

TSN pro OPC UA a taktilní internetové aplikace

S nástupem bezdrátových sítí 5G a implementací kabelových sítí 10+ GbE v průmyslových podnicích roste nutnost zpracování dat v reálném čase pro OPC UA a taktilní internetové aplikace. Synchronizační mechanismy TSN (*Time-Sensitive Networking*) nejenže připravují cestu pro budoucí propojené aplikace reálného času, ale budou mít také vliv na stávající proprietární instalace průmyslového Ethernetu.

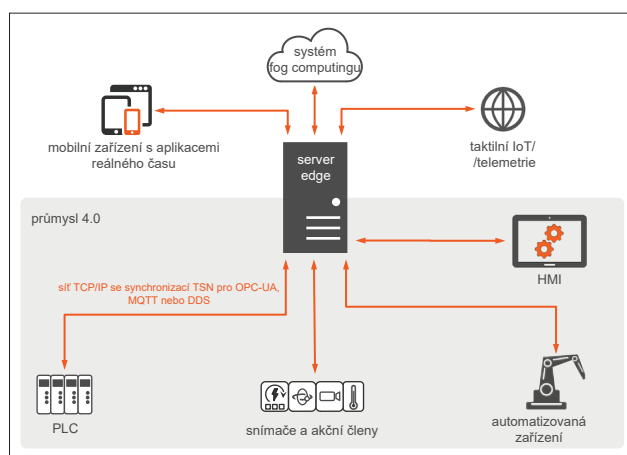
Ačkoliv v průmyslových komunikačních systémech budou i v dalších letech hrát významnou roli provozní sběrnice, pro aplikace průmyslového internetu věcí (IIoT) a průmyslu 4.0 nejsou příliš vhodné. Je tomu tak proto, že IoT a průmysl 4.0 požadují v architekturách *cloud, fog a edge computingu* široké komunikační pásmo, protože se spoléhají na vertikální výměnu dat od základní úrovně řízení až po nejvyšší patra automatizační pyramidy. Toho lze s klasickými průmyslovými provozními sběrnicemi dosáhnout jen obtížně. Velké požadavky na komunikaci a postupné rozšiřování průmyslových PC vedou k postupnému nahrazování dosavadních průmyslových sběrnic – které však stále patří k nejdůležitějším průmyslovým komunikačním systémům – novou, „druhou generací průmyslových sběrnic“: průmyslovým Ethernetem. Podle studie HMS z roku 2019 přibližně 59 % nově instalovaných uzlů v průmyslové automatizaci podporuje průmyslový Ethernet, zatímco jen okolo 35 % nových uzlů je spojených s klasickými sběrníčovými systémy.

Ideální stav v sítích průmyslového Ethernetu nastává, když data řídicích systémů (PLC, DCS) s požadavkem na komunikaci v reálném čase sdílejí společné přenosové médium s daty informačních systémů (MES, ERP) bez požadavků na reálný čas. Na rozdíl od většiny průmyslových provozních sběrnic zde v podstatě není žádné omezení počtu připojených zařízení nebo velikosti sítě. Současně jednotná síťová konektivita, která může být zajištěna a přísně kontrolována prostřednictvím bezpečnostních protokolů a pravidel, zaručuje kontinuální přenos dat mezi všemi výrobními úseky. S odpovídajícími komunikačními bránami ovšem lze i průmyslové sběrnice s výhodou dále používat v provozních podmínkách jako podřízené komunikační podsystémy jednotlivých strojů, linek a provozů.

Dřívější převaha proprietárních standardů

Stejně jako různé sběrníkové systémy ani současný průmyslový Ethernet nemá žádný jednotný standard. Místo toho existuje množství proprietárních systémů, které jsou vzájemně nekompatibilní. Není to překvapující, protože standardy „druhé generace průmyslových sběrnic“ vyvíjejí stejné firmy a stej-

ná zájmová sdružení jako jejich předchůdce a individuálně je přizpůsobují svým požadavkům, technickým i komerčním – tento proces dříve vedl k tomu, že v oblasti průmyslových provozních sběrnic vzniklo velké množství rozdílných konkurujících si a nekompatibilních standardů.



Obr. 1. Typické oblasti využití taktilních internetových aplikací se synchronizací pomocí TSN nejsou omezeny na cloudové řídicí stanice nebo na dálku řízené roboty pro telechirurgické operace, ale lze je najít i v konvenčních řídicích systémech, které nyní nabízejí výrazně větší škálovatelnost, šířku pásma, nezávislost na výrobcích a flexibilitu než klasické provozní sběrnice a systémy průmyslového Ethernetu, a tak pronikají ještě hlouběji do automatizační pyramidy

V oblasti průmyslového Ethernetu tomu není jinak: např. Profinet pochází ze stejného zdroje jako Profibus, Modbus TCP patří do skupiny komunikačních standardů Modbus, a dokonce CANopen, komunikační protokol určený pro síť CAN, lze implementovat pro síť průmyslového Ethernetu. To sice zjednodušuje migraci k průmyslovému Ethernetu a umožňuje snáze kombinovat provozní sběrnice s průmyslovým Ethernetem, naproti tomu příklon k jednomu z proprietárních systémů průmyslového Ethernetu může mít nevýhody spojené s licenčními pravidly a vést k omezení konektivity v celém podniku, protože většina scénářů vyžaduje jako dedikované hardwarové jednotky speciální ethernetové procesory. Výjimkou je EtherCAT, který jako jediný standard průmyslového Ethernetu dovoluje vytvářet komunikační síť reálného času se standardními ethernetovými procesory, a má tak mezi ostatními standardy průmyslového Ethernetu výlučné postavení.

Od Ethernetu k průmyslovému Ethernetu

Pro vývojáře průmyslového Ethernetu – a to platí pro všechny jeho varianty – je velkým problémem vyhovět požadavkům na komunikaci v reálném čase. Reálný čas je navíc rozdělen do různých tříd s různými požadavky na dobu odezvy. Konvenční „IT“ Ethernet podle IEEE 802.3 nepodporuje deterministické přenosy dat, ačkoliv dosahuje relativně velkých přenosových rychlostí. Kolize jsou řešeny mechanismem, který je založen na náhodném principu, což vede k nepravidelným zpoždě-

ním v datovém provozu. Řešení, která zavádějí do Ethernetu reálný čas, musí těmto kolizím zabránit vytvořením vlastních, výrazně štihlejších stacků protokolu reálného času. V protokolu jsou označeny jako EtherType a jsou jim přiřazeny požadované priority. Ethernetová konektivita vyžadovaná pro „normální“ komunikaci prostřednictvím TCP/IP (elektronická pošta, webové servery) je zaručena, neboť časově méně kritická data si vytvářejí paralelní kanál, někdy nazývaný mailbox-kanál, bez toho, že by rušila provoz v reálném čase.

Výklad pojmů

Taktilní internetové aplikace: Taktilní internetové aplikace jsou aplikace v prostředí internetu věcí s požadavkem na odezvu v reálném čase – reálným časem se v těchto případech obvykle myslí odezva v jednotkách milisekund.

Cloud, fog a edge computing: Cloud computing je architektura internetu věcí, v níž jsou data ukládána na různých serverech a jsou dostupná online z jakéhokoliv zařízení, které k tomu má oprávnění. V architektuře fog computingu (Cisco) se kombinuje lokální a cloudové ukládání dat, přičemž data jsou zpracovávána lokálně a cloudové servery fungují jen jako úložiště dat. V architektuře edge computingu jsou data z určité lokální nebo funkční oblasti internetu věcí (stroje, výrobní linky, budovy, křižovatky atd.) zpracovávána v zařízení edge (edge device) a do cloudového serveru jsou odesílány jen zpracované výsledky.

Tvrký reálný čas

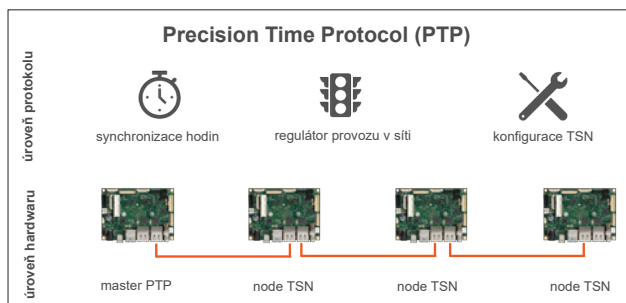
Aplikace měkkého (*soft*) reálného času relativně velkoryse tolerují větší zpoždění přenosu signálu, ale tvrdý (*hard*) reálný čas vyžaduje přesně deterministické doby odezvy s minimálním zpožděním a s cyklem hodin v řádu mikrosekund. Musí být vždy zaručena přesná synchronizace. Ethernetová komunikace s tvrdým reálným časem, tj. se zaručenou dobou latence, proto vyžaduje přesnou synchronizaci všech uzlů, které se komunikace účastní. Pro synchronizaci v systémech reálného času ovšem není vhodný protokol NTP (*Network Time Protocol*), používaný v běžných sítích k nastavení data a času. Moderní provozní komuni-

kační systémy používají mnohem přesnější protokol PTP (*Precision Time Protocol*) podle IEEE 1588 se synchronizací hodin v rozdílných uzlech (*master, slaves*) s přesností v desítkách nanosekund. Protokol PTP však musí být integrován do hardwaru rozhraní účastníků komunikace, jinak není tak přesná synchronizace možná. Pro zajištění takového chování jednotlivých uzlů v reálném čase se různé varianty průmyslového Ethernetu dosud spoléhaly primárně na proprietární hardware nebo specifická rozšíření protokolu. Právě to nejvíce přispělo ke vzniku vzájemně nekompatibilních standardů průmyslového Ethernetu a zintenzivnilo volání po otevřeném, interoperabilním standardu pro ethernetovou komunikaci v reálném čase – zvláště s ohledem na trendy „propojených továren“ potřebných pro naplnění vizí IIoT a průmyslu 4.0, které definují své vlastní vrstvy automatizační pyramidy a požadují standardizovanou výměnu dat s využitím protokolů reálného času, např. v rámci OPC UA (obr. 1). S dostupností mobilních sítí 5G a kabelových 10+ GbE se objevují taktální internetové aplikace jako nová, důležitá oblast využití internetu v průmyslových podnicích, ale i pro autonomní (logistická) vozidla nebo rozvodné sítě.

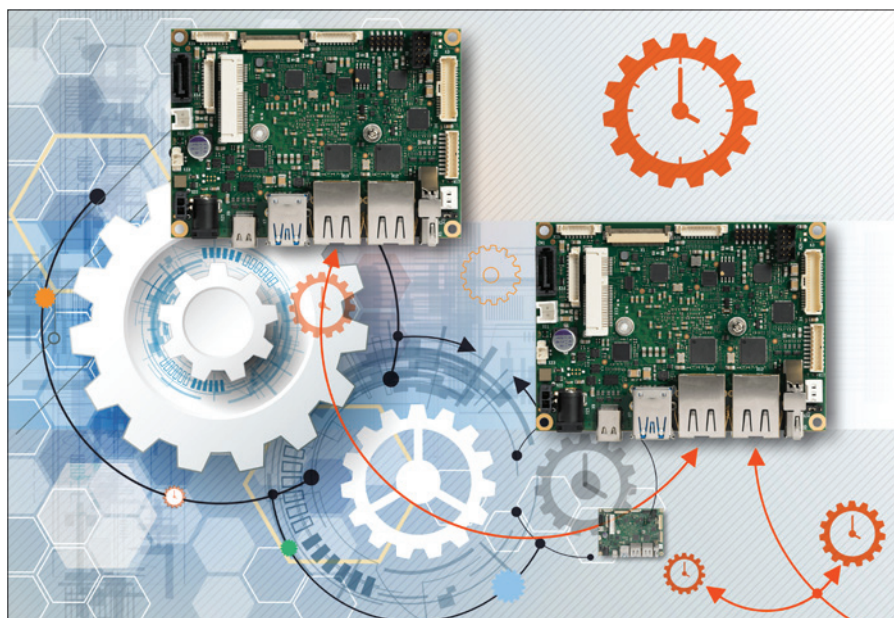
Taktální internetové aplikace s TSN

Cíl se přiblížil na dosah: pracovní skupina TSN v IEEE 802.1, která pracuje na zlepše-

ní využitelnosti komerčních sítí pro komunikaci v reálném čase, již publikovala několik standardů IEEE, které se tomuto problému věnují, např. normu IEEE 802.1Qbv, která definuje přesné plánování síťového provozu prostřednictvím procesu přidělování časových kvant (*time slicing*), k němuž využívá plánovač času TAS (*Time-Aware Scheduler*)



Obr. 2. Základní funkce mechanismů TSN (*Time Sensitive Networking*) pro Ethernet zahrnují synchronizaci, plánování provozu a konfiguraci systému uzlů *master a slave*



Obr. 3. Platformy průmyslových počítačů podporující TSN, jako deska Pico-ITX od firmy Congatec, zajišťují synchronizaci pro taktální internetové aplikace

a regulátory provozu TS (*Traffic Shaper*). Naproti tomu norma IEEE 802.1AS TSN využívá pro cyklickou synchronizaci uzlů profily již zmíněného protokolu PTP podle IEEE 1588 (obr. 2). Toto řešení je nyní použitelné i pro průmysl, neboť norma IEEE 802.1AS je již integrována jako základ PTP pro reálný čas v běžných ethernetových řadičích In-

tel i210 a i219, a je tedy dostupné jako standardní komponenta.

Například firma Congatec (mateřská firma autora) používá řadič i210 na desce Pico-ITX s procesory Intel® Atom® E3900 a již implementovala ověření proveditelnosti PoC (*Proof of Concept*) pro integraci mechanismu TSN v souladu se specifikací protokolu PTP podle IEEE 1588 (obr. 3). Tato integrace tedy zaručuje práci v reálném čase pro komunikační protokoly vyšších vrstev, jako jsou MQTT, DDS nebo OPC UA, i u jiných protokolů průmyslového Ethernetu. PoC zahrnuje několik desek Conga-PA5 Pico-ITX, které umožňují streamovat videosoubory ve velkém rozlišení na běžném Ethernetu a současně generují a přenášejí časově kritická data v reálném čase. V demonstrační verzi je možné digitálním přepínačem zapnout nebo vypnout synchronizaci protokolem PTP podle IEEE 1588. To umožňuje měření a zobrazení různého chování komunikace distribuovaných zařízení a serverů architektury *fog com-*

putingu v Ethernetu. V PoC se prokázalo, že maximální rozptyl (*jitter*) byl i přes velké zatížení sítě omezen na jednotky nanosekund. Vše je tedy připraveno pro taktální internetové aplikace.

Zeljko Lončarić,
Marketing Engineer, Congatec AG



Předplatné časopisu AUTOMA
Ize pohodlně sjednat na stránkách
www.automa.cz