

Počítače pro řízení technologických procesů

Petr Jedlička, Cyril Klimeš, Tomáš Pitner

Předmluva

HTML · Slides · PDF | Přehled předmětu

◎ Cíle přednášky

- Pochopit, co se ve **výrobních podnicích** používá
- **Sítě**, které v běžném IT neznáme
- **Průmyslové počítače**

🔑 **Výroba** je dnes řízena počítači na všech úrovních — od pohybu nástroje v soustruhu nebo měření teploty v peci až po vystavování faktur.

Účel průmyslových počítačů

- pro **sledování** procesů výroby
- pro řízení **technologických** procesů
- pro řízení **celých provozů**
- pro řízení firem vč. obchodu a vnějších vztahů

Příklady využití

- **Automatizace** výrobních linek, řízení robotů
- **SCADA** systémy a Human-Machine-Interface
- **Dopravní** infrastruktura (řízení semaforů, informační systémy)
- **Zdravotnictví, energetika, bezpečnostní systémy**

Základní principy konceptu Průmysl 4.0

Industry 4.0

- schopnost systémů výrobních firem komunikovat díky **průmyslovému internetu věcí** (Industrial Internet of Things
- používají se **digitální dvojčata**: každý fyzický prvek má svůj virtuální obraz a pracuje v reálném čase
- **decentralizace** (analýz i samotného rozhodování)
- orientace na **služby**
- **modularita** a rekonfigurace (schopnost udržitelného strojního růstu a okamžité reakce na požadavky zákazníků)

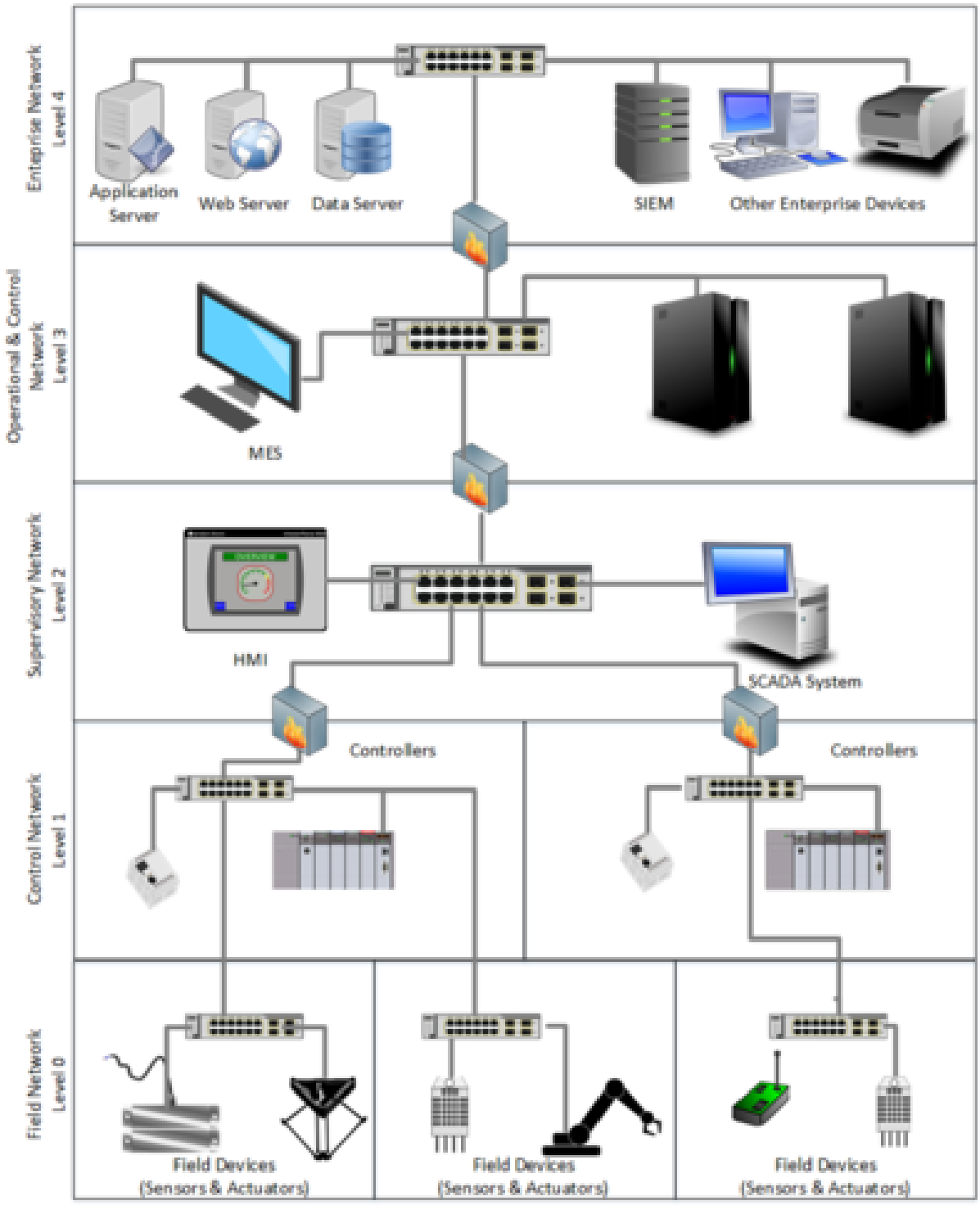
Architektura průmyslové automatizace

- V průmyslových sítích se obvykle používá **pětivrstvý model** hierarchie komunikace.
- Popisuje požadované vybavení, architekturu sítě, režimy komunikace mezi zařízeními a povahu toku informací a jeho řízení.

Vrstvy/Úrovně

0. Zařízení = **Field/Device Level**
1. Řídicí/Buňková = **Control/Cell Level**
2. Dohledová/Oblastní kontrola = **Supervisory/Area Control Level**
3. Systém řízení výroby (MES) / **Plant Level**
4. Podniková/Obchodní úroveň = **Enterprise/Business Level**

Architektura výrobního systému



Úroveň 0: Zařízení | Field/Device Level

Přímé řízení fyzikálních procesů pomocí **senzorů a akčních členů**.

- Senzory, akční členy (aktuátory), koncové spínače, enkodéry atd.
- Zaznamenává data z reálného světa a vykonává základní akce, jako je otevírání/zavírání ventilů nebo pohyb robotických ramen.

Úroveň 1: Řízení na úrovni stroje | Control/Cell Level

Řízení **jednotlivých strojů** *nebo výrobních buněk*

- Programovatelné logické automaty (PLC),
- vzdálené terminálové jednotky (RTU),
- rozhraní člověk–stroj (HMI).
- Vykonává řídicí logiku na základě dat z úrovně 0 a koordinuje činnost více zařízení v rámci jedné buňky.

Úroveň 2: Dohledová/Oblastní kontrola | Supervisory/Area Control Level

Dohled a řízení

- Dohled a řízení více buněk nebo procesů v rámci větší oblasti.
- SCADA systémy (Supervisory Control and Data Acquisition), distribuované řídicí systémy (DCS).
- Shromažďuje data z úrovně 1, poskytuje centralizovaný přehled o procesu a umožňuje interakci obsluhy.

Úroveň 3: Systém řízení výroby (MES) / Úroveň závodu | Plant Level

- Řízení a optimalizace výrobních procesů, propojení s nadřazenými systémy.
- MES software, systémy správy informací o provozu závodu (PIMS).
- Řídí výrobní plány, sledování materiálu, kontrolu kvality a poskytuje data pro plánování na vyšší úrovni.

Úroveň 4: Podniková/Obchodní úroveň | Enterprise/Business Level

- Podnikové **plánování**, **logistika** a celkové řízení zdrojů organizace.
- ERP systémy (**Enterprise Resource Planning**), nástroje **business intelligence**.
- Řídí celkové podnikové operace včetně zpracování objednávek, řízení zásob a finančního výkaznictví.

Komponenty pro implementaci podnikového systému

Prostředky pro implementaci výše uvedených úrovní podnikového systému jsou:

- Průmyslová komunikace a **sítě**
- Průmyslové **počítače**
- Specializovaná **zařízení** (čidla, sondy, ovládané ventily…)

Sítě pro průmyslovou komunikaci

Největší objem představují sítě na bázi *Ethernet* s různými protokoly (řazeno dle popularity u nových instalací):

1. Profinet
2. EtherNet/IP
3. EtherCAT
4. Modbus TCP
5. POWERLINK

Profinet

- Profinet *Process Field Network*, Real-time Ethernet for industrial Automation (2003),
- definován standardy IEC 61784-2 a IEC 61158
- vyvinutý organizací PROFIBUS & PROFINET International
- **PROFINET RT** je určen pro běžné aplikace v reálném čase (cykly v řádu ms)
- **PROFINET IRT** umožňuje synchronizaci a determinismus (cykly < 1 ms), vhodné např. pro řízení pohonů

Profinet (2)

- Využívá standardní Ethernet (IEEE 802.3) s rozšířeními pro řízenou komunikaci
- Integrace existujících sítí **PROFIBUS** přes proxy mechanismy
- Podpora bezpečnostních funkcí prostřednictvím *PROFIsafe*
- Diagnostické a konfigurační nástroje dobře integrovány do inženýrských systémů (např. TIA Portal)

EtherNet/IP

- EtherNet/IP patří mezi sítě využívající na aplikační vrstvě (dle OSI nebo TCP/IP) protokol **CIP™** (*Common Industrial Protocol*) pro průmyslové sítě; umožňuje komunikaci mezi ovládacími prvky a vstupy/výstupy jednotlivých zařízení.
- Podporuje cyklickou i acyklickou komunikaci
- Dobře škálovatelný pro různě velké automatizační systémy
- Vhodný pro **řízení, monitoring i integraci** s IT systémy
- Používán převážně v Severní Americe, zejména v systémech *Rockwell Automation*

EtherCAT

- EtherCAT *Ethernet for Control Automation Technology*
- EtherCAT je technologie průmyslového Ethernetu v reálném čase,
- původně vyvinutá společností Beckhoff Automation.
- standard IEC-61158
- je vhodný pro tvrdé i měkké požadavky na reálný čas (hard- a soft real-time)

Modbus TCP (1)

- Modbus TCP běží nad standardními sítěmi Ethernet a využívá protokol TCP/IP pro přenos dat.
- **Master/Slave** architektura: mezi jedním klientem (master) a jedním nebo více servery (slave).
- Klient iniciuje požadavky, server odpovídá.
- TCP Port 502 je oficiálně vyhrazen pro Modbus komunikaci.
- Snadná implementace: jednoduchý rámcový formát (*Modbus Application Protocol*)

Modbus TCP (2)

- Kompatibilita s Modbus RTU: Modbus TCP používá stejný aplikační protokol jako Modbus RTU, liší se pouze transportní vrstvou.
- Jednoduchá *diagnostika* — lze snadno analyzovat pomocí běžných síťových nástrojů jako Wireshark.
- Rozšířený průmyslový standard, dostupný v širokém spektru PLC, I/O modulů, převodníků a softwarových řešení.



Není vhodný pro aplikace vyžadující tvrdý reálný čas.

POWERLINK (1)

- **POWERLINK** je otevřený standard organizace *Ethernet POWERLINK Standardization Group (EPSG)* rozšířením standardního Ethernetu (IEEE 802.3) pro použití v průmyslových aplikacích, které vyžadují přesné časování a determinismus — např. balicí stroje, tiskové linky, CNC stroje.
- Založen na Ethernetu, ale rozšiřuje jej o mechanismus řízené komunikace (*Time-Slot Scheduling*), čímž eliminuje kolize a zpoždění typická pro standardní Ethernet.
- Síť obsahuje *řídicí uzel* (MN – Managing Node), který řídí komunikaci v rámci sítě, a *podřízené uzly* (CN – Controlled Nodes), které komunikují podle harmonogramu.

POWERLINK (2)

- Cyklická a acyklická komunikace umožňující kombinaci pravidelné výměny dat s možností zasílání asynchronních zpráv bez narušení determinismu.

- Existuje i varianta *OpenSafety*, která umožňuje bezpečnostní komunikaci po stejné síti bez nutnosti oddělené sběrnice.
- Má *distribuované hodiny* pro přesnou synchronizaci zařízení v řádu nanosekund.

Průmyslové počítače

- **Odolné** výpočetní jednotky pro nasazení v náročných prostředích
- Navrženy pro **nepřetržitý a bezobslužný** provoz
- Vysoká spolehlivost a stabilita i v **extrémních podmínkách**
- Typicky **bez ventilátorů** a jiných pohyblivých částí

Klíčové vlastnosti

- Mechanická **odolnost** proti vibracím, prachu, vlhkosti, agresivní atmosféře
- Rozšířený **teplotní rozsah** (např. -40 °C až +85 °C)
- Průmyslové **napájení** (často 9–36 V DC)
- Dlouhodobá dostupnost a **podpora** (typicky 5–15 let)
- Lepší podpora **průmyslových protokolů** a **rozhraní** (RS-232, CAN, Modbus)

Typy průmyslových počítačů

Panel PC	Zařízení s integrovaným dotykovým displejem, často pro obsluhu strojů nebo vizualizaci procesů.
Box PC	Kompaktní výkonné jednotky bez displeje, vhodné pro montáž do rozvaděčů nebo skříní, často modulární.
Embedded PC	Velmi malé vestavné systémy, integrované přímo do strojů nebo zařízení, optimalizované pro specifické úlohy.
Rackové systémy	Výkonné průmyslové počítače určené pro montáž do 19" racků, často s možností redundantního napájení a rozšíření.

Panel PC - mobilní datový terminál

Příklad dnes běžných parametrů výkonu a vybavení:

- 7palcový displej **LCD** (1024 x 600),
- dotyk **PCT touch**
- Procesor **Qualcomm® Snapdragon**™ 660 Octa-Core, 1,9 GHz
- Paměť **3 GB LPDDR4** SDRAM
- Zvuk/video: Konektor pro audio náhlavní soupravu x 1 Interní vstup pro mikrofon x 2"

Panel PC - parametry (2)

- Úložiště: **32 GB eMMC** úložiště + Slot Micro SD

- Sériový vstup/výstup **RS-232** s podporou napájení, **RS-232/422/485**
- **USB** 2.0, USB 3.1 typ C
- podporován režim **DisplayPort-Alt**
- Sběrnice **CAN Raw** DI x 2, DO x 2

Panel PC - parametry (3)

- **Gigabit Ethernet** (RJ45)
- Slot pro SIM kartu, vestavěná **4G LTE** s interní anténou
- WLAN Vestavěný **IEEE 802.11ac** 2x2 MU-MIMO s interní anténou
- Vestavěný Bluetooth V5.0 s interní anténou
- **NFC** vestavěný s interní anténou

Panel PC - parametry (4)

- Vestavěný přijímač **GNSS Senzor**
- Vestavěný **3-osý G-senzor**, **světelný** senzor
- Stupeň krytí **IP65**
- Napájení **9~36 VDC** a interní baterie 3,6 V, 1950 mAh
- Operační systém **Android 9.0** s certifikací GMS

Použití průmyslových počítačů | level 0

0.Field level:

- Úroveň senzorů a akčních členů: senzory, čidla, ventily, pohony.
- Použití průmyslových počítačů minimální až žádné; vyskytují se zde jednodušší jednoúčelová "neinteligentní" zařízení



Obr. 1. Panelový počítač, zdroj: https://eshop.elvac.eu/panelove-pocitace

Použití průmyslových počítačů | level 1

1.Control level:

- Úroveň řízení: PLC, distribuované I/O, kompaktní řídicí jednotky.
- Použití průmyslových počítačů: **embedded nebo boxové počítače** mohou fungovat jako softwarové PLC;řízení a vizualizace v jednom zařízení.



Obr. 2. Vestavný počítač, zdroj: https://eshop.elvac.eu/vestavne-pocitace

Použití průmyslových počítačů | level 2

2.Supervisory level:

- Úroveň vizualizace a dohledu (HMI/SCADA): operátorské panely, SCADA servery.
- Použití průmyslových počítačů: typicky **panelové a boxové počítače**; obsluha, vizualizace, alarmy, záznamy trendů.



Obr. 3. Počítač na DIN liště, zdroj: https://www.elvac.eu/news/drpc-140-ehl-vestavny-pocitac-na-din-listu/

Použití průmyslových počítačů | level 3

3.Production level:

- Úroveň výrobního řízení (MES): servery, databázové uzly, MES systémy.
- Použití průmyslových počítačů: **výkonné rackové nebo boxové průmyslové počítače** pro plánování výroby, sledování produkce, optimalizace.

Použití průmyslových počítačů | level 4

4.Enterprise level:

- Podniková úroveň (ERP, cloud): datová centra, podnikové servery.
- Použití průmyslových počítačů *není nutné*, spíše klasická IT infrastruktura.



Obr. 4. Počítač (server) do 19" racku, zdroj: Hewlett Packard Enterprise

Na další kapitolu: Shrnutí

HTML · Slides · PDF | Přehled předmětu