



Komunikácia v priemyselnej automatizácii (5)

Igor Béla

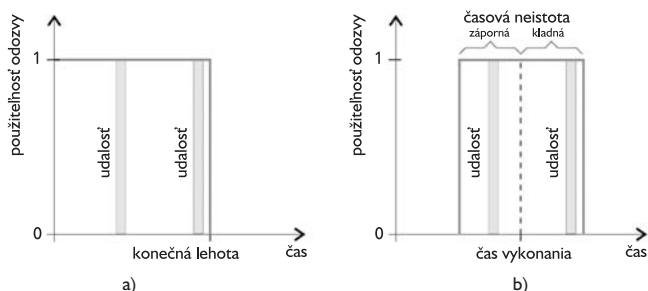
5. Ethernet v priemyselnej automatizácii

Štandard IEEE 802.3 špecifikuje lokálnu sieť (LAN) ethernet. Pojem „lokálna sieť“ môžeme interpretovať ako počítačovú sieť vytvorenú z obmedzeného počtu zariadení, ktoré sa nachádzajú v ohraničenom priestore. Ako vidno z obr. 4 v prvej časti seriálu, štandardy lokálnych sietí špecifikujú len fyzickú a linkovú vrstvu vo vrstvovom modeli OSI (pozri obr. 2 v prvej časti seriálu). Z toho vyplýva, že IEEE 802.3 (ethernet) určuje vlastnosti použitých komunikačných rozhraní (napr. elektrických alebo optických) a metódu riadenia prístupu na prenosové médium.

Štandard lokálnej siete ethernet nebol navrhnutý na používanie v priemysle na spodných úrovniach riadenia a nezohľadňuje potrebu prenosu údajov v reálnom čase. Vyplýva to z použitej prístupovej metódy CSMA/CD (Carrier Sensing, Multiple Access/Collision Detection), ktorá vychádza z faktu, že zariadenia na LAN ethernet používajú zdieľané prenosové médium, na ktoré môže v danej chvíli vyslať údaje len jedno zariadenie. Ak zariadenie na sieti chce odoslať údaje inému zariadeniu, musí najprv zistiť, či momentálne nevysiela iné zariadenie, a až v prípade negatívneho zistenia môže začať vyslať. Môže sa stať, že údaje začne vyslať niekoľko zariadení súčasne. Vznikne kolízia, ktorú zariadenia zaregistrujú, prestanú vyslať a znova začnú až po zvolenom časovom intervale. Ku kolízii principiálne môže dôjsť aj potom. V zásade nie je možné predvídať, ako dlho budú jednotlivé zariadenia čakať na prístup na prenosové médium (kým začnú úspešne vyslať údaje), čo znamená, že prístupová metóda CSMA/CD nie je deterministická. Oblasť, v ktorej môže dochádzať ku kolíziám, sa nazýva kolízna doména a je obmedzená z hľadiska maximálneho počtu zariadení aj geografického rozsahu.

Reálny čas

Vysvetlenie pojmu „reálny čas“ a nároky naň sú na obr. 15. Časť a) znázorňuje situáciu, keď určitá udalosť musí byť vykonaná v stanovenom časovom intervale, ktorý je na obrázku vymedzený konečnou lehotou. Napríklad nameraná hodnota zo snímača musí byť prenesená do riadiacej jednotky (a následne spracovaná) s určitým maximálnym oneskorením, inak bude daná hodnota neaktuálna a vypočítaný akčný zásah môže spôsobiť nežiaduce správanie systému. Obr. 15 b) ilustruje požiadavku na vykonanie určitej činnosti v presne stanovenom čase, pričom skutočný čas vykonania sa môže pohybovať v pásme časovej neistoty (ktoré sa v literatúre označuje aj ako „jitter“). Táto požiadavka sa uplatňuje predovšetkým v systémoch riadenia pohybu, keď treba synchronizovať činnosť v niekoľkých osiach.



Obr.15 a) včasnosť a b) súčasnosť (synchronizmus) v systémoch reálneho času

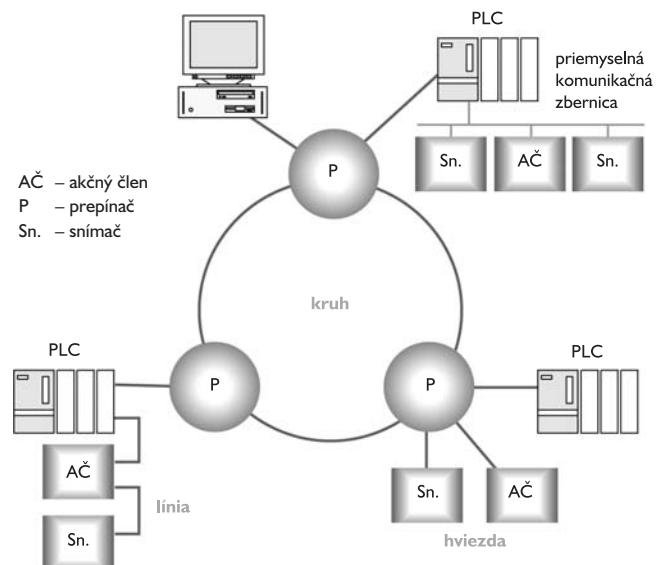
Okrem uvedených požiadaviek sú nároky na komunikačný systém podmienené tiež typom riadeného technologického procesu (z pohľadu trvania zbernicového cyklu), počtom pripojených zariadení a množstvom prenášaných údajov.

Reálny čas v sieťach s priemyselným ethernetom

Vzhľadom na prístupovú metódu CSM/CD možno v ethernetových sieťach požiadavky na reálny čas splniť len za istých podmienok: 1) segmentácia siete prepínačmi, ktorá spôsobí rozdelenie siete na niekoľko častí, ktoré sú oddelené z hľadiska vznikajúcich kolízií, 2) použitie špeciálnych komunikačných protokolov na prenos údajov v reálnom čase, ktoré môžu byť implementované na úrovni sieťovej až aplikačnej vrstvy a nahrádzajú štandardné internetové protokoly (pozri vrstvový model internetu na obr. 5 v prvej časti seriálu). Druhá podmienka vyjadruje skutočnosť, že priemyselný ethernet je komunikačný systém, ktorý nepozostáva len z lokálnej siete, ale okrem LAN ethernet má implementované aj funkcie nadradených vrstiev (pozri kapitolu Vrstvový model priemyselného ethernetu).

Topológie sietí s priemyselným ethernetom a segmentácia siete prepínačmi

Zariadenia v sieti môžu byť prepojené na základe rôznych topológií. V prvých ethernetových sieťach sa používala topológia zbernica, v ktorej bol ako prenosové médium použitý koaxiálny kábel. V takomto prípade sa jednotlivé zariadenia pripájajú k spoločným vodičom paralelne. Pri prenose údajov medzi prepojenými zariadeniami môže dochádzať ku kolíziám.



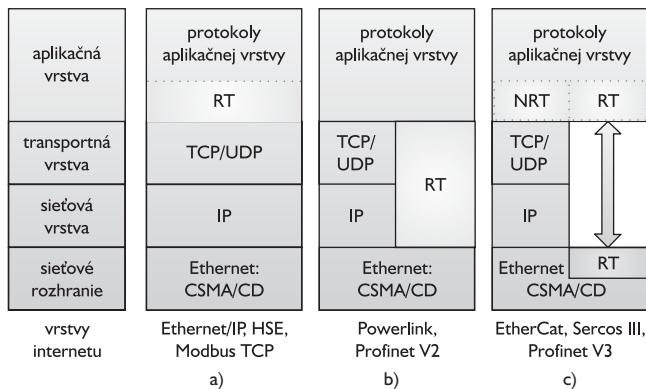
Obr.16 Příklad prepojenia zariadení v sieti s priemyselným ethernetom

Ďalšou, v súčasnosti najrozšírenejšou topológiou v oblasti lokálnych sietí je hviezda – respektíve strom, keď sú komunikujúce zariadenia prepojené prepájacím zariadením, ktoré môže byť implementované na úrovni fyzickej alebo linkovej vrstvy. V prípade, že je toto prepájacie zariadenie implementované na úrovni fyzickej vrstvy, označuje sa ako rozbočovač (po anglicky „hub“) a slúži na prenos signálov (elektrických alebo optických) medzi odosielateľom a potenciálnymi príjemcami správy. Ak komunikujúce zariadenia prepája zariadenie pracujúce na úrovni linkovej vrstvy, nemôže medzi nimi dochádzať ku kolíziám. Prepájacie zariadenie pracujúce na úrovni linkovej vrstvy sa označuje prepínač (po anglicky „switch“). Okrem spomenutých topológií sa používa líniová topológia. Komunikujúce zariadenia sú vtedy prepojené postupnosťou opakovačov alebo prepínačov, ktoré v nich môžu byť integrované. Uzavretím línie vzniká topológia kruhu. V prípade poškodenia niektorého zariadenia v kruhu sa údaje prenášajú náhradnou trasou. Příklad prepojenia zariadení v sieti s priemyselným ethernetom je na obr. 16.



Vrstvový model priemyselného ethernetu

Priemyselný ethernet má implementované všetky vrstvy vrstvomého modelu internetu. Na obr. 17 sú tri architektúry priemyselného ethernetu, ktoré sa odlišujú úrovňou implementácie služieb zabezpečujúcich prenos údajov v reálnom čase. V architektúre a) sa bežné údaje aj údaje v reálnom čase prenášajú protokolmi TCP/UDP/IP. Architektúry b) a c) však na prenos údajov v reálnom čase nevyužívajú protokoly TCP/UDP/IP. V architektúre b) sa na úrovni sieťového rozhrania používa štandardná LAN ethernet s prispôbením na použitie v priemyselných podmienkach. V architektúre c) sa realizujú úpravy na úrovni sieťového rozhrania (v samotnej LAN ethernet), čo umožňuje dosiahnuť synchronizáciu procesov na úrovni jednotiek mikrosekúnd, avšak komunikujúce zariadenia musia byť vybavené špeciálnymi sieťovými kartami a navzájom prepojené špeciálnymi prepínačmi.



NRT – prenos bežných údajov (nie v reálnom čase),
RT – prenos údajov v reálnom čase

Obr.17 Architektúry systémov s priemyselným ethernetom

Synchronizácia hodín komunikujúcich zariadení

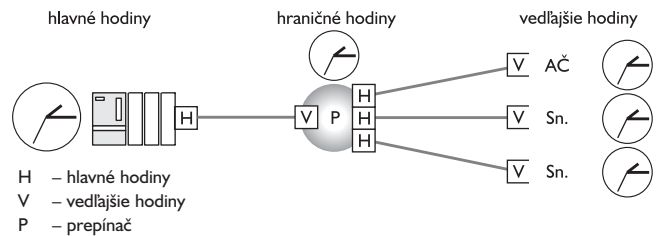
Pri automatizácii distribuovaných systémov riadenia pohybu je nutné zabezpečiť synchronizáciu akčných členov a snímačov. Keďže LAN ethernet nie je deterministická, presný okamih a čas prenosu údajov sú variabilné. Tento problém možno v zásade riešiť dvomi spôsobmi: 1) implementáciou mechanizmov pre časovo synchronizovaný prenos údajov, 2) synchronizáciou hodín komunikujúcich zariadení, vďaka čomu samotný prenos údajov nemusí byť synchrónny, ale dôležitý je presný čas použitia prenášanej veličiny. Napríklad riadiaca jednotka viacosového systému odošle v rámci jedného zbernicového cyklu vypočítané akčné zásahy do pohonov, pričom tieto akčné zásahy sa aktivujú vo všetkých pohonoch súčasne a s minimálnym časovým rozptylom. Pracovná skupina IEEE 1588 vyvíja algoritmus na synchronizáciu hodín komunikujúcich zariadení s rovnomerným označením, ktorý umožní dosiahnuť presnosť synchronizácie menšiu ako jedna mikrosekunda.

Princíp činnosti protokolu IEEE 1588

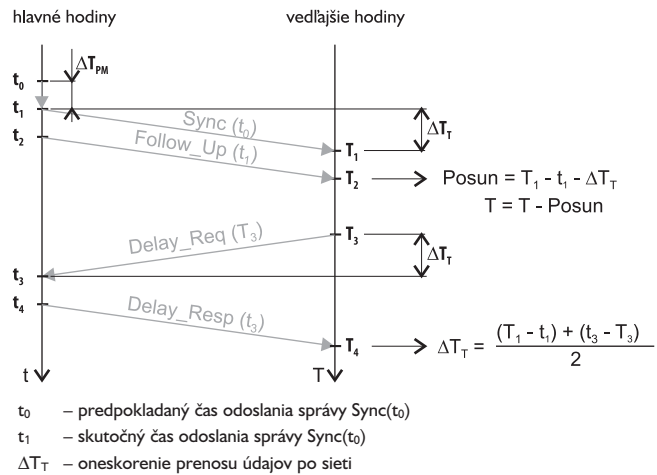
Protokol IEEE 1588 považuje sieť komunikujúcich zariadení za sieť hodín. Na základe najpresnejších hodín v sieti sa synchronizujú ostatné hodiny. Prepínač takisto reprezentuje hodiny, ktoré sú synchronizované podľa nadradených hodín, a podľa hodín prepínača sa synchronizujú ďalšie zariadenia pripojené na ostatné porty prepínača. Túto situáciu reprezentuje obr. 18. Zariadenie vľavo reprezentuje referenčné = hlavné hodiny siete zariadení. Prepínač predstavuje vedľajšie hodiny voči hlavným hodinám, ale zároveň má funkciu hlavných hodín vo vzťahu k trom zariadeniam vpravo (snímače a akčný člen).

Proces synchronizácie hodín zahŕňa určenie posunu vedľajších hodín voči hlavným hodinám a oneskorenia prenosu údajov. Princíp algoritmu synchronizácie je na obr. 19. Sync, Follow_UP, Delay_Req a Delay_Resp sú správy prenášané medzi hlavnými a vedľajšími hodinami.

Posun vedľajších hodín je korigovaný pravidelne s periódou 2 sekundy. Oneskorenie prenosu údajov je vyhodnocované nepravidelne a v dlhších časových intervaloch v rozsahu 4 až 60 sekúnd. Uvedený algoritmus môže byť implementovaný na úrovni vrstvy sieťového roz-



Obr.18 Vzťah hodín komunikujúcich zariadení podľa IEEE 1588



Obr.19 Princíp synchronizácie hodín komunikujúcich zariadení podľa protokolu IEEE 1588

úroveň implementácie	dosiahnuteľná presnosť
aplikačná vrstva	100 μs – 10 ms
sieťová vrstva	10 μs
vrstva sieťového rozhrania	50 ns – 500 ns

Tab.2 Presnosť synchronizácie v závislosti od úrovne implementácie

hrania, prípadne sieťovej alebo aplikačnej vrstvy. Dosiahnuteľná časová neistota („jitter“) v závislosti od úrovne implementácie je v tab. 2.

Literatúra

[1] BALOGH, R., BÉLAI, I., DORNER, J., DRAHOŠ, P.: Priemyselné komunikácie. Bratislava: STU 2001. ISBN 80-227-1600-6.
 [2] BÉLAI, I., JURŠIČKA, L., KOVÁČ, K., ŠTURCEL, Š.: Control and diagnostics of the technological processes in manufacturing process based on application of ICT. Bratislava: FEI STU 2005.
 [3] DRAHOŠ, P, GABRIEL, J.: Komunikačný systém PROFInet IO. Automa, 2007, č. 7, str. 6 – 7.
 [4] LÜDER, A., LORENTZ, K.: Industrial ethernet Handbook. IAONA 2005. ISBN 3-00-016934-2.
 [5] MOHL, D. S.: IEEE 1588 Precise Time Synchronization as the Basis for Real time Applications in Automation. Jún 2007, http://www.industrialnetworking.com/support/general_faqs_info/Precise_Time_Sync.pdf

Článok bol vytvorený s podporou projektu APVV-99-031205.

Pokračovanie v budúcom čísle.

Ing. Igor Béla, PhD.



Slovenská technická univerzita v Bratislave
 Fakulta elektrotechniky a informatiky
 Ústav riadenia a priemyselnej automatizácie
 Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava
 e-mail: igor.belai@stuba.sk