

# INTERNET VĚCÍ A PRŮMYSL 4.0

Autor: Jakub Foltán

Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně  
Ústav automatizace a informatiky  
Technická 2896/2, Brno 616 69, Česká republika  
Jakub.Foltan@vutbr.cz

*Abstrakt: Průmysl 4.0 je v současné době nový standart pro efektivní a automatizovanou výrobu. Cílem čtvrté průmyslové revoluce je proměnit tradiční průmysl na inteligentní pomocí implementace inovativních technologií. Ty mají celý proces výroby digitalizovat a sledovat v reálném čase a tím celou výrobou zefektivnit. Internet věcí je stále se rozvíjející technologie, která tomuto trendu napomáhá. Tato práce se zabývá stručným vývojem průmyslu, objasněním pojmu internetu věcí a použití internetu věcí v průmyslu.*

**Klíčová slova:** *Průmysl 4.0, internet věcí (IoT), architektura IoT, technologie IoT, Industriail IoT*

## 1 Úvod

Dlouhodobě a celosvětově se zvedá poptávka po produktech v podstatě ve všech odvětvích průmyslu. Společnosti tak musí hledat cestu, jak zvýšit svoji produktivitu a kvalitu svých výrobků. Proto využívají nové technologie, které monitorují data, sledují výrobní procesy a v reálném čase upravují parametry pro optimální výrobu. To ovšem klade velké nároky na propojení všech systému, senzorů a strojů a dalších zařízeních, ze kterých je potřeba zpracovávat data a ukládat data. Toho lze dosáhnout použitím internetu věcí.

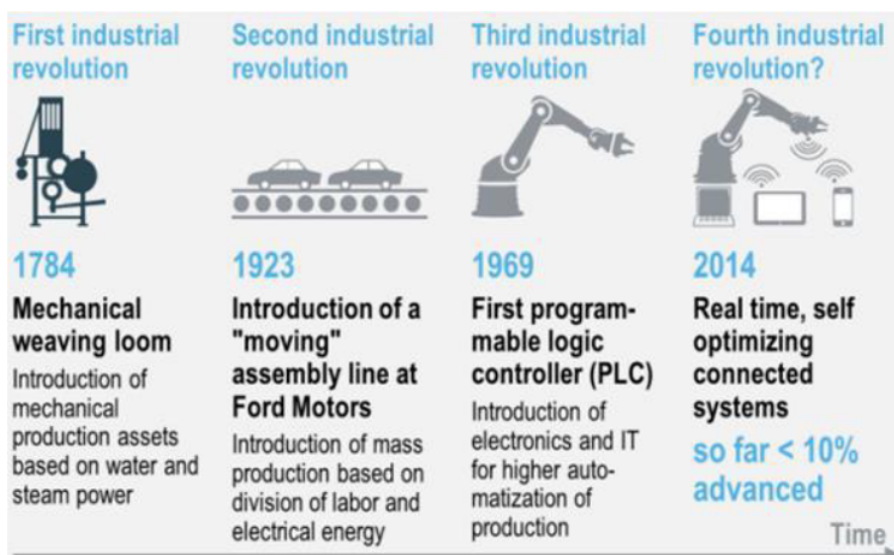
## 2 Vývoj průmyslu

Vývoj průmyslu probíhá od 18. století kdy proběhla 1. průmyslová revoluce. V tomto období, kdy se většina práce dříve vykonávala ručně, se začalo využívat strojů. Tato revoluce začala ve Velké Británii a postupně se rozšiřovala po celém světě. Tento pokrok byl umožněn především díky objevu parního stroje, který byl základním pohonem pro většinu strojů. Zároveň se začalo investovat a provádět výzkum v oblasti základních a aplikovaných věd a tím byl umožněn další pokrok.[1][2]

Základem 2. průmyslové revoluce bylo zavedení elektřiny a hromadných výrobních linek. Tato revoluce začala na počátku 20. století. Nejznámějším příkladem je zavedení výrobní linky Henryho Forda pro výrobu jeho aut. Dříve probíhala výroba tak, že se vyrábělo jen jedno auto a až po jeho kompletním vyrobění se začalo vyrábět další. Po zavedení výrobní linky se auta začali vyrábět stylem jakým známe dnes, kdy se vyrábí několik aut současně.[1][2]

3. průmyslová revoluce začala v 70. letech 20. století, kdy se začali mechanické a elektrické výrobní stroje obohacovat o elektronická zařízení, které lze programovat. Nejčastěji se jednalo o programovatelné logické automaty (PLC).[1][2]

Na počátku 21. století začal další vývoj průmyslu, který se také označuje jako průmysl 4.0. Definice průmyslu 4.0 je více, ale obecně lze říct, že jde o propojení výroby s různými senzory, počítači a tím dosáhnout digitalizace výrobního procesu, který lze sledovat a optimalizovat v reálném čase. Dalším důležitým pilířem průmyslu 4.0 je omezit negativní především enviromentální, ale i ekonomický a sociální dopad.[3]



Obr. 1: Průmyslové revoluce [4]

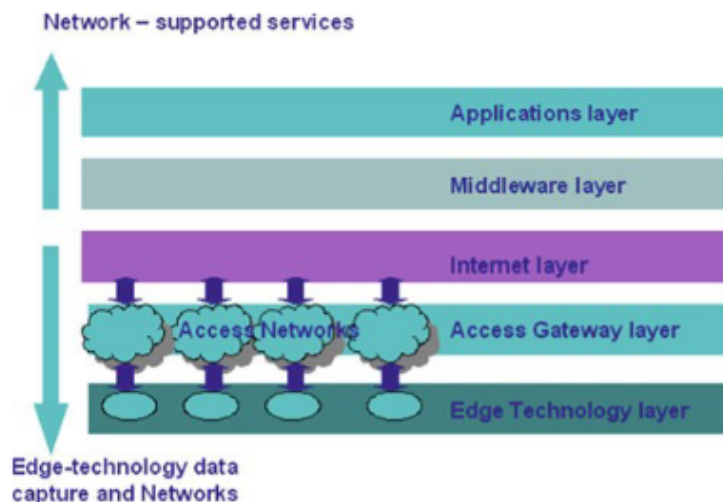
### 3 Internet věcí

V poslední době je takřka nemožné se nesetkat s pojmem internet věcí (IoT). Přestože se tento pojem šíří stále častěji, zatím neexistuje žádná společná definice ani chápání toho, co vlastně internet věcí zahrnuje. Například Mezinárodní telekomunikační unie nyní definuje internet věcí jako globální infrastrukturu pro informační společnost, která umožňuje pokročilé služby propojením (fyzických a virtuálních) věcí na základě stávajících a rozvíjejících se interoperabilních informačních a komunikačních technologií. Co ovšem má pevnější základy jsou rámce a standarty, které pro internet věcí vznikají.[5]

#### Architektura internetu věcí

Implementace internetu věcí je založena na několika vrstvách (obr. 2). Od vrstvy po sběr dat až po aplikační vrstvu. Architektura založená na jednotlivých vrstvách je navržena tak, aby splňovala požadavky různých průmyslových odvětvích, podniků, vlád, atd. Funkce jednotlivých vrstev jsou popsány dále:

- **Edge Technology layer:** Jedná se o hardwarovou vrstvu, které tvoří senzory, vestavěné systémy, RFID tagy a čtečky atd. Mnohé z těchto hardwarových prvků zajišťují identifikaci a ukládání informací (RFID tagy), sběr informací (senzorové sítě), zpracování informací, komunikaci, řízení a ovládání.
- **Access Gateway layer:** Na této vrstvě probíhá první fáze zpracování dat. Stará se o směrování zpráv, publikování a v případě potřeby také komunikaci mezi platformami.
- **Internet layer:** Jde o prostřední vrstvu, která slouží jako společné komunikační médium
- **Middleware layer:** Jde o jednu z nejdůležitějších vrstev, která pracuje v obousměrném režimu. Funguje jako rozhraní mezi hardwarovou vrstvou a aplikační vrstvou. Odpovídá za kritické funkce jako je správa zařízení a informací, a stará se také o záležitosti jako je filtrování dat, agregace, analýza, řízení přístupu, atd.
- **Applications layer:** Tato vrstva je zodpovědná za poskytování dat různým aplikacím a uživatelům.[6][7]



Obr. 2: Architektura IoT[6]

## Technologie

Internet věcí byl původně inspirován členy komunity RFID a právě tuto technologii spolu s Near Field Communication (NFC) z počátku používali. Postupem času se se technologie použitelné pro internet věcí začali rozšiřovat. Dále jsou stručně představeny nejpoužívanější technologie pro IoT:

### 3.0.1 Radiofrekvenční identifikace (RFID)

RFID je systém bezdrátového přenosu identity objektu pomocí rádiových vln ve formě sériového čísla. Poprvé tato technologie byla použita za 2. světové války v Británii pro identifikaci přátelských vojsk. Technologie RFID hraje důležitou roli internetu věcí při řešení problémů s identifikací. Lze ji rozdělit do tří kategorií podle způsobu zajištění napájení na: Aktivní RFID, pasivní RFID a polopasivní. Hlavními součástmi RFID technologie je tag, čtečka, anténa, přístupový radič, software a server. Výhodou této technologie je její spolehlivost, bezpečnost, přesnost a cena.

### 3.0.2 Internetový protokol (IP)

Internetový protokol je základní síťový protokol používaný na internetu a slouží jako hlavní komunikační protokol pro přenos datagramů přes hranice sítě. Používají se 2 verze: IPv4 a IPv6. Vzhledem k rozšířenosti, se obecným termínem IP adresy obvykle označují adresy definované protokolem IPv4. V současnosti naráží standart protokolu IPv4 na svá technická omezení v podobě počtu možných adres, který činí 4,3 miliardy. Je tedy nevyhnutelné, že časem bude třeba používat především protokol IPv6, který již poskytuje 85 000 bilionů adres.

### 3.0.3 Elektronický kód výrobku (EPC)

Elektronický kód je 64bitový nebo 98bitový kód elektronicky zaznamenaný na štítku RFID a je určen k vylepšení čárových kódů. Kód EPC může uchovávat informace o typu, jedinečném sériovém čísle výrobku, jeho specifikace, informace o výrobci, atd. Kód EBC byl vyvinut střediskem Auto-ID v MIT v roce 1999.

### 3.0.4 Čárový kód

Čárový kód je pouze jiný způsob kódování čísel a písmen pomocí kombinace čar a mezer různé šířky. Existuje však i alternativy např. QR kód původně vyvinut pro automobilový průmysl v Japonsku. Čárové kódy jsou optické, strojově čitelné štítky, které zaznamenávají informace o daném objektu. V poslední době se QR kód značně rozšířil díky rychlosti čtení a kapacitě informací, kterou dokáže zaznamenat.

### 3.0.5 Wireless Fidelity (Wi-Fi)

Wi-Fi je síťová technologie, která umožňuje zařízením komunikovat prostřednictvím bezdrátového signálu. Předchůdce Wi-Fi byl vynalezen v roce 1991 společností NCR Corporation v Nizozemsku, kdy její první pro-

dukty pod názvem WaveLAN dosahovali rychlostí 1 - 2 Mb/s. Dnes je téměř všude přítomná síť Wi-Fi, která poskytuje vysokorychlostní připojení milionům domácností, kanceláří a veřejných míst. V současné době je nejnovějším standardem Wi-Fi 6 neboli IEEE 802.11ax, která se právě zaměřuje na optimalizaci pro IoT.

### 3.0.6 Bluetooth

Technologie Bluetooth je levná rádiová technologie s krátkým dosahem, která odstraňuje potřebu proprietární kabeláže. Její účinný dosah se pohybuje v rozmezí 10 - 100 metrů při menší rychlosti kolem 1 Mb/s.

### 3.0.7 ZigBee

ZigBee je jedním z protokolů vyvinutý pro senzorové sítě. Charakteristickými znaky této technologie jsou nízká cena, nízká rychlost přenosu dat, relativně krátký dosah (cca 100 metrů), škálovatelnost, spolehlivost a hlavně nízká spotřeba. Protokol ZigBee je široce používán v domácí automatizaci, digitálním zemědělství, průmyslovém řízení, lékařském monitorování a energetických systémech.

### 3.0.8 Near Field Communication (NFC)

NFC je soubor bezdrátových technologií krátkého dosahu na frekvenci 13,56 MHz, které obvykle vyžadují vzdálenost cca 4cm. Technologie NFC usnadňuje život především spotřebitelům v podobě provádění transakcí, výměně digitálního obsahu a propojování elektronických zařízení pouhým dotykem. Funguje v znečištěném prostředí, nevyžaduje přímou viditelnost, jde o snadný a rychlý způsob připojení. Rychlost výměny dat se pohybuje kolem 424 kb/s. Spotřeba energie při čtení dat pomocí NFC je nižší než 15 mA.

### 3.0.9 Bezdrátové sítě senzorů (WSN)

Síť WSN je bezdrátová síť tvořena prostorově rozmístěnými autonomními zařízeními, která používají senzory ke kooperativnímu sledování fyzikálních podmínek nebo podmínek prostředí, jako je teplota, zvuk, vibrace, tlak, pohyb, atd. Tvoří ji stovky nebo tisíce senzorů, které spolu komunikují a předávají si data. WSN je důležitým prvkem v paradigmatu internetu věcí a dostalo se jí pozoruhodné pozornosti v mnoha oblastech, jako je vojenství, průmysl, zemědělství, detekce lesních požárů aj.

### 3.0.10 Umělá inteligence (AI)

Umělá inteligence se týká především prostředí, která reagují na přítomnost lidí a mohla napomáhat v provádění každodenních činností. Vyznačuje se následujícími systémy charakteristik:

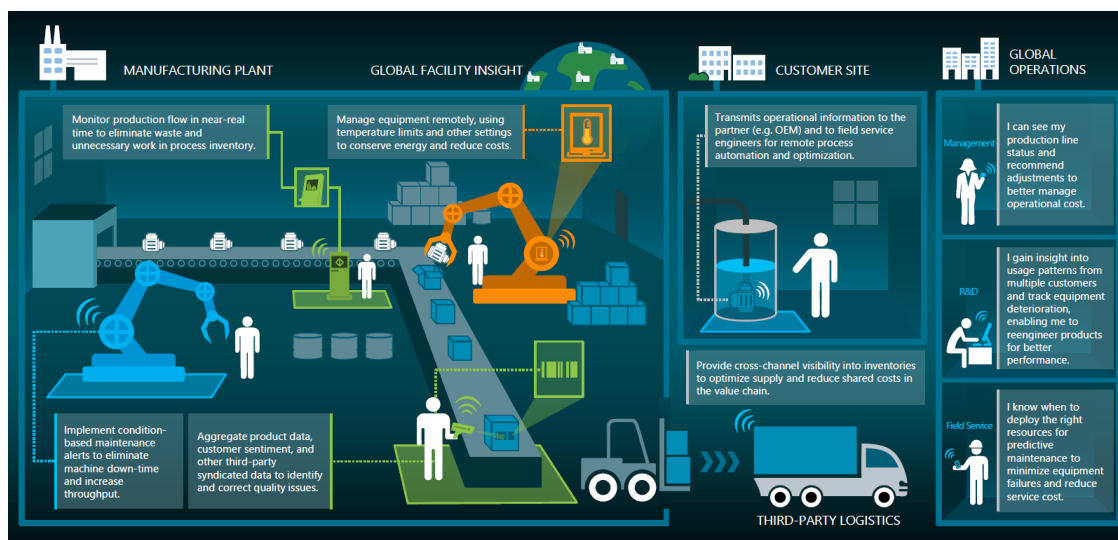
- Vestavěný: mnoho zařízení pracujících v síti je integrováno do systému
- Kontextově uvědomělý: Zařízení dokáží rozpoznat situační kontext
- Personalizované: Jsou přizpůsobeny vašim potřebám
- Adaptivní: Mohou se měnit v závislosti na reakci
- Anticipativní: Mohou předvídat vaše přání bez vědomého zprostředkování [8]

## 4 Internet věcí v průmyslu

Internet věcí v průmyslu se často označuje jako IIoT (Industry Internet of Things). IoT i IIoT používají stejné technologie a principy, rozdíl je ve využití těchto technologií.

Účelem aplikací internetu věcí je zajistit vzájemnou interakci zařízení v mnoha různých oblastech našeho života jako je zdravotnictví, podnikání, města, státní správa atd. Skvělým příkladem jsou například fitness náramky a chytré spotřebiče, kde obvykle nehrozí nějaké riziko pokud se něco pokazí.

V IIoT je však interakce zařízení a strojů v průmyslových odvětvích. V případě aplikace v tomto odvětví je v sázce velmi mnoho, pokud se něco pokazí. Selhání aplikace IIoT může potencionálně vést i k ohrožení života a značným finančním ztrátám. Aplikace IIoT se tedy zaměřuje především na zefektivnění jakýchkoliv průmyslových provozů při současném zajištění zdraví a bezpečnosti zúčastněných osob.[9]



Obr. 3: Internet věcí v průmyslu[10]

## Výhody nasazení IIoT

Hlavní výhodou jenž přináší IIoT je zefektivnění výrobních operací. Pokud například nějaké zařízení vypoví službu, senzory jsou schopny lokalizovat, kde přesně došlo k problému a automaticky odeslat požadavek na servis. Co je však nejdůležitější, díky prediktivní analýze je IIoT schopen říct, kdy bude mít zařízení pravděpodobně problém ještě předtím, než k němu skutečně dojde. To vede ke zkrácení prostojů a mnohem rychlejšímu odstraňování problémů.

Ke zjištění stavu zařízení je nutné monitorovat jeho stav pomocí senzorů teploty, zvukové frekvence, vibrací a.j. Tento postup vyžaduje v případě manuálního měření mnoho času a úsilí. Díky IIoT je tato činnost výrazně zjednodušena, jelikož se všechna data shromažďují a analyzují v cloudu.

Kromě snížení nákladů a úspory času zajišťuje IIoT také bezpečnost pracovníků. Ku příkladu pracovníci na ropném vrtu mohou být včas evakuováni díky prediktivní schopnosti IIoT v případě zvýšení tlaku vrtu na nebezpečnou úroveň. Senzory také mohou pomoci ke sledování pracovníků a pomoci při samotné evakuaci.[9]

## Výzvy IIoT

IIoT je technologie, která může v mnoha ohledech zlepšit průmysl. Jako každá nově zaváděná technologie má však obvykle vážné problémy, které je potřeba řešit. Při zavádění IIoT je důležité zajistit, aby byly škálovatelné, bezpečné a dostupné.

Bezpečnost bude v procesu zavádění IIoT patrně nejnáročnější z těchto tří oblastí. Hlavním důvodem je skutečnost, že výrobní podniky stále velmi často používají starší systémy a technologie. To výrazně komplikuje zavádění nových technologií. Kybernetická bezpečnost je stále důležitější, protože bezpečnostní hrozby se objevují neustále. Proto se společnosti v průmyslových odvětvích, které aplikují IIoT musí chovat jako IT společnosti, aby bezpečně vyřešili fyzické a digitální aspekty svého podnikání. [9]

## 5 Závěr

Práce se zabývá stručným vývojem průmyslu až do současné podoby, kde se často využívá pro efektivní výrobu internet věcí. Součástí je také pojednání o internetu věcí, jeho architektuře a využívaných technologiích. Na závěr je shrnuto možné využití internetu věcí v průmyslu, kde může velmi zefektivnit výrobu. Při aplikaci je však důležité myslet na možné problémy související s touto technologií, zejména bezpečnost.

## Zdroje

- [1] Mehrangiz Shahbakhsh, Gholam Reza Emad, and Stephen Cahoon. Industrial revolutions and transition of the maritime industry: The case of seafarer's role in autonomous shipping. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 38(1):10–18, 2022.
- [2] Farzad Yavari and Nazanin Pilevari. Industry revolutions development from industry 1.0 to industry 5.0 in manufacturing. *Journal of Industrial Strategic Management*, 5(2):44–63, 2020.
- [3] Morteza Ghobakhloo. Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of cleaner production*, 252:119869, 2020.
- [4] Tayfun Caglar Koc and Suat Teker. Industrial revolutions and its effects on quality of life. *PressAcademia Procedia*, 9(1):304–311, 2019.
- [5] Felix Wortmann and Kristina Flüchter. Internet of things. *Business & Information Systems Engineering*, 57(3):221–224, 2015.
- [6] Debasis Bandyopadhyay and Jaydip Sen. Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization. *Wireless personal communications*, 58(1):49–69, 2011.
- [7] Jiafu Wan, Shenglong Tang, Zhaogang Shu, Di Li, Shiyong Wang, Muhammad Imran, and Athanasios V Vasilakos. Software-defined industrial internet of things in the context of industry 4.0. *IEEE Sensors Journal*, 16(20):7373–7380, 2016.
- [8] Somayya Madakam, Vihar Lake, Vihar Lake, Vihar Lake, et al. Internet of things (iot): A literature review. *Journal of Computer and Communications*, 3(05):164, 2015.
- [9] VS Magomadov. The industrial internet of things as one of the main drivers of industry 4.0. In *IOP conference series: Materials science and engineering*, volume 862, page 032101. IOP Publishing, 2020.
- [10] New Signature. Industry 4.0. Dostupné z: <https://newsignature.com/wp-content/uploads/2017/08/iot2.png>, 2017.