

Kybernetické systémy





PŘEDSTAVENÍ 4. PRŮMYSLOVÉ REVOLUCE

Následující materiál vznikl v rámci evropského projektu „Průmysl 4.0 - INTRO 4.0“, který je financován Evropskou unií. Jeho cílem je představit Průmyslu 4.0. v evropském kontextu.

Obsah výukových materiálů poskytuje nejdůležitější informací o Průmyslu 4.0 široké skupině osob zahrnující: učitele (odborného vzdělání a přípravy a vysokých škol), vzdělávací zařízení, zaměstnavatele, zaměstnance, širokou veřejnost a osoby podílející se na inovačních přístupech.

Uvedené informace vycházejí ze zprávy „Současného stavu Průmyslu 4.0“ a ze „Souhrnné zprávy odborných rozhovorů/dotazníků a specifického výzkumu ve zpracovatelském průmyslu“, na jejichž tvorbě se podíleli všichni partneři projektu.

OBSAH

2	Obsah a cíle studia	13-14	Přínosy pro společnosti
3	Úvod	15-16	Budoucí vývoj
4-5	Co znamená CPS?	17-19	Pokročilé informace
6-10	K čemu slouží CPS?	20	Vzdělávání
11-12	Osvědčené postupy	21	Literatura a osobní přínos



OBSAH PŘÍNOSNÝ PRO
SPOLEČNOSTI



OBSAH PŘÍNOSNÝ PRO
ŠIROKOU VEŘEJNOST



CÍLE STUDIA

- ❖ Porozumět kybernetickému systému a možnostem jeho využití.
- ❖ Identifikovat jeho výhody.
- ❖ Pochopit potenciál a trendy v jeho použití.






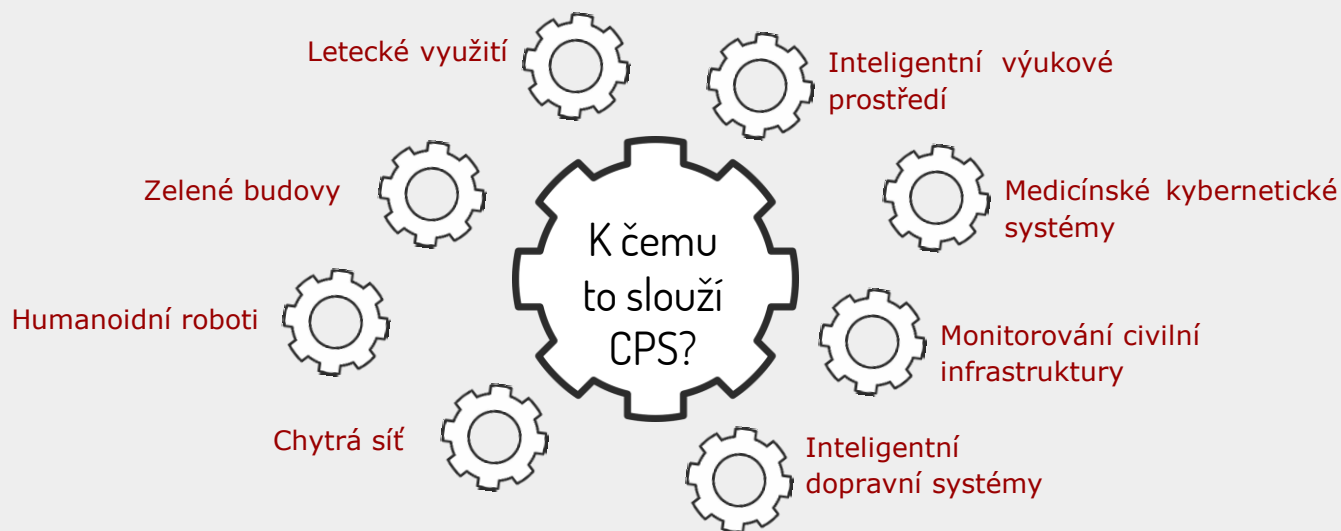
ÚVOD

Kybernetické systémy jsou klíčovým propojením naší moderní společnosti. Mohou zlepšovat kvalitu života občanů a konkurenceschopnost evropského průmyslu.



Cíle studia

-  Porozumět kybernetickému systému a možnostem jeho využití
-  Identifikovat jeho výhody
-  Pochopit potenciál a trendy v jeho použití



PŘÍNOSY



Technický potenciál kybernetických systémů usnadňuje vývoj inovativních obchodních modelů, které vyžadují rozsáhlé testování.

BUDOUCÍ VÝVOJ



CO JE CPS?



Kybernetické systém (CPS) je složen z fyzikálního systému a odpovídajících počítačových systémů, které jsou propojeny na všech stupnicích a úrovních.

V současném světě je mnoho objektů ovládáno počítači: automobily, budovy, výrobní stroje nebo dokonce hudební nástroje. V těchto případech počítače integrovány přímo s fyzickým světem, proto jsou nazývány „kybernetické systémy“ (CPS).

V našem každodenním životě spolupracujeme s mnoha složitými objekty a systémy. Prakticky všechny jsou ovládány počítači, které jsou integrovány se světem nejen prostřednictvím dotykové obrazovky, ale prostřednictvím přímých aktivit prováděných ve fyzickém světě. Nejběžnějšími kybernetickými systémy, které každý den vidíme, jsou moderní automobily, ve kterých počítače řídí nejen motor, ale také brzdění, stabilitu vozidla a často také řidiče podporují v plnění jeho úkolů.

Kybernetické systémy jsou dále přítomny v mnoha dalších prvcích našeho každodenního života, jako jsou energetika, továrny, automatizované sklady, jakož i letadla nebo vlaky. Všechny tyto fyzikálně podporované systémy mají **zásadní význam na kvalitu života** občanů a pro evropské hospodářství.



Kybernetické systémy jsou **velmi složité**, zejména pokud je třeba kombinovat několik CPS. To je například případ na letišti nebo ve velké továrně, kde musí mnoho strojů spolupracovat, aby dosáhly společného cíle. V tomto případě mluvíme o „kybernetických systémech systémů“, neboli CPSoS.



CO JE CPS?



Komplexní systémy je obtížné budovat a spravovat. Pokud dojde k selhání aplikace v telefonu, následky obvykle nejsou nijak výrazně špatné. Pokud však dojde k poškození rozhraní mezi dvěma výrobními stroji, může dojít až k zastavení výroby velkého závodu. V dopravních nebo zdravotnických systémech může být dokonce ohrožena fyzická bezpečnost lidí.

Samozřejmě zde existují různé inženýrské techniky, ale pro řízení budoucích CPS je zapotřebí jejich neustále zlepšování, které je udělá ještě více sofistikovanějšími jak pro naši kvalitu života, tak pro konkurenceschopnost evropského průmyslu.





K ČEMU SLOUŽÍ CPS?

Využití kybernetických systémů:

Zelené budovy:

Staré budovy spotřebovávají 70% vyrobené elektřiny a produkují škodlivé skleníkové plyny, což v důsledku vede ke skleníkovému efektu. Prostřednictvím integrované senzorové sítě, kognitivního vedení a řídicích systémů můžeme dosáhnout cíle Zero Net Energy.

Chytrá síť:

Chytrá síť je ekosystém, který zahrnuje hodnocení získaných informací, rozhodování a management, CPS je velmi často jeho součástí. Používají se jak na straně zákazníka, tak při výrobě, přenosu a distribuci. Ve výrobě řídí připojení sítě i provozní aspekty výroby elektřiny. CPS monitoruje podmínky a pečuje o stabilitu přenosových a distribučních sítí, které spojují konečné uživatele s chytrou sítí. Zajišťuje obousměrnou komunikaci a kontrolu mezi energetickou sítí a spotřebiteli.

Medicínské CPS:

Sítě bezdrátových senzorů shromažďují diagnostické informace, monitorují zdraví a podávání léků pacientům. Nezbytnou podmínkou pro integrace výpočetních, kontrolních mechanismů a důležitých lékařských informací je vysoký stupeň důvěry v tyto kybernetické systémy.

Inteligentní dopravní systém:

CPS v řízení silničního provozu vytváří prostředí, které nenarušuje přirozeně vzniklé geografické prvky ani člověkem vytvořené prvky, jako jsou mosty, tunely, vysoce rizikový svahový terén a další. Dopravní systém je připraven na obrovské množství vozidel, lidí a zboží pohybujících se na silnici. Řízení dopravy je realizováno přidáním a instalací velkého množství vyspělých elektronických zařízení a informačních systémů, které mají za cíl zlepšit provozní efektivitu a úroveň bezpečnosti dopravního systému.



K ČEMU SLOUŽÍ CPS?

Humanoidní roboti:

Mohou být využíváni při:

- I. péči o starší lidi v domácím prostředí
- II. vědeckém zkoumání podmořského prostředí, deštných pralesů, vesmírného prostředí a ochraně důležité infrastruktury
- III. osobních účelech
- IV. Zemědělské činnosti
- V. záchranných operacích a v nebezpečném pracovním prostředí

Inteligentní vzdělávací prostředí:

V inteligentním vzdělávacím prostředí lze využít CPS při shromažďování adekvátních informací o fyzickém prostředí, porozumění naměřeným údajům a k poskytování užitečných služeb pro studenty, zaměstnance a univerzity. Inteligentní vzdělávací prostředí může zásadně změnit způsob, jakým se lidé učí a pracují na univerzitách.

Monitorování civilní infrastruktury:

Mnoho stavebních inženýrů čelí problému týkající se stárnoucí infrastruktury, jako jsou přehrady, mosty, budovy atd. Obrovským příslibem pro přesné a nepřetržité sledování infrastruktury jsou senzory s optickými vlákny, mikroelektrické a mechanické senzory a bezdrátové komunikační technologie.

Aeronautické aplikace:

CPS v letectví se používají pro přístroje testující letový provoz, při komunikaci pilot-posádka, sledování strukturálního zdraví, pro testy během letu, pro bezdrátové kabiny nebo přistávání.



K ČEMU SLOUŽÍ CPS?

5C pro implementaci Průmyslu 4.0.

Průmysl 4.0 je pro budoucí vývoj důležitým tématem, proto jsou vytvářeny různé průřezové materiály o Průmyslu 4.0. Architektura 5C je příkladem vývoje Průmyslu 4.0 v závislosti na attributech CPS. Tato architektura je rozdělena do pěti úrovní: „Úroveň připojení“, „Úroveň převodu“, „Úroveň kybernetiky“, „Úroveň poznání“ a „Úroveň konfigurace“.

		<u>Hlavní atribut</u>	<u>Hlavní funkce</u>
5	Úroveň konfigurace	Vlastní konfigurace	Inteligentní výroba
4	Úroveň poznání	Včasné uvědomění	Prediktivní údržba
3	Úroveň kybernetiky	Ovladatelnost	Automatizovaný systém
2	Úroveň převodu	Informovanost	Zjišťování informací
1	Úroveň připojení	Přenositelnost	Hardwarové připojení

„Úroveň připojení“ se zaměřuje na vývoj hardwaru, který je realizován sensorovou sítí a bezdrátovou komunikací, další čtyři úrovně věnují pozornost implementaci řídicího systému a softwaru. Na **„úrovni převodu“** jsou pomocí nových technologií analýzy dat nezpracovaná data transformována na informace.

„Úroveň kybernetiky“ řídí celou síť prostřednictvím CPS.

„Úroveň poznání“ a **„úroveň konfigurace“** zapojují umělou inteligenci, která je považovaná za budoucí atributy výroby. Inteligentní výroba, reprezentovaná těmito dvěma úrovněmi, je hlavním cílem mnoha vědců, kteří se zabývají průmyslem 4.0. Při porovnání atributů těchto dvou úrovní a Průmyslu 4.0 je pro dosažení pokroku „úroveň poznání“ považována za nižší a „úroveň konfigurace“ za vyšší.



K ČEMU SLOUŽÍ CPS?

Pokud se tyto různé typy myšlenek (budoucí vize, příklady výzkumu a implementace) sloučí a shrnou, v rámci Průmyslu 4.0 bylo několik konceptů budoucí výroby odstraněno. Tyto koncepty jsou hlavními principy Průmyslu 4.0, zahrnují: interoperabilitu a vědomí. Principy zahrnují mnoho dílčích konceptů, interoperabilita se skládá z digitalizace, komunikace, standardizace, flexibility, odpovědnosti v reálném čase a přizpůsobitelnosti. Prediktivní údržba, rozhodování, inteligentní prezentace, sebevědomí, seberealizace a sebekonfigurace zahrnuje princip vědomí.

Hlavní myšlenkou interoperability je integrace, která je také klíčovým bodem IoT a CPS. Existují tři typy integrace Průmyslu 4.0, horizontální integrace, end-to-end integrace a vertikální integrace. Tyto tři typy integrace představují tři dimenze typu peer to peer, horizontální integrace podnikových hodnot, integrace typu end-to-end napříč produktovým řetězcem, vertikální integrace prostřednictvím výrobního systému.

Dalším hlavním principem návrhu Průmyslu 4.0 je vědomí. Na základě tohoto konceptu vyžaduje průmysl 4.0 inteligentní výrobu, která rozvíjí znalosti, přijímá rozhodnutí a provádí akci nezávisle a inteligentně. Tyto výsledky jsou analyzovány ze sběru nezpracovaných dat z výrobních sítí pomocí špičkových inteligentních technologií. Tyto dva hlavní principy návrhu spolupracují při pokroku v Průmyslu 4.0. Interoperabilita zřídila několik propojených sítí jako spolehlivé prostředí Průmyslu 4.0, vědomí nabízí Průmyslu 4.0 základ pro umělé inteligentní funkce.



K ČEMU SLOUŽÍ CPS?

Kybernetické systémy jsou hybridní síťové kybernetické a umělé fyzikální prvky, které jsou navrženy tak, aby vytvářely přizpůsobivé a prediktivní systémy pro vyšší výkon.

Základní vlastnosti CPS:

- Vytváření synergického efektu prostřednictvím kybernetických, inženýrských a lidských prvků považovaných za integrální součásti celkového systému.
- Možnost vzdělávání se a predikce pro účely lepšího rozhodování pomocí integrace hlubokých modelů založených na fyzice a digitálním světě (např. diagnostika, prognostika) a autonomních funkcích.
- Standarty založené na systémovém inženýrství poskytující modularitu a lepší přizpůsobení se, systémy produktů a komplexní nebo dynamické aplikace.
- Reciproční smyčky zpětné vazby mezi výpočetními a distribuovanými snímacími/ovládacími a monitorovacími/ovládacími prvky umožňující adaptivní více cílový výkon.
- Počítačové komponenty poskytující základ pro škálovatelnost, správu složitosti a odolnost.



U kybernetických systémů je klíčem k úspěchu důsledné zaměření se na zákazníka, a tedy uživatelská přívětivost a intuitivní používání.



OSVĚDČENÉ POSTUPY

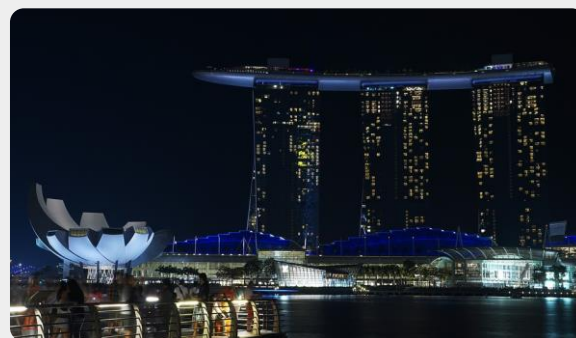


Smart Santander je rozsáhlý výzkumný projekt, který šíří tisíce senzorů po městě Santander ve Španělsku. Jeho účelem je vytvořit inteligentní řešení a zlepšit různé aspekty života ve městě, jako je například snížení dopravy, snížení spotřeby energie, zlepšení kvality životního prostředí a podpora účasti občanů. Projekt se dále snaží sdílet informace o životním prostředí a vyvíjet další užitečné aplikace. Výzkum také testuje, zda je možné snížit vzdálenosti mezi teoretickými návrhy inteligentních infrastruktur a přijetím praktických aplikací v reálném prostředí. Výsledky testu by mohly v budoucnu pomoci zvýšit šíření internetu věcí (IoT) a CPS.



Singapur, který byl po mnoho let označován jako nejchytřejší město na světě, se stává vedoucím státem při zavádění inteligentních infrastruktur a poskytování kvalitních služeb. Singapur je jedním z nejdůležitějších obchodních center na světě, má jeden z nejrušnějších přístavů a disponuje pátým největším letišťem v Asii. Singapur očekává, že vytvoří první inteligentní národ na světě, který ekonomicky poroste, uspokojí potřeby obyvatel a bude příkladem pro další národy. Pochopení jeho fungování je možné na základě těchto uvedených bodů:

- Lepší politiky fungující v různých kontextech
- Vývoj nových obchodních modelů a toků příjmů, které mohou posílit hospodářský růst
- Zvýšení účasti aktivních občanů na vytváření kvalitních služeb, které mohou zlepšit každodenní život komunity





OSVĚDČENÉ POSTUPY



Značka, pod kterou Google působí, právě uvedla na trh prvních sto kusů Chrysler model Pacifica. Vůz, který se právě testuje, může fungovat bez řidiče a má veškeré příslušné licence.

Google již sedm let pracuje v oblasti autonomního automobilismu a jako první dokončil cestu autem bez řidiče. Od té doby, co se obrátil k vývoji autonomního automobilu, ujel vůz více než jeden milion kilometrů.



Příklady vedoucích společností:

FORTINET

FIRE EYE

leidos

sparkcognition

DARKTRACE

haystax

THETARAY

INTRINSIC ID

Echosec

AVIRTEK
Smarter Cyber Resilience



PŘÍNOSY PRO SPOLEČNOSTI



Integrace

Integrace cloudových a bezdrátových senzorových sítí je důležitou součástí systémů CPS. CPS poskytuje síťové integrace, jako jsou techniky řízení přístupu k médiím a jejich účinky na dynamiku systému, middleware a software, které zajišťují koordinaci přes síťovou kontrolu nad načasováním síťových transakcí a tolerancí poruch.

Spolupráce člověka a systému

Při rozhodování je důležité vytváření a měření situačního uvědomění - vnímání systému a jeho změn v lidském prostředí.



PŘÍNOSY PRO SPOLEČNOSTI

Vypořádávání se s nejistotou

Jistota je důležitá při dokazování, že návrh je platný a důvěryhodný. Kybernetické fyzikální systémy se mohou vyvíjet a pracovat s novým a nespolehlivým prostředím.

Lepší výkonost systémů

CPS je schopen poskytovat lepší výkon, pokud jde o zpětnou vazbu a automatický redesign s těsnou interakcí senzorů a počítačové infrastruktury.

Škálovatelnost

Jako součást cloud computingu je CPS schopen poskytovat uživatelům zdroje podle jejich požadavků.

Flexibilita

CPS může poskytnout více zařízení než WSN a Cloud Computing samostatně.

Rychlejší doba odezvy

CPS zvyšuje rychlost doby odezvy a usnadňuje včasné odhalení selhání, správné využití zdrojů, jako je šířka pásma.

„Intelligence“ a síťové objekty (například pomocí technologie RFID) se používají hlavně v obchodě a logistice.



Cyber Physical Systems jsou inteligentní systémy, které zahrnují slučování a integraci systémů průmyslového řízení, kritických infrastruktur, internetu věcí (IoT) a vestavěných systémů.



BUDOUCÍ VÝVOJ



Aby mohly být kybernetické systémy a inteligentní města úspěšná, musí lidé změnit styl uvažování a více se zapojit do dění ve městech. Důležitým zdrojem jsou aktivně fungující komunity, které mohou agregovat distribuované znalosti každého jednotlivce a mohou posílit synergické aktivity, které povedou k lepšímu fungování služeb města.

Technologie umožňují distribuované výpočty a crowdsourcing, sdílení informací mezi uživateli a budování kolektivní inteligence. Kolektivní inteligence je jedním z klíčů k úspěchu CPS a inteligentních měst. Kolektivní inteligence využívá crowdsensing pro kooperativní monitorování městského prostředí. Zaměřuje se také na kooperaci za účelem účinného plnění úkolů obecného zájmu.

Z technického hlediska je stále třeba vyřešit mnoho náročných úkolů, alespoň efektivním a průmyslově použitelným způsobem. Některé z výzev jsou:

Heterogenita dat. Heterogenita dat je významným problémem, který může ovlivnit výkon komunikace a návrh komunikačních protokolů. Systémy musí být schopny podporovat velké množství různých aplikací a zařízení.

Důvěryhodnost. CPS jsou vhodné pro použití v oblastech, jako je zdravotnictví, infrastruktura, doprava a mnoho dalších. Spolehlivost a bezpečnost jsou základní požadavky, protože pohony ovlivňují životní prostředí. Ve skutečnosti může být dopad pohonů v některých případech i nevratný, a proto by měla být minimalizována přítomnost neočekávaného chování. Prostor navíc nelze předvídat, CPS tedy musí fungovat i za neočekávaných okolností a v případě selhání se musí přizpůsobovat.



BUDOUCÍ VÝVOJ



- **Správa dat.** Je nutné ukládat a analyzovat data z různých připojených zařízení, zpracovávat je a zobrazovat výsledky. Data lze spravovat pomocí offline nebo online zpracování toku v závislosti na cíli systému. Zejména u online streamu se informace mohou často měnit v reálném čase a jsou založeny na adaptivních a nepřetržitých dotazech.
- **Soukromí.** Úkolem je vybalancovat obavy o soukromí a kontrolu osobních údajů s možností přístupu k údajům za účelem poskytování lepších služeb. Protože CPS spravují velké množství dat, včetně citlivých informací, jako je zdraví, pohlaví, náboženství a mnoho dalších, vyvstávají významné problémy týkající se ochrany osobních údajů. CPS vyžadují zásady ochrany osobních údajů, aby vyřešily problémy s ochranou osobních údajů, a proto je třeba, aby nástroj pro správu anonymizace dat měl anonymizované informace dříve, než je systém zpracuje.
- **Bezpečnost.** CPS musí zajistit bezpečnost během komunikace, protože všechny akce mezi zařízeními jsou koordinovány v reálném čase. Jak CPS rozšiřují a zvyšují interakce mezi fyzickými a kybernetickými systémy, bezpečnostní problémy ovlivňují více CPS. Tradiční bezpečnostní infrastruktury nestačí k vyřešení problému a je třeba najít nová řešení. Problémy s bezpečností jsou kritická pro nová data a uložená data, která byla shromážděna pro budoucí použití. Konečně jsou CPS založeny na heterogenních aplikacích a bezdrátové komunikaci, které často vyvolávají kritické bezpečnostní problémy.
- **Reálný čas.** CPS spravují velké množství dat, která jsou odvozena ze senzorů. Výpočty musí pracovat efektivně a včas, protože fyzické procesy probíhají nezávisle na výsledcích výpočtů. Pro splnění tohoto požadavku musí CPS zajistit, aby měly šířku pásma nebo kapacitu systému potřebnou ke splnění časově kritických funkcí, protože v realitě může selhání způsobit trvalé poškození.



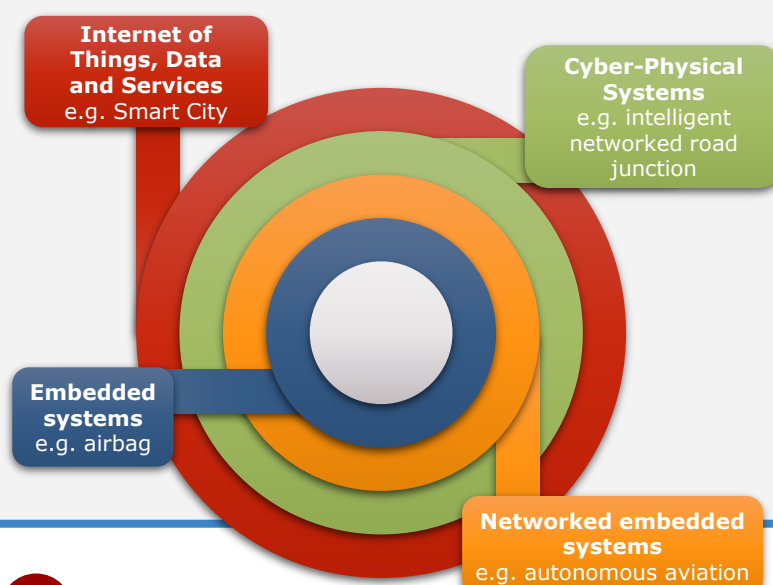
POKROČILÝ OBSAH

Jaký je rozdíl mezi kybernetickým systémem a internetem věcí?

Internet věcí používá speciální senzory (např. kamery nebo RFID čtečky) k identifikaci produktů a materiálů. Tyto produkty a materiály obsahují specifické informace, například o tom, co by se s nimi mělo dít. To znamená, že mohou komunikovat s výrobními systémy nebo systémy toku materiálu a sdělit, jaký by měl být další krok ve výrobním procesu. Tato technologie tak odstraňuje jakoukoli potřebu zapojení lidí.

Kybernetické systémy jsou mechanické a elektrické systémy (např. Senzory a komunikační nástroje) zabudované do produktů a materiálů propojeny pomocí softwarových komponent. Výsledkem je úplné sloučení virtuálního a fyzického světa. Kybernetické systémy využívají sdílené znalosti a informace z procesů k nezávislému řízení logistických a výrobních systémů. Jsou tedy mostem, který spojuje internet věcí s vyššími službami - známými jako internet služeb.

V tomto virtuálním světě poskytovatelé softwaru, poskytovatelé služeb, makléři a uživatelé spolupracují na vývoji flexibilních aplikací, které mohou být dynamicky vzájemně propojeny. Máme-li dosáhnout cílů čtvrté průmyslové revoluce, musí vědci přijmout jak internetové fyzikální systémy, tak základní myšlenku a technologie za internetem věcí.





POKROČILÝ OBSAH

Dopad kybernetických systémů ve městech

Inteligentní města lze chápat jako rozsáhlé kybernetické systémy se senzory monitorujícími kybernetické a fyzické indikátory, které nějakým způsobem dynamicky mění složité městské prostředí. Vlády, organizace a technologický průmysl se potýkají s výzvami zvýšené urbanizace a snaží se zlepšit městský život tím, že nabízí například vyšší efektivitu využití energie nebo služeb.

Podle revizní zprávy OSN o populačních vyhlídkách z roku 2014, *United Nations Population Prospects*, městské obyvatelstvo světa neustále roste. V roce 2014 žilo 54% světové populace v městských oblastech a nadcházející desetiletí přinese další výrazné změny ve velikosti a prostorovém rozložení světové populace. V roce 1950 žilo 30% světové populace ve městech; do roku 2050 se předpokládá, že to bude 66% světové populace.





POKROČILÝ OBSAH

Bezpečnost kybernetických systémů:

Abychom zajistili bezpečnost kybernetických systémů, musíme se zabývat dvěma základními vědeckými výzvami. Nejprve musíme uvažovat o diskrétnosti a spojitosti současně. Naštěstí došlo v této oblasti ve formálním ověřování za posledních 20 let k velkému pokroku. Jedním přístupem je modelování kybernetického systému jako hybridní autonomní jednotky, kde je chování každého státu definováno sadou diferenciálních rovnic nad spojitými proměnnými. Technologie kontroly modelu může být aplikována na hybridní autonomní jednotky, takže je možné prokázat vlastnosti a najít chyby.

Dalším přístupem je psaní logických vzorců popisujících chování hybridního systému a použití technologie dokazování věty k prokázání vlastností z těchto vzorců. Příkladem vhodné logiky, ve které lze takové vzorce psát, je diferenciální dynamická logika vyvinutá v poslední dekádě spolu s bohatou podporou nástrojů. Aktivní výzkum řeší škálovatelnost těchto technik, protože v současné době podporují pouze desítky stavových proměnných, zatímco počítačový systém je obvykle řádově větší.

Kybernetické systémy disponují určitou dávkou nejistoty. Tato nejistota je způsobena vnějšími podmínkami, které systém nemá pod kontrolou: příroda, např. zemětřesení, hurikány a sněhové bouře nebo nepředvídatelnost člověka.

Toto je příklad samoorganizující se továrny, která je konfigurována a plně organizována a reaguje na měnící se požadavky a ve kterém lidé a stroje dokonale spolupracují.

<https://youtu.be/wro3uoHR-ZY>



VZDĚLÁVÁNÍ



Vzhledem k povaze CPS zahrnuje studium několik různých oborů, jako je softwarové a hardwarové inženýrství, výpočty, řízení, komunikace, snímání a ovládání. Výsledky ukazují, že CPS byly úspěšně nasazeny v inteligentní síti a dalších „inteligentních“ aplikacích.

MOOCS:

- ❑ [Cyber-Physical Systems: Modeling and Simulation - Coursera](#)
- ❑ [Homeland Security & Cybersecurity Connection - Coursera](#)
- ❑ [Embedded Hardware and Operating Systems - Coursera](#)
- ❑ [Web Connectivity and Security in Embedded Systems - Coursera](#)

EXTERNÍ MANUÁLY POSKYTUJÍCÍ DALŠÍ INFORMACE:

- ❑ [Guide to Cyber-Physical Systems Engineering](#)
- ❑ [Cyber-Physical System Security for the Electric Power Grid](#)



LITERATURA

- ❖ *Cyber-Physical Systems*. Retrieved from <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/policies/cyber-physical-systems>
- ❖ *Cyber-physical-social system in intelligent transportation*. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/7152667>
- ❖ Meenakshi Bhrugubanda (2015). *Review on Applications of Cyber Physical Systems*. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/275d/2d701b930a7f165082678b1feac284a5e7ba.pdf>
- ❖ Jian Qin, Ying Liu, Roger Grosvenor (2016). *A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>
- ❖ Alessandro Zanni (2015). *Cyber-physical systems and smart cities*. Retrieved from <https://developer.ibm.com/articles/ba-cyber-physical-systems-and-smart-cities-iot/>
- ❖ Christopher Kirsch - IDEAS 2020. Questions and Answers. Retrieved from <http://www.ideen2020.de/en/2993/whats-the-difference-between-cyber-physical-systems-and-the-internet-of-things/>
- ❖ Systems that integrate the cyber world with the physical world are often referred to as cyberphysical systems (2013). Retrieved from <https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/el/Exec-Roundtable-SumReport-Final-1-30-13.pdf>
- ❖ Jeannette M. Wing (2016). *Cyber-physical systems you can bet your life on*. Retrieved from <https://www.microsoft.com/en-us/research/blog/cyber-physical-systems-you-can-bet-your-life-on/>



OSOBNÍ PŘÍNOS



- ★ Mám již jasnou představu, co je kybernetický systém?
- ★ Jak mohu v rámci své společnosti začlenit kybernetický systém?



- ★ Mohu vyjmenovat alespoň čtyři příklady kybernetických systémů?
- ★ Umím rozlišit internet věcí od kybernetického systému?



PŘEDSTAVENÍ 4. PRŮMYSLOVÉ REVOLUCE

Tento projekt byl realizován za finanční podpory Evropské unie. Za obsah publikací odpovídá výlučně autor. Publikace nereprezentují názory Evropské komise a Evropská komise neodpovídá za použití informací, jež jsou jejich obsahem.