrnice propojuje navzájem odloučené V/V jednotky pro sběr dat a řízení, elektronické systémy hydraulických, pneumatických a elektrických pohonů, programovatelné automaty PLC, řídicí PC (IPC), CNC systémy, průmyslové a mobilní roboty, složitější přístroje (analyzátoři, kamerové systémy, scannery apod.), periferie osobních počítačů, vestavěné zobrazovací a řídicí displeje, průmyslové regulátory, koncentrátoři dat (datalogger) a případně i jednotlivé snímače a akční členy s vestavěnými ethernetovými rozhraními [7]. Na rozdíl od kancelářské sítě z obr. 3, průmyslová síť ethernet musí nad rámec požadavků, kladených na kancelářskou síť splňovat i požadavky na:

1. včasné a současné ošetření požadavků jednotlivých komponent komunikace dle předem daných priorit
2. včasné a současné ošetření alarmů
3. minimalizaci kolísání doby odezvy (Jitter)
4. HW stabilitu (výpadek HW)
5. SW stabilitu (stabilní operační systémy účastníků sítě i vysoce stabilní síťový operační systém)
6. odolnost vůči mechanickému namáhání, vibracím, rázům, a dalším mechanickým vlivům
7. odolnost vůči působení vlhkosti (až do IP 67), prachu, olejům, chemikáliím
8. uživatelskou přístupnost



Obr.4 Ethernet v prostředí průmyslové automatizace

Komunikační vztahy mezi jednotlivými účastníky sítě jsou kromě klient – server modelu, používaného především pro výměnu dat mezi dvěma entitami (kancelářské sítě), použity i protokoly pro efektivnější výměnu dat mezi více účastníky. Jde o protokoly na principech „publisher – subscriber“ a „producer – consumer“. Předávaný objem dat se uskutečňuje ve větším rozsahu než u kancelářských sítí a to od Byte (měřené hodnoty ze snímačů a akční signály pro vestavěné akční členy) až po stovky Mbyte, předávané mezi zobrazovacími panely a na úrovni řídicích PC (IPC). Tyto rozdíly a výrazně vyšší požadavky na spolehlivost, reálný čas a robustnost provedení sítě ethernet pro průmyslová použití vedla a dále povedou k vývoji doplňkových a alternativních systémů a technologií při zachování plné kompatibility s ethernetem pro kancelářské prostředí – tedy ke vzniku průmyslového ethernetu. Na otázku, co to je průmyslový ethernet odpovídá jeden z předních propagátorů průmyslového ethernetu Perry S. Marshall takto [1]:

Průmyslový ethernet je úspěšně aplikovaný standard 802.3 v oblasti konektorů, přenosového média a dalšího obvodového řešení, které splňuje požadavky odolnosti proti elektrickému šumu, mechanickým vibracím, vlivům teploty a má potřebnou životnost. Je rovněž úspěšnou realizací v oblasti komunikačních protokolů, která řeší interoperabilitu, řízení a sběr dat v reálném čase z inteligentních přístrojů a další instrumentace.

Jak již bylo řečeno, řada firem a sdružení vyvinula a uvedla nebo uvádí na trh úspěšná řešení průmyslového ethernetu. V následující kapitole se pokusíme ukázat způsoby, kterými se dají splnit současně požadavky průmyslového sběru dat, ovládní a řízení a prostředí sítě internet.

Literatura

(vybrané tituly)

- [1] MARSHALL, P. S.: Industrial Ethernet, A pocket guide, ISA, 2002, ISBN 1-55617-774-7
- [2] LÜDER, A.: IAONA Handbuch – Industrial Ethernet, IAONA, Magdeburg, 2004
- [3] KABEŠ, K.: Použití sítě ethernet v průmyslové automatizaci, Automatizace č. 4, 2002, str. 267 – 268, ISSN 0005-125X
- [6] ZVEI: Automation stärker als erwartet, SPS Magazin, März 2004, str. 7, ISSN 0935-0187
- [7] ZEŽULKA, F., CACH, P., BRADÁČ, Z., FIEDLER, P.: Snímače s přímým připojením k internetu, AUTOMA, č. 7, 2004, str. 37 – 39, ISSN 1210-9592

Pokračovanie v budúcom čísle.

**prof. Ing. František Zezulka, CSc.
Ing. Ondřej Hynčica**

12

Ústav automatizace a měřicí techniky
Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Vysoké učení technické v Brně, Kolejní 4, 612 00 Brno, ČR
e-mail: zezulka@feec.vutbr.cz
zhynci00@stud.feec.vutbr.cz