

česky

MOVET

Modernisation of VET through
Collaboration with the Industry

**Santiago Silvestre
Jordi Salazar**

Svět Internetu věcí



Erasmus+

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

Název díla: Svět Internetu věcí
Autor: Santiago Silvestre,
Jordi Salazar
Přeložil: Marek Neruda
Vydalo: České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
Kontaktní adresa: Technická 2, Praha 6
Tel.: +420 224352084
Tisk: (pouze elektronicky)
Počet stran: 28
Edice (vydání): 1. vydání, 2019

MoVET

Modernisation of VET through
Collaboration with the Industry

<https://movet.fel.cvut.cz>

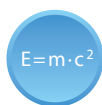


Tento projekt byl realizován za finanční podpory
Evropské unie.

Za obsah publikací odpovídá výlučně autor.

Publikace (sdělení) nerepresentují názory Evropské
komise a Evropská komise neodpovídá za použití
informací, jež jsou jejich obsahem.

VYSVĚTLIVKY



Definice



Zajímavost



Poznámka



Příklad



Shrnutí



Výhody



Nevýhody

ANOTACE

Tento modul popisuje svět Internetu věcí z anglického Internet of Things (IoT). Představuje hlavní technologie používané v Internetu věcí spolu s platformami a IoT zařízeními. Seznam reálných aplikací v Internetu věcí je uveden pro několik typických oblastí IoT.

CÍLE

Po studiu tohoto modulu budou studenti seznámeni s významem Internetu věcí. Budou objevovat výhody nových technologií mobilních telefonů, stejně jako nejběžnější bezdrátové komunikační technologie pro realizaci nových aplikací v Internetu věcí.

LITERATURA

- [1] Jordi Salazar, Santiago Silvestre. IoT. Techpedia. 2017. 31. ISBN 978-80-01-06232-6.
- [2] Albreem, Mahmoud AM, et al. Green internet of things (IoT): An overview. In Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA), 2017 IEEE 4th International Conference on. IEEE, 2017. p. 1-6.
- [3] Stephen E. Deering and Robert M. Hinden. RFC 2460, Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. 1998. Es 3
- [4] Constandinos X. Mavromoustakis George Mastorakis, Jordi Mongay Batalla. Internet of Things (IoT) in 5G Mobile Technologies. 2016. ISBN: 978-3-319-30911-8.
- [5] C. Zhu, Victor C. M. Leung, L. Shu and Edith C.-H. Ngai. Green Internet of Things for Smart World. 2015. IEEE Access 3:1-1. Es 6
- [6] ETSI. Architecture enhancements to facilitate communications with packet data networks and applications, 3GPP TS 23.682. 2018. 109.
- [7] Patil, M. S. A., & Mishra, M. P. Improved mobicast routing protocol to minimize energy consumption for underwater sensor networks. International Journal of Research In Science & Engineering. 2017. 3.
- [8] F. Samie, L. Bauer, J. Henkel. IoT technologies for embedded computing: a survey. IEEE Xplore, 2016. 10.
- [9] M.Ballve. Here's what the internet of things will need to really work. Business Insider, 2014. <http://www.businessinsider.com/what-the-internet-of-things-will-need-to-really-work-2014-5>

- [10] Libelium, <http://www.libelium.com/>
- [11] K. Rose, S. Eldridge, L. Chapin. The internet of things: An overview. The Internet Society (ISOC), 2015. 80.
- [12] Manyika, James, Michael Chui, Peter Bisson, Jonathan Woetzel, Richard Dobbs, Jacques, Bughin, and Dan Aharon. "The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype." McKinsey Global Institute, June 2015.
- [13] Ovidiu Vermesan, Peter Friess. Internet of things – Converging technologies for smart environments and integrated ecosystems. River Publishers, 2013. 363. ISBN: 978-87-92982-96-4 (E-Book)
- [14] Zeinab Kamal Aldein Mohammed, Elmustafa Sayed Ali Ahmed. Internet of things applications, challenges and related future technologies. World Scientific News, 2017. 23. ISSN 2392-2192.
- [15] M. Hunter, R. Smith, M. Schipanski, L. Atwood, D. Mortensen. Agriculture in 2050: Recalibrating targets for sustainable intensification. *BioScience*, 2017, 6.

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Internetový Protokol.....	9
	2.1 IoT Platformy	11
3	5G a IoT	13
4	IoT Zařízení	15
5	Aplikace a případové Studie	17
	5.1 Chytrá města.....	19
	5.2 Chytrá domácnost (a budovy)	20
	5.3 Chytré životní prostředí.....	22
	5.4 Chytrá energie a chytré sítě (smart grid)	24
	5.5 Chytré zemědělství a farmaření.....	25
	5.6 Chytrý průmysl a chytrá výroba.....	27
	5.7 Chytré zdravotnictví	28

1 Úvod

Tato kapitola popisuje některé důležité aspekty ve světě Internetu věcí. Jak bylo uvedeno v [1], Internet věcí (IoT) je síť fyzických objektů, zařízení, dopravních prostředků, budov a dalších objektů, které obsahují elektroniku, software, senzory a síťové připojení, což umožňuje těmto objektům shromažďovat data a navzájem si je posílat.

Na Internet věcí se v poslední době zaměřuje nemalá pozornost. Je základem pro poskytování dříve nepředstavitelných služeb propojením "věcí", jako jsou senzory, akční členy (nebo také aktuátory, jedná se o technické zařízení, které přenáší výstupní signál z regulátoru do regulované soustavy, příkladem je motor, ventil, apod.), zařízení spotřební elektroniky, dopravní prostředky a domácí spotřebiče, do Internetu. Komunikace mezi zařízeními IoT a systémy přes Internet umožňuje, aby IoT zařízení byly ovládané a řízené vzdáleně, a to pomocí existující infrastruktury sítí, což vytváří příležitosti pro větší integraci fyzického světa a počítačových systémů. Využití Internetu věcí vede ke zlepšení efektivity a přesnosti daného procesu a také k ekonomickému přínosu (např. snížení nákladů na vytápění pomocí regulace topení, žaluzií, apod.).



Internet věcí

Pole působnosti nasazení IoT aplikací je velice široké. Technologie IoT umožňuje rozšiřovat interakci dopravních prostředků s lidmi nebo okolním prostředím: inteligentní řidič (služby umožňující pomoc řidičům), propojené lodě (služby pro lepší komunikaci lodí) nebo sledování dopravních prostředků. Navíc IoT umožňuje zlepšit využití fyzických prostor, jako jsou inteligentní budovy, chytré domácnosti či obchody. Existuje také široká škála aplikací v oblasti zdravotnictví, jako například příjem pacientů v chytrých nemocnicích, dálkové sledování zdraví

pacientů (telemedicína) či diagnostika zařízení. Dnes již lze IoT aplikace nalézt v chytrých městech jako například automatické řízení veřejného osvětlení, parkování, odpadové hospodářství, sledování dopravy nebo životního prostředí [2]. Příkladem je iniciativa Smart City, jejíž hlavní pozornost je zaměřena na zlepšení života občanů měst (sledování a interpretace stavu a využívání majetku města, optimalizace dopravy, apod.).

V ekosystému IoT jsou v dnešní době velmi populární zařízení, která se označují jako nositelná elektronika (wearables) a také chytrá zařízení jako jsou chytré hodinky a chytré brýle (brýle pro virtuální a rozšířenou realitu, obecně se jedná o brýle s elektronikou). Kromě toho existuje mnoho aplikací v oblasti bezpečnosti a přístupových systémů.

Na druhé straně se technologie IoT využívá také k optimalizaci a zdokonalení provozních pracovních procesů a výkonů tak, aby bylo možné zvýšit produktivitu v nejrůznějších průmyslových aplikacích.



Zkratka M2M (Machine to Machine) označuje zařízení, která jsou navzájem propojena, zaznamenávají události, kterými jsou typicky hodnoty měření dané veličiny, a posílají tato data skrz síť do aplikace, která tato data překládá do využitelné informace.

2 Internetový Protokol

Jak je popsáno v [1], **IP (Internet Protocol)** určuje technický formát paketů a pole pro adresování všech zařízení připojených prostřednictvím komunikační sítě, v tomto případě Internetu. **IPv6 (Internet Protocol verze 6)** je nejnovější verze protokolu IP, komunikačního protokolu, který poskytuje identifikační a lokalizační systém pro počítače v sítích a směruje datový provoz přes Internet.

Aby bylo možné připojit libovolné zařízení k Internetu, je nutné danému zařízení přiřadit IP adresu. První verzí veřejně používaného internetového protokolu byla **IPv4 (Internet Protocol verze 4)**. Tento protokol byl vytvořen agenturou Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). IPv4 zahrnuje adresovací systém, který používá číselné identifikátory sestávající z 32 bitů. Použití adres s délkou 32 bitů omezuje celkový počet možných adres na přibližně 4,3 miliard adres pro zařízení připojená k Internetu po celém světě. Očekávaný počet zařízení připojených k Internetu prostřednictvím IoT zařízení bude brzy větší než počet adres poskytovaných protokolem IPv4. Agentura odpovědná za standardizaci internetového protokolu **IETF (Internet Engineering Task Force)** začala pracovat na nové verzi internetového protokolu již v roce 1998: IPv6 má nahradit protokol IPv4 a byl poprvé formálně popsán ve specifikaci RFC 2460 [3].

IPv6 používá formát adresy s délkou 128 bitů, což poskytuje adresní prostor o 2^{128} nebo přibližně o $3,4 \times 10^{38}$ adresách, a to je přibližně 8×10^{28} krát více než IPv4. Zatímco zvyšování adresního prostoru je jedním z nejdůležitějších výhod IPv6, existují další důležité technologické změny v protokolu IPv6, které zlepšují protokol IP: snadnější správa, lepší směrování přenosu multicast, jednodušší formát hlavičky, efektivnější směrování, implementovaná autentizace a podpora ochrany osobních údajů.

Adresy IPv6 jsou reprezentovány osmi skupinami čtyř hexadecimálních číslic. Tyto skupiny jsou odděleny dvojtečkami, ale existují i metody zkrácení této plné notace. Formát hlavičky protokolu IPv6 je uveden v Tab. 1.

Tab. 1 – Struktura hlavičky IPv6

Skupina	Informace
Verze	4 bity, verze 6
Třída provozu	8 bitů na prioritu paketu
Značka toku	20 bitů pro správu QoS (kvality služby)
Délka dat	16 bitů pro délku paketu
Další hlavička	8 bitů pro identifikaci protokolu, který následuje za IPv6. Hodnoty se shodují s hodnotami definovanými pro IPv4.
Max. skoků	8 bitů, číselně definuje počet povolených přechodů síťovými prvky. Každý přechod znamená snížení čísla o 1. Paket je zahozen, pokud je hodnota max. skoků rovna 0.
Adresa odesílatele	128 bitů pro identifikaci adresy odesílatele
Cílová adresa	128bitová adresa zamýšleného příjemce paketu (pokud je přítomna směrovací hlavička, není konečným příjemcem).

Nové funkce představené protokolem IPv6 jsou v podstatě následující: nový formát hlavičky, efektivní a hierarchická adresovací a směrovací infrastruktura, mnohem větší adresní prostor, bezstavová autokonfigurace, možnost využití stavového firewall, zabezpečení protokolu IP, rozšiřitelnost, podpora lepší kvality služby (QoS) a nový protokol pro sousední interakci uzlů.

Navíc protokol IPv6 vyřešil některé bezpečnostní problémy nalezené v sítích IPv4 přidáním **IPsec** (*IP security*) jako integrální součástí souboru protokolů IPv6 (na rozdíl od IPv4, kde je volitelnou součástí). V důsledku toho je IPv6 efektivnější. Bezpečnost v implementacích IoT musí být kritickou součástí návrhu IoT zařízení a výrobních procesů, aby bylo zajištěno, že jsou splněny základní bezpečnostní požadavky.

IPv6 nabízí také vylepšení bezpečnosti mobility: Jakýkoli uzel sítě IPv6 může podle potřeby používat mobilní IP. Mobilní IPv6 používá oproti IPv6 dalších třech hlaviček: hlavičku směrování typu 2, mobilita (zprávy výlučně pro podporu mobility) a volby pro příjemce – volba domácí adresy (mobilní uzly posílají data z aktuální IP adresy a přidávají informaci o domácí adrese).

Většina IoT zařízení se připojuje k Internetu pomocí bezdrátové komunikace. Při tom musí být zajištěna požadovaná přenosová rychlost a pokrytí signálem. Standardy bezdrátové komunikace pokrývají různé technologie, jako jsou Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, LTE, Narrowband IoT (NB-IoT) nebo verze LTE: Cat-M1 eMTC (enhanced Machine Type Communications).

Na druhé straně instalace uvnitř budov běžně používají Wi-Fi a Bluetooth, zatímco venkovní instalace obvykle používají LTE, NB-IoT a Cat-M1. Je třeba vzít v úvahu, že spotřeba energie u technologie Wi-Fi je mnohem vyšší než u Bluetooth.

2.1 IoT Platformy

Platformy IoT umožňují shromažďování a analýzu dat odesílaných z různých připojených zařízení, ke kterým jsou připojeny senzory prostřednictvím brány (gateway) a komunikačních technologií, jako jsou např. LPWAN (Low-Power Wide-Area Network) technologie (LoRa, Sigfox, IQRF, Narrowband IoT a další), mobilních technologií (LTE, atd.), Ethernet, atd. Brána (gateway) může mít podobu embedded platformy jako je např. Raspberry Pi, Vocore, Olimex, atd., nebo také LPWAN brány (LoRa gateway, Sigfox gateway, apod.). Shromážděná data lze vizualizovat, provádět jejich analýzu, či dokonce pomocí dalších IoT programových modulů (např. Node-RED) propojovat zdroje dat (např. připojené zařízení snímající teplotu a vlhkost se serverem poskytujícím informaci o předpovědi počasí) a vytvářet pravidla pro další akce (např. zalít rostliny). Tato vlastnost tak usnadňuje tvorbu dalších IoT aplikací, a to jak mobilních aplikací, tak i aplikací pro připojená zařízení, která vykonávají konkrétní činnosti (spustit žaluzie, zalít skleník, zavřít slepice, apod.).

Některé z nejznámějších platform IoT, které lze nalézt na trhu, jsou uvedeny v Tab. 2.

Tab. 2 – IoT platformy

Platforma	URL	Charakteristika
AWS IoT Core	https://aws.amazon.com/iot-core/?nc1=h_ls	AWS IoT Core je cloudová platforma, která umožňuje připojeným zařízením snadno a bezpečně komunikovat s aplikacemi v cloudu a dalšími zařízeními.
Azure IoT hub	https://azure.microsoft.com/en-us/services/iot-hub/	Připojuje a spravuje miliardy IoT zařízení a aktiv (majetek podniku, hospodářské prostředky). Vytváří spolehlivou obousměrnou komunikaci a zvyšuje bezpečnost IoT řešení. Přijímá data v reálném čase a nahrává soubory do cloudu.
Oracle cloud	https://cloud.oracle.com/iot	Interakce s virtualizovanými softwarovými reprezentacemi aktiv. Vysokorychlostní zasílání zpráv. Podpora průmyslových protokolů. Analýza a integrace IoT dat a služeb.
Ericsson IoT	https://www.ericsson.com/en/internet-of-things/solutions	Bezpečnost a připojení. IoT akcelerační platforma. Spolehlivé připojení.
Watson Internet of Things	https://www.ibm.com/internet-of-things	Spravuje aktiva, zařízení a produkty.
Xyveli	https://www.xively.com/	Nabízí vše potřebné k sestavení a spuštění IoT produktu.
Samsung ARTIK	https://www.artik.io/	Platforma Samsung ARTIK Smart IoT přináší dohromady hardwarové moduly a cloudové služby s vestavěnou bezpečností a ekosystémem nástrojů a partnerů, které urychlí čas uvedení produktu a služby na trh.
Adafruit IO	https://io.adafruit.com/	Adafruit IO je snadno použitelný systém, umožňuje jednoduché datové připojení s malými požadavky na programování.

3 5G a IoT

Čtvrtá generace mobilních telekomunikačních technologií neboli 4G, byla z pohledu uživatele obrovským zlepšením v podobě rychlosti stahování dat. Uživatelé si tak mohli vychutnávat živý obsah na svých mobilních telefonech. Mnoho aplikací může být podporováno na stávajících sítích 4G, ale některé budou vyžadovat 5G. Tyto požadavky zahrnují vyšší přenosové rychlosti a vyšší kapacitu s menší latencí (zpožděním), stejně jako snížení spotřeby energie a vyšší efektivitu systému.



V oboru telekomunikační technika a elektrotechnika je 5G zkratkou pro pátou generaci mobilních telekomunikačních technologií [4].

5G je nástupcem technologie 4G. V současné době 5G ještě není standardizováno a telekomunikační společnosti vyvíjejí své prototypy.

Tato další generace mobilních telekomunikačních technologií nazvaná 5G umožní mimo jiné navigaci rychlostí vyšší než 1 Gbit/s. To znamená desetkrát rychlejší navigaci, než je ta současná. Z toho plyne, že 5G znamená zlepšení v rychlosti: pokud se u 4G dosahuje rychlost stahování 150 MB/s, bude to až 20 Gbit/s. Tato skutečnost umožní sledovat streaming kanály v kvalitě 4K nebo vznik fotoaparátů vybavených schopností zaznamenávat videa v rozlišení UHD (Ultra High Definition) a další služby, které vyžadují velkou šířku pásma. Kromě toho bude také možné používat 5G vzdálený computing (výpočty), to znamená, že v některých objektech nebude zapotřebí instalovat velké množství procesorů, protože výpočty bude možné provádět v cloudu. Technologie IoT, jako je komunikace M2M doplněná o inteligentní datovou analýzu, by měly dramaticky změnit různá průmyslová odvětví. IoT se zatím více prosazuje v průmyslových odvětvích v oblasti mobility a inteligence. Tab. 3 uvádí některé průmyslové sektory s požadavky na mobilní širokopásmové připojení, které mohou těžit z výhod 5G IoT.

Tab. 3 – Průmyslové aplikace

Průmyslová výroba	Chytrá města	Chytré domácnosti	Zdravotnictví	Doprava
Sledování výroby	Řízení dopravy	Přístupové systémy	Sledování zdravotního stavu	Diagnostika dopravních prostředků
Sledování stavu stroje	Chytrá osvětlení	Řízení spotřeby energie	Vzdálená diagnostika zařízení	Autonomní řízení automobilů
Robotické řízení	Parkovací hodiny	Chytré měření	Robotická chirurgie	Řízení nákladních automobilů
Sledování zásob	Odpadové hospodářství	Alarmy a bezpečnostní kontrola	Detekce pádu	Sledování pomocí dronů

Tato technologie bude pracovat v pásmech 3,6 a 26 GHz v roce 2020 v EU. NSA 5G NR nebo Non-Standalone 5G New Radio je první standard 5G mobilních sítí oficiálně schválených standardizační organizací 3rd Generation Partnership Program (3GPP).

5G předpokládá řadu vylepšení s ohledem na předchozí generaci, které přinesou nové možnosti. Myšlenka je taková, že se ze situace, kdy jsou propojeni lidé (pomocí chytrých telefonů, Internetu a sociálních sítí) dostaneme do situace, kdy je propojeno prakticky všechno. Standard 5G musí podporovat až 1 milion připojených zařízení na kilometr čtvereční a musí nabízet „nekonečné“ možnosti připojení IoT zařízení. Tato hustota zařízení umožní další významný průlom: propojená města či autonomní vozidla se stanou každodenní realitou.

Důležitou otázkou pro IoT zařízení a IoT služby je latence, tj. zpoždění. V oblasti datové komunikace a digitálních sítí se latence používá ve dvou hlavních kontextech. Jeden představuje jednosměrné zpoždění (one-way trip), zatímco druhý obousměrné zpoždění (round trip time). Jednosměrné zpoždění je měřeno počítáním celkového času, který trvá paketu, aby cestoval od zdroje k cíli, zatímco obousměrné zpoždění je měřeno přidáním jednosměrného zpoždění z cíle ke zdroji zpět. Doba šíření, zpoždění přenosu a ukládání nebo zpracování dat v zařízeních omezují latenci v komunikačních sítích. Druhé důležité zlepšení 5G sítí by mělo nabídnout uživatelům maximální latenci pouhých 4 ms, v porovnání s přibližně 20 ms v LTE buňkách, tj. 4G. Specifikace 5G také vyžaduje latenci pouhých 1 ms pro URLLC (Ultra-Reliable Low Latency Communications). V mnoha IoT aplikacích je rozhodující minimální latence, protože akční členy a senzory musí pracovat velmi rychle, aby byly užitečné a efektivní.

5G vyžaduje nižší spotřebu energie než 4G, což je důležité pro IoT aplikace. Toto snížení nabízí možnost zahrnout více senzorů v mnoha aplikacích a systémech IoT. Nízká spotřeba energie je klíčovým požadavkem na zajištění životnosti baterie. Navíc se v literatuře [5 - 6] uvádí různé technologie a problémy týkající se „green“ IoT s cílem maximálně snížit spotřebu energie. Očekává se, že IoT zařízení budou konstrukčně navržena tak, aby v nich baterie vydržela i 10 let.

Některá z těchto IoT zařízení mohou být navíc napájena pomocí energie získávané z rádiových signálů nebo ze sluneční energie (energy harvesting). Výzkumní pracovníci, vědci a inženýři čelí výzvám při navrhování IoT systémů, které mohou být efektivně integrovány do bezdrátové komunikace 5G. Aby byla zajištěna dlouhá životnost baterie a snížena spotřeba energie, některé technologie jsou povoleny se dvěma režimy pro úsporu energie: rozšířený diskontinuální příjem eDRX (Extended Discontinuous Reception) a úsporný režim PSM (Power Saving Mode) [7].



Hlavní požadavky na 5G IoT a M2M jsou následující: Mnoho připojených zařízení s pokrytím signálu uvnitř budov a efektivní signalizace.

4 IoT Zařízení

Složitost IoT zařízení může být různá. Obecně řečeno, IoT zařízení jsou nestandardní výpočetní zařízení (objekty, předměty pro každodenní použití, spotřebiče, senzory nebo akční členy) připojené k drátové nebo bezdrátové síti, které mají schopnost přenášet a přijímat data, přijímat pokyny a dokonce provádět akce založené na informacích, která shromažďují. V některých aplikacích IoT zařízení dokáží předzpracovat nebo zpracovat data shromážděná z reálného světa před odesláním těchto informací do řídicí jednotky, která bude přijímat příslušná rozhodnutí.

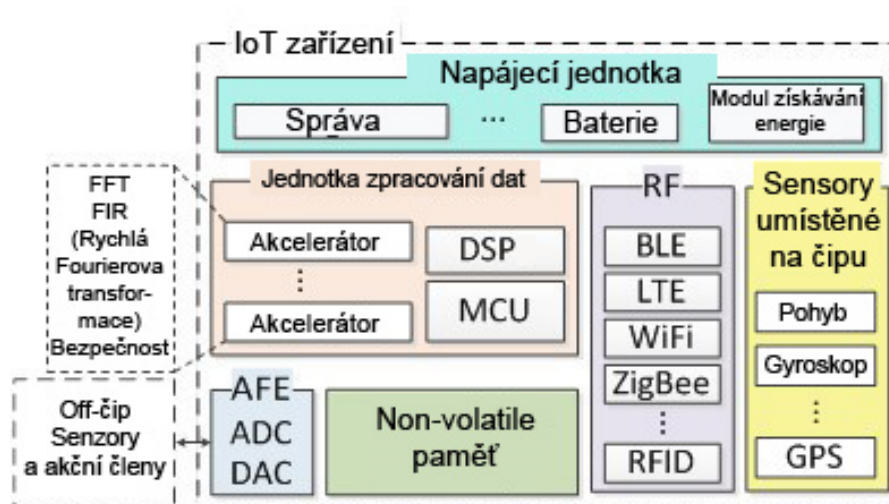


Shromážděná data mohou být zpracovávána buď v IoT zařízení nebo ve vzdálené řídicí jednotce. Proto je pro IoT aplikace, které zahrnují zpracování dat, velkou výzvou rozhodnutí o umístění výpočetní zátěže.

IoT zařízení je vestavěné zařízení, které lze charakterizovat alespoň třemi základními bloky:

- **Senzory:** Jejich hlavním úkolem je sledovat a měřit veličiny v reálném světě.
- **Blok připojení:** Poskytuje připojení IoT zařízení k Internetu. Podle povahy zařízení mohou být rozděleny do dvou kategorií:
- **Průmyslová IoT zařízení.** Lokální síť je založena na mnoha různých stávajících technologiích. IoT zařízení bude obvykle propojeno prostřednictvím IP sítě do Internetu.
- **Komerční IoT zařízení.** Lokální komunikace je obvykle buď ZigBee, Bluetooth nebo Ethernet (drátové nebo bezdrátové). IoT zařízení obvykle komunikuje pouze s lokálními zařízeními.
- **Jednotka zpracování dat:** Je mozkiem IoT zařízení. V závislosti na složitosti IoT zařízení může obsahovat mikrokontrolér, mikroprocesor nebo DSP spolu se specializovaným hardwarem pro zpracování příchozích dat nebo šifrování / dešifrování informací.

Obr. 2 zobrazuje obecný blokový diagram s hlavními součástmi IoT zařízení. Může mít mnoho dalších bloků, ale přinejmenším RF (radiofrekvenční) komponenta je společná všem bezdrátově připojeným IoT zařízením.



Blokové schéma IoT zařízení [8]

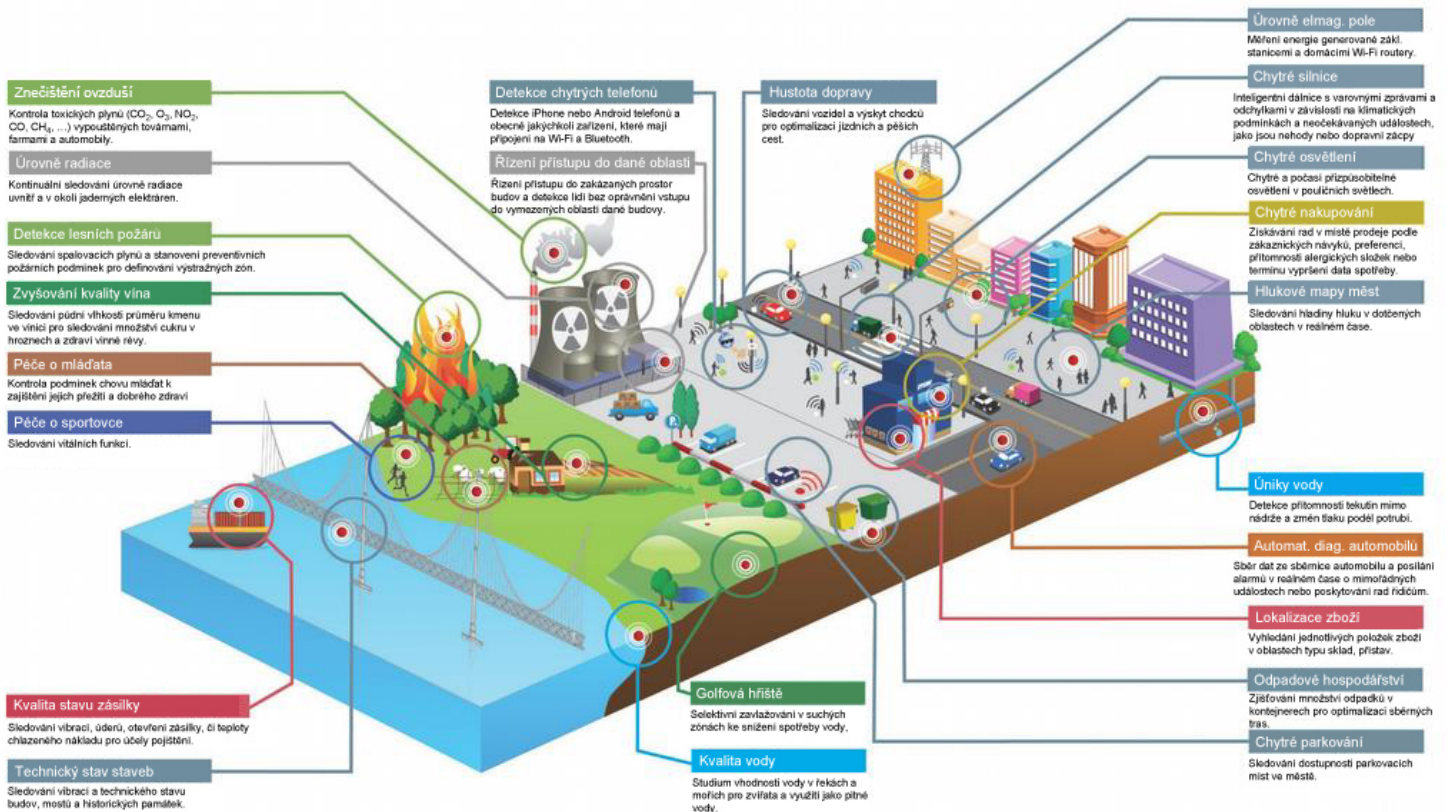
Ve skutečnosti jsou tyto bloky společné pro mnoho zařízení, která dnes existují na trhu. IoT zařízení však musí obsahovat jiné, zejména vzdálené, funkce, jako například [9]:

- **Energetická účinnost:** Může být obtížné, nákladné nebo nebezpečné zajistit přístup k nabíjení nebo výměně baterií mnoha IoT zařízení. Proto zde vyvstává potřeba provozuschopnosti IoT zařízení po delší dobu nebo bezobslužného provozu nebo periodického probouzení IoT zařízení pro přenos dat.
- **Efektivita nákladů:** Objekty, které obsahují IoT zařízení, mohou být obecně distribuovány. Příkladem jsou IoT zařízení v potravinářských produktech, které signalizují prošlé datum spotřeby. Důraz je kladen na nízkou cenu pořízení a také nasazení těchto IoT zařízení.
- **Kvalita a spolehlivost:** IoT zařízení mohou pracovat v náročných venkovních podmínkách, a to i dlouhodobě.
- **Bezpečnost:** Zařízení IoT mohou přenášet citlivé nebo regulované informace a chránit je před neoprávněným přístupem.

5 Aplikace a případové Studie

Je prakticky nemožné představit si plný potenciál IoT aplikací. Potenciální aplikace jsou četné a rozmanité a přesahují pouhé připojení standardních zařízení, jako jsou stolní počítače, notebooky, tablety a chytré telefony do sítě.

V současné době existuje široká škála IoT aplikací, které pokrývají mnoho oblastí, jako jsou chytrá města, inteligentní budovy, zemědělství, automobilová komunikace, doprava a mobilita, průmysl a zdravotnictví, environmentální a sociální aspekty.



IoT aplikace [10]

Potenciál IoT aplikací slibuje transformaci mnoha aspektů našeho života [11]. Nová IoT zařízení, jako jsou chytré spotřebiče, komponenty pro domácí automatizaci a zařízení pro správu energie, nás posunují k vizi chytré domácnosti, která nabízí větší bezpečnost a energetickou účinnost. Jiná osobní IoT zařízení, jako jsou nositelné fitness náramky, zařízení pro sledování zdravotního stavu a lékařské přístroje s možností připojení k Internetu, mění způsob poskytování zdravotní péče. Tato technologie slibuje, že bude přínosná pro osoby se zdravotním postižením a starší osoby, což umožní zvýšenou úroveň nezávislosti a kvality života za rozumnou cenu. Systémy Internetu věcí, jako jsou dopravní prostředky s možností připojení na Internet, inteligentní dopravní systémy a senzory zabudované do silnic a mostů, nás přibližují k myšlence chytrých měst, které pomáhají minimalizovat dopravní zácpy a spotřebu energie. Technologie IoT nabízí možnost transformovat

zemědělství, průmysl, výrobu a distribuci energie zvýšením dostupnosti informací v hodnotovém řetězci výroby pomocí senzorů připojených k síti Internet.

Řada společností a výzkumných organizací nabídla různé předpovědi potenciálního dopadu IoT na Internet a ekonomiku v následujících letech. Například společnost Cisco předpovídá, že do roku 2019 bude více než 24 miliard IoT objektů. Společnost Morgan Stanley do roku 2020 předpokládá 75 miliard připojených zařízení k síti Internet. Huawei předpovídá do roku 2025 100 miliard IoT připojení. McKinsey Global Institute odhaduje finanční dopad IoT na světovou ekonomiku v rozmezí 3,9 až 11,1 bilionů dolarů do roku 2025. Pro odhad potenciálního ekonomického dopadu IoT napříč ekonomikami zohlednil McKinsey Global Institute míru přijetí IoT, ekonomické a demografické trendy a pravděpodobný vývoj technologií v příštích 10 letech [12].

V následujících odstavcích uvádíme některé z těchto aplikací, které v blízké budoucnosti mohou mít velký vliv na naše životy. Toto je jen omezený popis, který však umožňuje představit si všechny možné nové aplikace a služby, které by IoT mohl poskytnout.

5.1 Chytrá města

K dnešnímu dni můžeme najít různé definice chytrého města, ale stále neexistuje žádná jednoznačně přijatá definice. Myšlenka chytrého města se liší stát od státu a dokonce i mezi jednotlivými městy. To znamená různé pohledy různých lidí v závislosti na jejich vlastních potřebách, které vytvoří lepší město s vysokou kvalitou života.

V blízké budoucnosti se očekává rychlá expanze městských hranic z důvodu nárůstu počtu obyvatel a rozvoje infrastruktury. Velká města absorbují okolní malá města, aby vytvořila megaměsta s více než 10 miliony obyvatel. Tato skutečnost způsobí, že se megaměsta budou vyvíjet směrem k chytrým městům. Očekává se přibližně 40 chytrých měst na celém světě do roku 2025 [13].

Města budou na mnoha úrovních vylepšena, budou díky technologii IoT bezpečnější, produktivnější a udržitelnější. Potřeby chytrých měst vyžadují podporu vládních dohod. Ve skutečnosti bude role městských vlád klíčová pro nasazení IoT. V následující tabulce jsou uvedeny některé příklady aplikací chytrých měst.

Tab. 4 - Aplikace chytrých měst

Aplikace	Popis
Chytré parkování	Sledování dostupnosti parkovacích míst ve městě
Technický stav staveb	Sledování vibrací a technického stavu budov, mostů a historických památek
Hlukové mapy měst	Sledování hladiny hluku v dotčených oblastech v reálném čase
Chytré silnice	Inteligentní dálnice s varovnými zprávami a odchylkami v závislosti na klimatických podmínkách a neočekávaných událostech, jako jsou nehody nebo dopravní zácpy
Dopravní zácpa	Sledování dopravních prostředků a přechodů pro optimalizaci jízdních a pěších tras
Chytré osvětlení	Chytré a počasí přizpůsobitelné osvětlení v pouličních světlech
Odpadové hospodářství	Zjišťování množství odpadků v kontejnerech pro optimalizaci sběrných tras
Sledování pitné vody	Sledování kvality pitné vody ve městech

5.2 Chytrá domácnost (a budovy)

Chytrá domácnost neznamena domácnost plná nových a šílených přístrojů nebo robotů, ale domácnost s připojenými spotřebiči a příslušenstvím, takže se zdá, že jsou to zařízení, která mohou jednat samostatně, jako by měly nějakou inteligenci. Můžeme tak mluvit o chytrých žárovkách, chytrých termostatech, chytrých pračkách, chytrých bezpečnostních systémech, atd.

Donedávna byla síť Wi-Fi používána především k propojení elektronických zařízení, jako jsou chytré telefony, tablety, televize, atd. Síť Wi-Fi bude mít však velký význam v koncepci chytré domácnosti [14]. Připojením domácích spotřebičů k síti Wi-Fi můžeme získat velké výhody.



Každé zařízení naší domácnosti, které používá elektřinu, může být připojeno k naší domácí síti.

Za prvé bychom mohli řídit vše v reálném čase buď z aplikace na našem chytrém telefonu nebo tabletu, nebo pomocí našeho hlasu.

Za druhé, můžeme mít přístup ke všem datům a informacím uložených v domácích spotřebičích. Chytré domácí spotřebiče nám tak mohou poskytnout snadno dostupné údaje o bezpečnosti tím, že přistupují k záznamům chytrých bezpečnostních kamer nebo o energii sledováním spotřeby elektrické energie a plynu.

Za třetí, máme domácí automatizaci. Namísto ručního ovládání našich domácích přístrojů po celou dobu můžeme využít možnosti nastavení rutin a pravidel. Myšlenka spočívá v tom, že naše domácnost nás a naši rodinu pozná a automaticky vykonává činnosti na základě toho, co se v domácnosti děje, bez potřeby našich kontrolních příkazů.

Konečně a pravděpodobně v blízké budoucnosti si dokážeme představit zcela autonomní přístroje a roboty, které fungují v domácnosti samostatně, příkladem jsou robotické sekačky nebo roboti skládající prádlo.



Zábava, energetická účinnost a bezpečnost by měly být v blízké budoucnosti třemi velkými kategoriemi pro chytrá domácí zařízení.

Tab. 5 – Aplikace chytrých domácností a budov

Aplikace	Popis
Upozornění v reálném čase	Čas spuštění pračky a myčky je naplánován tak, aby šetřil energii
Bezpečnost a dohled	Zvýšit bezpečnost, chránit naši rodinu a sledovat činnost na našem majetku.
Řízení přístupu do dané oblasti	Řízení přístupu do zakázaných prostor budov a detekce lidí bez oprávnění vstupu do vymezených oblastí dané budovy
Ovládání vzduchu a centrální vytápění	Teplota domácnosti / místnosti se automaticky přizpůsobuje našim preferencím.
Chytré osvětlení	Chytré a počasí přizpůsobitelné osvětlení domácností a budov
Chytrá zábava	Automatický výběr a personalizovaný způsob sledování televize a filmů
Spotřeba energie a vody	Sledování spotřeby energie a vody s cílem získat informace o tom, jak šetřit náklady a zdroje
Péče o rostliny	Poskytnout rostlinám dostatek živin a vláhy na základě jejich skutečných potřeb a podmínek.

5.3 Chytré životní prostředí

Životní prostředí potřebuje chytré způsoby a nové technologie pro sledování a správu. Sledování životního prostředí je důležité, aby bylo možné zhodnotit jeho současný stav s cílem přijmout správná rozhodnutí podle shromážděných údajů z monitorovacích systémů. Správa je potřebná pro efektivní využívání zdrojů a pro snížení odpadu například z továren či výfukových zplodin vozidel [14].



Všechna shromážděná data z monitorovacích systémů mají zásadní význam pro to, aby obce a veřejné instituce byly donuceny chránit lidi a životní prostředí a zmírňovat či zabraňovat přírodním katastrofám.

Chytré senzory životního prostředí poskytují řadu možností a řešení pro mnoho aplikací životního prostředí, jako je například sledování znečištění vody, ovzduší, počasí a radiace, odpadové hospodářství, atd. Příklady jsou uvedeny v Tab. 6. Integrace chytrých senzorů životního prostředí s technologií IoT je v současné době již vyvinuta pro snímání a sledování některých ukazatelů životního prostředí, které poskytují potenciální výhody pro dosažení zeleného „green“ světa a udržitelného života [14].

Aplikace v chytrém prostředí lze rozdělit do dvou hlavních kategorií: správu zdrojů životního prostředí a správu kvality a ochrany životního prostředí. Správa zdrojů životního prostředí se týká všech přírodních zdrojů, jako jsou lesy, zvířata, uhlí, ropa, voda, vzduch, sluneční světlo, vítr, zlato, stříbro, železo a mnoho dalších. Tyto zdroje mohou být vážně postiženy znečištěním, odpady a zneužíváním. Technologie IoT poskytují efektivní prostředky pro komunikaci mezi senzory snímající parametry dotčených zdrojů a monitorovacími centry, a v důsledku toho lze přijímat vhodná rozhodnutí o spotřebě těchto dotčených zdrojů. Příkladem správy kvality a ochrany životního prostředí je sledování kvality vzduchu pomocí soustavy dálkových senzorů v celém městě a v důsledku toho lze získat mapu s úrovněmi znečištění z celého dne a lépe řídit provoz ve městě. Také mohou být přijata rozhodnutí o využití a úpravě vody, pokud jsou však známy úrovně znečištění.

Existuje mnoho dalších aplikací, které lze implementovat pomocí chytrých senzorů bezdrátově připojených k monitorovacímu centru. Příkladem může být síť IoT senzorů schopná průběžně sledovat úroveň radiace kolem jaderných elektráren nebo mapa ve vysokém rozlišení s přesnou předpovědí počasí v daném regionu.

Tab. 6 – Aplikace chytrého životního prostředí

Aplikace	Popis
Detekce lesních požárů	Sledování spalovacích plynů a stanovení preventivních požárních podmínek pro definování výstražných zón.
Znečištění ovzduší	Kontrola toxických plynů (CO ₂ , O ₃ , NO ₂ , CO, CH ₄ , ...) vypouštěných továrnami, farmami a automobily.
Sledování hladiny sněhu	Měření hladiny sněhu v reálném čase umožňuje zjistit kvalitu lyžařských tras a umožňuje bezpečnostním sborům prevenci lavin.
Říční záplavy	Sledování změn hladiny vody v řekách, přehradách a nádržích.
Zamezení sesuvu půdy a lavin	Sledování vlhkosti půdy, vibrací a hustoty zeminy pro detekci nebezpečných vzorců (kombinace hodnot parametrů sledovaných veličin).
Včasné odhalení přírodních katastrof	Distribuovaná kontrola na konkrétních místech třesu, zemětřesení, hurikánů, sopečných výbuchů, záplav, atd. snížení dopadu přírodních katastrof.
Ultrafialová radiace	Měření UV slunečních paprsků pro varování obyvatel, aby nechodili na Slunce v určitých hodinách.
Odpadové hospodářství	Detekce a kontrola průmyslového znečištění v reálném čase (odpadní chemikálie a další) ke zlepšení životního prostředí.
Úrovně znečištění v moři	Řízení úniků a odpadů v reálném čase v moři.
Detekce chemických úniků v řekách	Zjišťování úniků a odpadů z továren v řekách.
Ochrana divoké zvěře	Používání obojků pro sledování GPS polohy k nalezení a sledování divokých zvířat a sdělování jejich souřadnic ochráncům a výzkumníkům.

5.4 Chytrá energie a chytré sítě (smart grid)

Energetický model založený výhradně na zdrojích získaných z fosilních paliv nebude schopen v blízké budoucnosti uspokojit celosvětovou spotřebu elektrické energie. Všechna dostupná řešení zahrnují začlenění obnovitelných a zelených zdrojů energie do energetického modelu. Vlastní povaha tohoto typu energie však vyžaduje velmi vysokou kontrolu spotřeby energie ze strany spotřebitelů [13].

Spotřeba elektrické energie není pořád stálá a existují časové úseky s velmi vysokými hodnotami spotřeby elektrické energie. V důsledku toho musí být elektrická síť inteligentní a flexibilní, aby odolávala kolísání spotřeby elektrické energie. To je možné za pomoci řízení zdrojů elektrické energie a řízení spotřeby. K dosažení tohoto cíle musí elektrická síť zahrnovat propojená chytrá zařízení, tj. IoT zařízení, a komponenty infrastruktury sítě, jako jsou například snímací a monitorovací zařízení pro sledování energetických toků, telekomunikační infrastrukturu pro přenos dat přes chytrou síť, chytré měřiče s možností zobrazení využití elektrické energie, či systém řízení a automatizace pro zpracování relevantních dat a správu chytré sítě. V ideálním případě by bylo zapotřebí znát okamžitou spotřebu energie u jednotlivých zátěží, ale znalosti o spotřebě elektrické energie na jednoho zákazníka jsou v prvním přiblížení dostačující [13].



Chytrá síť integruje informační a komunikační technologie do elektrické sítě. Správa chytré energie je díky tomu plně provozuschopná.

Namísto hlavních elektráren mimo města budou budoucí chytré sítě charakterizovány malými a středními energetickými zdroji a elektrárnami distribuovanými v chytrém městě, které se snaží napodobit strukturu internetové sítě.



Řešení chytrých sítí má za cíl optimalizovat výrobu, distribuci a spotřebu energie, usnadnit vstup nových dodavatelů a spotřebitelů do elektrické sítě a významně zlepšit sledování, správu, automatizaci a kvalitu dodávané elektrické energie.

Tab. 7 – Aplikace chytré energie a chytrých sítí

Aplikace	Popis
Fotovoltaické instalace	Sledování a optimalizace výkonu v solárních elektrárnách
Chytré sítě	Sledování a správa spotřeby energie
Úzkopásmové PLC	Úzkopásmové PLC (N –PLC, Narrowband Power Line Communication) umožňuje komunikaci po elektrické síti

5.5 Chytré zemědělství a farmaření

V roce 2005 předpovídala Organizace pro výživu a zemědělství FAO (Food and Agricultural Organization), specializovaná agentura OSN se sídlem v Římě, že do roku 2050 bude celosvětová populace přesahovat 9,6 miliardy obyvatel. K tomu, aby se uživilo tolik obyvatel, musí zemědělská produkce do roku 2050 vzrůst o 70%. V roce 2017 studie publikovaná BioScience dospěla k závěru, že nárůst produkce o přibližně 25% až 70% nad současnou úroveň produkce může postačovat k tomu, aby vyhověl poptávce po plodinách do roku 2050 [15]. Každopádně, k dosažení tohoto cíle musí zemědělský průmysl přijmout IoT. Navíc současné změny klimatických podmínek a nevýhody intenzivního hospodaření s půdou a vodními zdroji musí být řešeny a musí být navrženy nové metody řešení budoucích výzev v zemědělství.



Chytrým zemědělstvím a farmařením rozumíme používání moderních informačních a komunikačních technologií v zemědělství a farmaření. Z pohledu zemědělce a farmáře poskytuje chytré zemědělství a farmaření příležitost k lepšímu rozhodování a efektivnějšímu řízení jednotlivých procesů.

Zemědělci a farmáři mohou řídit své zemědělské postupy na dálku. Data mohou být získávána ze satelitů nebo dronů. Senzory v polích, na zvířatech, nebo v půdě mohou přenášet data v reálném čase. Jedná se o nákladově efektivní metodu a přesný způsob toho, jak předpovědět a chránit růst zemědělských plodin.

Tab. – Aplikace chytrého zemědělství a farmaření

Aplikace	Popis
Zvýšená kvalita výroby	Analýza kvality a množství produkce ve vztahu k ošetřování plodin vede k přizpůsobení procesů, které vedou ke zvýšení kvality produktu.
Zelené domy	Kontrola mikroklimatických podmínek pro maximalizaci výroby ovoce a zeleniny a zajištění její kvality.
Golfová hřiště	Selektivní zavlažování v suchých zónách ke snížení spotřeby vody, která je potřeba převážně na greenu golfového hřiště.
Síť meteorologických stanic	Studium povětrnostních podmínek v oborech pro předpovědi tvorby ledu, deště, sucha, sněhu nebo změn větru.
Kompost	Kontrola úrovně vlhkosti a teploty v seně, slámě, či vojtěšce pro zamezení vzniku hub a dalších mikrobiálních kontaminantů.
Hydroponie	Kontrola podmínek pěstování rostlin bez půdy v živném roztoku. Snaha o získání nejefektivnějších plodin.
Péče o mláďata	Kontrola podmínek chovu mláďat k zajištění jejich přežití a dobrého zdraví
Sledování zvířat	Lokalizace a identifikace zvířat pasoucích se na otevřených pastvinách nebo umístěných ve velkých stájích.
Úroveň toxických plynů	Studium odvětrávacích systémů a kvality ovzduší, detekce škodlivých plynů z exkrementů.
Vzdálené sledování	Zemědělci a farmáři mohou sledovat více polí umístěných v různých lokalitách po celém světě pomocí připojení k Internetu. Rozhodnutí může být učiněno v reálném čase a odkudkoli.

5.6 Chytrý průmysl a chytrá výroba

Chytrý průmysl je čtvrtou průmyslovou revolucí. Z tohoto důvodu je termín chytrý průmysl označován také jako Průmysl 4.0. První průmyslová revoluce byla charakterizována mechanizací založenou na síle vody a páry. Parní stroj byl jedním z nejdůležitějších technologických vynálezů první průmyslové revoluce. Během druhé průmyslové revoluce se zlepšily stávající výrobní postupy. Druhá průmyslová revoluce byla charakterizována zavedením hromadné výroby, montážních linek a elektřiny. Pro třetí průmyslovou revoluci je typické zavedení elektroniky a počítačů pro další automatizaci výroby. Konečně Průmysl 4.0 je založen na zabezpečených fyzických výrobních systémech, které se dají připojit k Internetu. IoT propojí průmysl s novou škálou aplikací v oblasti výroby, jako je připojení průmyslu k chytré síti.

Chytrý průmysl zásadně změní způsob, jakým jsou výrobky vynalézány, vyráběny a dodávány. Kromě toho je zvýšena bezpečnost pracovníků. Ochrana životního prostředí je zajištěna produkcí nulových emisí a výrobou s nulovým počtem vadných kusů. V chytrých výrobních produktech budou dopravní prostředky a pomůcky vzájemně komunikovat a budou organizovány s cílem zlepšit celkovou produkci.

Tab. 9 – Aplikace chytrého průmyslu a chytré výroby

Aplikace	Popis
Aplikace M2M	Automatická diagnostika strojů a kontrola majetku.
Kvalita vnitřního vzduchu	Sledování úrovně toxického plynu a kyslíku uvnitř chemických závodů pro zajištění bezpečnosti pracovníků a zboží.
Sledování teploty	Řízení teploty uvnitř průmyslových a lékařských chladniček s citlivým zbožím.
Zachování kvality a konzistence	Používání propojených senzorů, kamer a laserů k analýze výrobních procesů.
Sledování flotily	Optimalizace výkonu, snížení nákladů a zvýšení produktivity.
Kontrola dodavatelského řetězce	Využití technologie RFID, QR kódů, atd. pro lepší provozní efektivitu (sledování zboží, vztahů s dodavateli, zásob, vytváření prognóz, atd.) a možnosti zvýšení příjmů (znalost zákazníků, nákupní návyky, atd.).

5.7 Chytré zdravotnictví

Na světě je mnoho lidí, které trápí špatný zdravotní stav, protože nemají přístup k účinnému sledování zdravotního stavu. Tento problém by se však mohl snadno vyřešit pomocí malých sledovacích IoT zařízení. Hlavním úkolem těchto malých zdravotnických IoT zařízení bude shromažďování zdravotních údajů a fyziologických informací pacienta, aplikace komplexních algoritmů pro analýzu dat a následné bezdrátové odeslání dat lékařům, kteří budou činit příslušná zdravotní doporučení. Kromě toho mohou zdravotnická IoT zařízení nahradit proces kontroly vitálních znaků pacientů.

Hlavním cílem IoT aplikací v oblasti zdravotnictví je zlepšit kvalitu života osob, které potřebují trvalou podporu nebo sledování zdravotního stavu, snížit překážky pro sledování důležitých parametrů, vyhnout se zbytečným nákladům a úsilím v oblasti zdravotní péče a poskytovat správnou lékařskou pomoc ve správný čas a za rozumnou cenu.

Zdravotnické prostředky a zařízení nebyly navrženy pro spolupráci s jinými zdravotnickými zařízeními nebo zařízeními připojenými k síti. Toto je jeden z hlavních problémů, který bude třeba řešit. Dalším důležitým a kritickým faktorem je bezpečnost, jelikož data a informace pacientů musí být přenášeny prostřednictvím sítě a je žádoucí je patřičně chránit [13].

Aplikace IoT mají velký tržní potenciál pro elektronická zařízení a služby. Stačí uvést příklad využitého potenciálu v podobě chytrých náramků a hodinek spolu s Android/iOS aplikacemi pro sledování tělesných funkcí a činností (tepová frekvence, výpočet spálených kalorií, atd.), které lze stáhnout a spustit v chytrém telefonu.

Tab. 10 – Aplikace chytrého zdravotnictví

Aplikace	Popis
Detekce pádu	Pomoc starším osobám nebo osobám se zdravotním postižením.
Sledování lékařských ledniček/mrazniček	Kontrola podmínek uvnitř ledniček a mrazniček, které uchovávají vakcíny, léky a organické prvky.
Péče o sportovce	Sledování vitálních funkcí.
Dohled nad pacienty	Sledování zdravotního stavu pacientů v nemocnicích a v domácnostech.
Ultrafialová radiace	Měření UV slunečních paprsků pro varování obyvatel, aby nechodili na Slunce v určitých hodinách.