

**ČESKÉ VYSOKÉ ÚČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA DOPRAVNÍ**

Adilzhan Omarov

**VYUŽITÍ INTERNETU VĚCÍ (IOT) VE SKLADOVÁNÍ**

Bakalářská práce

2017



**K617** ..... **Ústav logistiky a managementu dopravy**

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Adilzhan Omarov**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**B 3710 – MED – Management a ekonomika dopravy a telekomunikací**

Název tématu (česky): **Využití internetu věcí (IoT) ve skladování**

Název tématu (anglicky): Internet of Things (IoT) Applications in Warehousing

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Internet věcí (IoT), technická stránka, nejdůležitější aspekty a jeho evoluce
- M2M, P2M a P2P propojení, inteligentní technologie (inteligentní zařízení, drony)
- IoT řešení a jejich využití v moderní ekonomice
- Možné využití IoT ve skladování
- Příklady existujících IoT řešení ve skladování



TECHNICKÉ V PRAZE



Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího bakalářské práce


Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)


Seznam odborné literatury: Pfister, C. Getting Started with the Internet of Things. O'Reilly, 2011  
Hwang, K. et al. Distributed and Cloud Computing: From Parallel Processing to the Internet of Things. Morgan Kaufmann, 2011

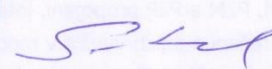
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Horák, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **30. června 2016**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **30. listopadu 2017**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

  
doc. Ing. Lukáš Týfa, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu logistiky a managementu dopravy

  
prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.  
děkan fakulty



Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

  
Adilzhan Omarov  
jméno a podpis studenta

V Praze dne .....6. září 2017

## PODĚKOVÁNÍ

Velice rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Tomášovi Horákovi, Ph.D. za jeho cenné rady, objektivní připomínky a profesionální přístup. Zároveň bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za podporu a motivaci během celého studia.

## PROHLAŠENÍ

Předpokládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne: 30. 11. 2017

Podpis:

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Dvořák' followed by a stylized initial 'D'.

## ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá fenoménem internetu věcí a jeho využitím ve skladování. V první části jsou vysvětleny základní pojmy a koncepce internetu věcí. Zde jsou uvedeny příklady jeho použití v různých odvětvích moderní ekonomiky s velkým důrazem na oblast logistiky. Druhá část práce se úzce věnuje možným scénářům použití internetu věcí ve skladovacích prostorech. Dále práce popisuje existující technologie na bázi IoT, které pomohou dosáhnout vyšší produktivity skladovacích procesů.

**Klíčová slova:** internet věcí, internet věcí v logistice, internet věcí ve skladování.

## ABSTRACT

This bachelor thesis deals with phenomenon of Internet of Things and its possible use in warehousing. First part explains the basic terms and concepts of the Internet of Things. Here are examples of its use in different modern economic sectors, special in logistics. The second part is closely devoted to the possible ways of using the Internet of Things in the warehouse areas. Then thesis describe existing technologies based on IoT, which helps achieve a higher productivity of warehouse processes.

**Keywords:** internet of things, internet of things in logistic, internet of things in warehousing.

# Obsah

<b>Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>1. Internet věcí</b> .....	<b>11</b>
1.1 Vymezení pojmů.....	12
1.2 Historie IoT a jeho evoluce.....	12
1.3 Technická stránka .....	14
1.3.1 Architektura IoT.....	14
1.3.2 Komunikační technologie .....	16
1.3.3 IPV6 .....	19
<b>2. Typy propojení</b> .....	<b>20</b>
2.1 IoT vs M2M.....	20
2.2 Typy propojení internetu věcí.....	20
2.2.1 Mezi zařízeními navzájem .....	20
2.2.2 Od zařízení do Cloudu.....	21
2.2.3 Od zařízení do brány .....	22
2.2.4 Mezi Cloudy .....	22
<b>3. IoT řešení a jejich využití v moderní ekonomice</b> .....	<b>24</b>
Spotřebitelský IoT .....	24
Průmyslový IoT .....	24
3.1 Uplatnění IoT .....	24
3.1.1 Domácnost.....	24
3.1.2 Energetika .....	25
3.1.3 Medicína.....	26
3.1.4 Zemědělství .....	27
3.1.5 Logistika a doprava.....	28
3.2 Aktuální situace IoT v ČR.....	38
<b>4. Internet věcí ve skladování</b> .....	<b>39</b>
4.1 Chytrá inventarizace.....	40

4.2 Detekce poškození zboží .....	41
4.3 Efektivnější organizace struktury skladu .....	41
4.4 Úplná viditelnost polohy a produktivity skladovacího inventáře .....	42
4.5 Detekce úrovně fyzického namáhání stroje .....	42
4.6 Automatizace procesu .....	42
4.7 Vyšší úroveň ochrany a zdraví personálu .....	42
4.8 Chytré řízení energie .....	43
4.9 Zvýšená ochrana systémů, objektů a věcí .....	43
<b>5. Příklady existujících IoT řešení ve skladování .....</b>	<b>45</b>
5.1 Amazon Robotics .....	45
5.2 CycloneCarrier .....	46
5.3 SmartLIFT .....	48
5.4 Sky – Trax System (Vehicle Tracking and Fleet management) .....	50
5.5 Hidden Energy System .....	50
5.6 Chytré regály .....	51
<b>Závěr .....</b>	<b>53</b>
<b>Seznam použitých obrázků .....</b>	<b>54</b>
<b>Použitá literatura a zdroje .....</b>	<b>55</b>



## Seznam použitých zkratk:

IoT	Internet of Things
IP	Internet protocol
TCP	Transmission internet protocol
GPS	Global Positioning System
LTE	Long – Term Evolution
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
IPv4	Internet protocol version 4
IPv6	Internet protocol version 6
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IT	Information technology
GSM	Global System for Mobile Communications
WMS	Warehouse Management System
WCS	Warehouse Controls System
BAS	Building Automation System
LED	Light – emitting diode

# Úvod

Všimli jste si, kolik nových a zvláštních výrazů se objevilo v poslední době? Je to čím dál tím složitější sledovat. Věci se kolem nás stávají chytrějšími (chytré domácí spotřebiče, chytré brýle, chytré regály apod.), připojují se k internetu a komunikují mezi sebou. To vše nám říká o tom, že vstupujeme do epochy propojeného světa, epochy chytrých věcí, epochy „Internetu věcí“ (anglický „Internet of Things“ nebo IoT).

Je evidentní, že internetu věcí výrazně změní náš každodenní život a bude mít obrovský dopad na transformaci různých odvětví ekonomiky, zejména logistiky. V minulosti zůstane hledání potřebného zboží, jeho deficit a nadprodukce, krádeže vozidel a mobilních telefonů. Bude přesně známo, co, na kterém místě a v jakém množství se nachází, vyrábí a spotřebuje. Díky autonomním vozidlům a jejich propojením s dopravní infrastrukturou, se sníží počet nehod. Doručení zboží bude probíhat ve stejný den objednaní, a to prostřednictvím dronů a robotů kurýrů. Lidé zmizí ze skladů, protože veškeré skladovací operace bude řídit inteligentní automatizovaný systém. To všechno více vypadá jako vzdálená budoucnost než realita, ale snad po bližším seznámení s touto prací se mně podaří Vám ukázat, že to není vzdálená budoucnost, ale skutečnost, kterou nelze ignorovat.

Nakolik přesná je definice internetu věcí, jak je technicky uspořádán a co způsobilo její vznik? Odpovědi na tyto otázky najdete v první části této práce. Zde nastíním také příklady použití v různých odvětvích moderní ekonomiky s velkým důrazem na oblast logistiky.

Po odhalení všech tajemství internetu věcí, co k němu patří, jak je funguje, v jakých oborech našel své uplatnění a jak je na tom Česká Republika se zaměřím k hlavní části práce, a to je použití IoT ve skladování. Ukážu, jakou roli má internet věcí v moderních skladech. Taky zde najdete společnosti a jejich technologie, které přispívají k vysoko-technologickému řízení zásob.

# 1. Internet věcí

Bezpochyby nyní žijeme v elektronicky propojeném světě. K dnešnímu dni je celosvětově registrováno 8.4 miliard zařízení připojených ke globální síti internet. [1] Již dneska můžeme pozorovat, jak se k internetu připojují nejen počítače a smartphony, ale i silniční kamery, parkovací terminály, regály ve skladovacích halách, domácí spotřebiče, fitness zařízení, a dokonce i zařízení pro zvířata. Společně a samostatně tyto zařízení nabízejí nové funkce a zcela nové příležitosti pro jejich spotřebitele. Například, pomocí smartphonu, který se nachází na druhém konci města nebo dokonce i na druhém konci světa, můžeme nastavit teplotu v domě, zapnout nebo vypnout světla nebo zkontrolovat, zda jsou zavřené vstupní dveře. Městské veřejné služby zpracovávají získaná data z měřicích přístrojů a dalších systémů pro efektivní řízení dopravní kongesce, spotřebu energie, uklizení odpadu a dalších služeb. V podstatě jsou všechny možnosti využití internetu věcí, omezeny pouze naší představivostí a kreativností.

Po přečtení několik desítek odborných článků a zpráv na téma Internet of Things, jsem byl přesvědčen o neexistenci jediné, obecně užívané definice tohoto pojmu. Různé společnosti používají odlišné definice pro popis nebo šíření určitého pohledu na to, co IoT reprezentuje a jaké jsou jeho základní charakteristiky. Některé definice odkazují na pojem internet nebo internetový protokol (IP), zatímco jiní jej vůbec nezmiňují. Abyste se mohli o tom přesvědčit uvedu několik definic z nejvíce respektovaných zdrojů.

Podle výkladu odborníků z Cisco Business Solutions Group (CBSG). IoT – je stav internetu, od doby, kdy počet zařízení připojených k internetu překročil světovou populaci. [2]

Analytická společnost Gartner ve své zprávě definuje pojem IoT (Internet of Things) jako síť fyzických objektů, obsahující technologie pro komunikaci a identifikaci nebo schopných měřit parametry vnitřního stavu a stavu vnějšího prostředí. [3]

Oxfordský slovník nabízí přesnou definici, ve kterém je internet považován za prvek IoT. Internet věcí (podstatné jméno): jedná se o připojení přes internet výpočetních zařízení, vestavených v předmětech každodenního života a zajišťujících možnost odesílání a přijímání dat těmito zařízeními. [4]

Další definice nám říká, že internet věcí je globální síť počítačů, sensorů, akčních členů (aktuátorů) komunikujících mezi sebou pomocí protokolu IP (Internet protokol). [5]

Všechny tyto definice podtrhují různé aspekty fenoménu internetu věcí z různých hledisek a perspektiv použití. Nicméně různé definice v dialogu na téma IoT, se mohou stát zdrojem nejasnosti, a proto je velmi důležité vymežit daný pojem.

## 1.1 Vymezení pojmů

V rámci dané bakalářské práce pod pojmem internet věcí (Internet of Things) budeme používat definice: globální síťová infrastruktura propojených objektů (věcí). Tu založíme na standardech a interoperabilních komunikačních protokolech, umožňujících výměnu a sdílení dat.

Uvnitř rozsáhle kategorie, jako je internet věcí, existují určité rozdíly a nuance. Na dané etapě budeme účelně vpisovat základní definici.

Za prvé pod pojmem „věcí“ (things) budeme rozumět doslovně jakékoliv neživé objekty nebo předměty (fyzický nebo virtuální).

Například obyčejná kniha nebo gramofonová deska jsou příklady především fyzických objektů. Avšak elektronická kniha nebo zvukový soubor formátu MP3 jsou to objekty virtuálního (multimediálního) světa, protože se skládají z binárního kódu, a ne z hmotné látky. Může to být cokoli: počítač, software, smartphone, tablet, žárovka, zámek dveří, kniha, boty, auta, letadlový motor a další. Každá věc obsahuje elektroniku, software a sensor, má unikátní identifikátor a použitím chytrého rozhraní jsou integrovány do informační sítě.

Za druhé „Síť“ nemusí reprezentovat pouze Internet, ale také lokální síť, v rámci, níž mohou věci mezi sebou komunikovat.

## 1.2 Historie IoT a jeho evoluce

Proslulý fyzik a vynálezce Nikola Tesla v roce 1926 se jako první nechal slyšet: „Když bude bezztrátovost perfektně aplikována, celý svět se stane jedním obrovským mozkiem, všechny věci se stanou součástí jednoho reálného a rytmického celku. Budeme schopni spolu komunikovat kdykoliv, bez ohledu na vzdálenost. Nejen to, ale prostřednictvím televize a telefonování se budeme vidět a slyšet tak dokonale, jako bychom stáli tváří v tvář, navzdory vzdálenosti tisíců mil, a nástroje, jejichž prostřednictvím bychom toho byli schopni, se budou podobat dnešním telefonům. Člověk bude schopen nosit takový přístroj v kapse vesty.“ [6]

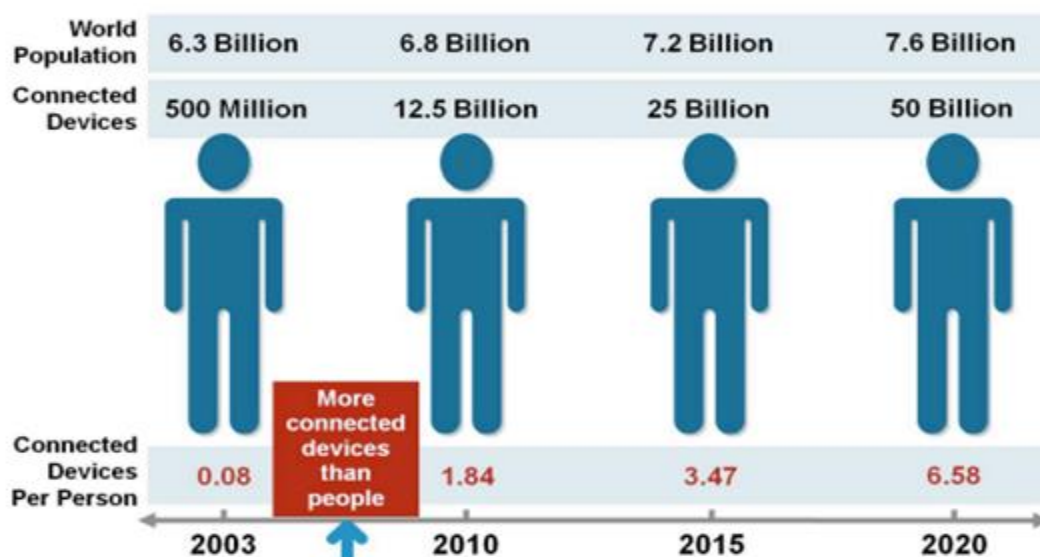
Pak v roce 1989 při svém působení v CERNu Tim Berners – Lee navrhuje World Wide Web (WWW) a koncem roku 1990 spouští první webový server na světě. [7]

Předpokládá se, že první formu internetu věcí na světě vytvořil jeden ze zakladatelů protokolů TCP/IP John Romkey v roce 1990, když připojil k síti svůj toustovač. [8]

Koncepci IoT a její definici poprvé zformuloval zakladatel výzkumné skupiny Auto – ID Kevin Ashton v roce 1999, když ve své prezentaci pro vedení společnosti Procter & Gamble vyprávěl o tom, jak komplexní zavedení RFID (Radio Frequency Identification)

tagů může změnit systém řízení logistického řetězce ve společnosti. V článku RFID Journal za rok 2009 pod názvem „Ten samý internet věcí“, Ashton zdůraznil: „Internet věcí umožňuje přejít od zápisu údajů zapsaných rukama člověka k zápisu údajů, které mohou být vykonávány jak člověkem, tak i strojem. Zatímco nyní se většina dat na internetu nachází ve formě textových souborů, zprav, audio, foto a video souborů. Internet věcí sbírá nová data, kombinuje je různými způsoby a poskytuje strojům a lidem širší a hlubší pochopení procesů.“ [9]

Za oněch času výzkumníci, již viděli v radiofrekvenční identifikaci zvěstovatele internetu věcí. Tato technologie spolu s bližší bezdotykové komunikací, čarovými kódy, QR – kódy a digitálními vodoznaky – posloužila mostem přes propast mezi fyzickými objekty a virtuálním světem.



Source: Cisco IBSG, April 2011

Obrázek 1. Časová stupnice změny počtu osob a zařízení připojených k internetu. Převzato z: [2]

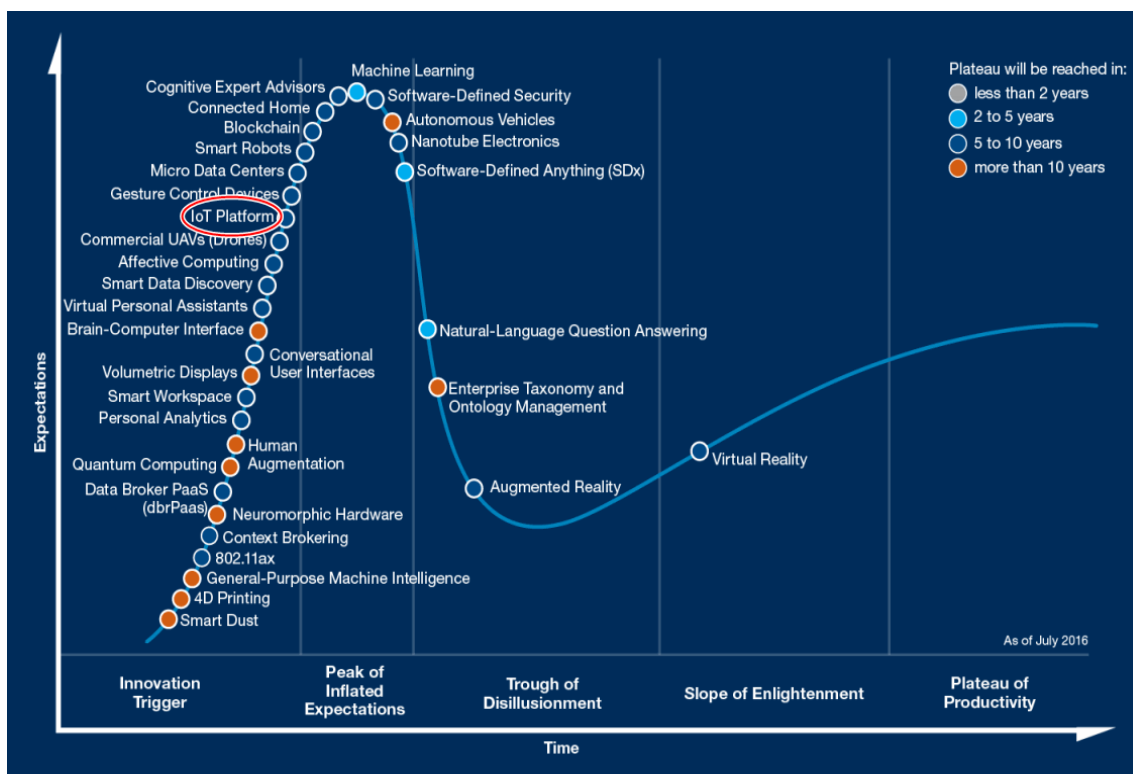
Následujících 10 let, mezi roky 2000-2010, internet věcí existoval ve stavu polospánku. V této dekádě zaznamenal raketový vzrůst trh s mobilními telefony a smartphony, který tak do jisté míry zastínil debatu o internetu věcí. V roce 2008 nastala finanční a hospodářská krize, výnosy se snižovaly a starý model růstu začal ztrácet profitabilitu. Průmysloví vizionáři začali přemýšlet. Jaký bude další trend? Kdo povede průmysl mobilních komunikací? A kam budou investovány velké peníze, v příštích letech?

Období od roku 2008 do roku 2009 analytici Americké společnosti Cisco IBSG považují za klíčové z hlediska příchodu internetu věcí. Dle odhadů v tomto období počet zařízení připojených k internetu překročil světovou populaci (Obrázek 1.). Analytici předpovídají,

že k roku 2020 bude připojeno více než 50 miliard zařízení, z nichž 17 % budou tvořit osobní počítače, tablety a smartphony. Zbýlých 83 % bude spadat pod zařízení IoT. [10]

Zisky, které plynou z tak razantní expanze způsobů využití internetu věcí, jsou při nejmenším slibné. IoT je tedy po období standby velkým příslibem do budoucna.

Již zmiňovaná výzkumná – analytická společnost Gartner od roku 1995 pravidelně zpracovává grafy cyklu dospělosti technologií (tzv. S – křivka nebo křivka hype), v nichž zachycuje vývoj technologií, které se uplatnily na trhu. V posledním zpracovávaném grafu za rok 2016, IoT zaujal perspektivu v oblasti inovačních technologií s termínem od 5 do 10 let (Obrázek 2.). [11]



Obrázek 2. Cyklus dospělosti technologie. Převzato z : [11]

### 1.3 Technická stránka

Z technického hlediska IoT představuje soubor různých zařízení, snímačů a senzorů připojených k síti prostřednictvím libovolných dostupných komunikačních kanálů, které využívají různé komunikační technologie pro vzájemnou interakci a jediný komunikační protokol přístupu (IP – internet protocol) ke globální síti.

#### 1.3.1 Architektura IoT

Architektura IoT nám ukazuje technologie, které patří do IoT a jak jsou tyto technologie mezi sebou propojeny. Architektura se skládá z těchto čtyř základních bloků:

## – Sít' vysílačů

Nejnižší blok architektury IoT zahrnuje chytré věci integrované senzory (vysílače, snímače, tagy). Senzory – jsou to oči, uši, nos a prsty internetu věcí. V podstatě právě jsou tou magickou silou, která přivádí internet věcí k činnosti. Umísťují se na jakoukoliv věc, ze které sbírají data v reálném čase. Podle účelů, ke kterým budou využity, rozlišujeme různé typy senzorů, např. senzor pro měření teploty, tlaku, rychlosti pohybu, polohy apod. Senzor může mít malou paměť, která umožňuje zapisovat několik měření.

Velká část senzorů používaných v IoT požaduje spojení s branou, které může být realizováno v rámci lokální sítě (LAN, Local Area Network), a to například prostřednictvím spojení Ethernet a Wi-Fi, nebo osobní sítě (PAN, Personal Area Network) skrze Bluetooth, ZigBee a ultra – širokopásmové bezdrátové technologie (UWB, Ultra – Wide Band). Podrobně se tomuto tématu budu věnovat v kapitole „Komunikační protokoly“.

## – Brána a sít'

Velké množství dat nasbíraných z různých senzorů, snímačů, musí být nějakým způsobem přepraveno do Řídící služby. Právě pro tento účel slouží daný blok, který vystupuje v roli přepravce dat z první vrstvy do třetí. Tato vrstva požaduje velkou paměť a spolehlivou, vysoce výkonnou, drátovou, nebo bezdrátovou síťovou infrastrukturu.

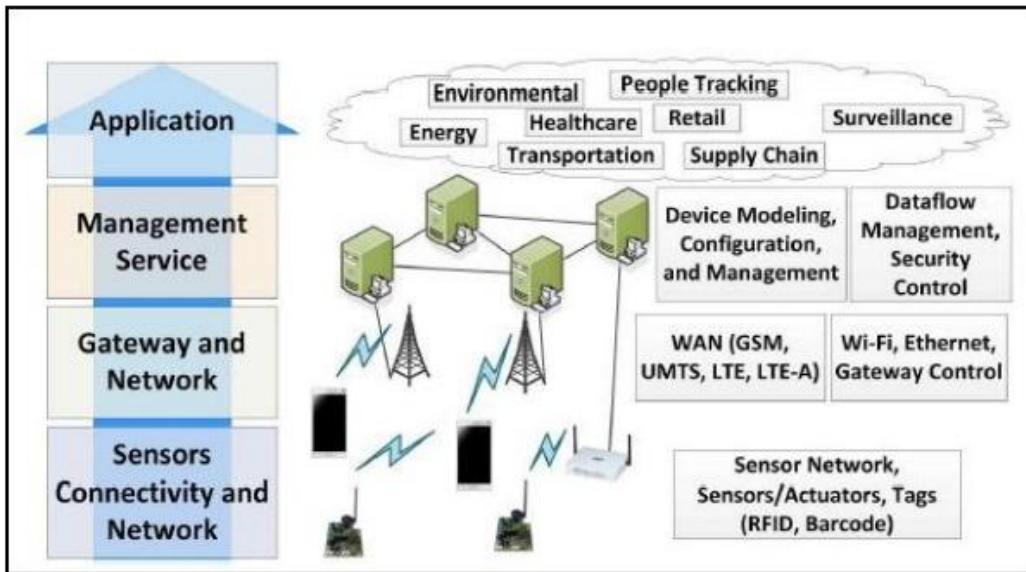
Dalším účelem, ke kterému slouží daná vrstva je integrace různých typů síťových protokolů zařízení. Zařízení IoT nemají stanovenou jedinou standardizovanou síťový protokol. Připojení k síti probíhá pomocí různých kanálů.

## – Řídící služba

Zatím co nejnižší vrstva sbírá data tato vrstva je analyzuje. Zajišťuje jejich statistické a inteligentní zpracování, uložení, zabezpečení jejich ochrany, filtrace nežádoucích dat a konečné zpracování pro extrakci informací. Řídí tok dat.

## – Aplikace

Nejvyšší vrstva architektury IoT. Tento blok je zodpovědný za efektivní využití naměřených a zpracovávaných dat a prezentaci výsledků. Zahrnuje různé typy aplikace pro různé průmyslové odvětví a oblastí činnosti (doprava, energetika, obchod, zdravotnictví, domácnost a apod.)



Obrázek 3 Architektura IoT. Převzato z: [12]

### 1.3.2 Komunikační technologie

Naměřená data je nutně nějakým efektivním způsobem přenášet, pro tento účel existují různé komunikační technologie. Počínaje technologií pro komunikaci v rámci jedné místnosti (RFID, NFC, Bluetooth, Wi-Fi a další) až po komunikaci ve vzdálenosti několik tisíc kilometrů (GPS, LTE, WiMAX). Jejich použití závisí na: přenosové rychlosti, spotřebě energie, dosahu a frekvenci.

Místa kam se dají sensory nainstalovat jsou tak různorodé, že použití pevné infrastruktury sítě (kabely) je velmi nevýhodné, právě z tohoto důvodu se nejčastěji používají bezdrátové komunikační technologie.

V následující kapitole uvedu několik základních a nejčastěji používaných druhů komunikačních technologií v rámci IoT.

#### – RFID (Radio Frequency Identification)

Radiofrekvenční identifikace není jen nástroj ke snížení nákladů a zvýšení zisku, ale i most, spojující fyzický svět s virtuálním. Tato technologie je založena na mikroobvodech, které sbírají a odesílají informaci z RFID tagů díky snímači využívajícího radiové vlny. RFID technologie používá jak „aktivní“ tagy se zdrojem energie (např. baterie), tak i „pasivní“ tagy, který nepotřebují doplňkový zdroj energie. RFID dokáže automaticky identifikovat jakékoli objekty. Tag může obsahovat informace např. datům minimální trvanlivosti výrobku. [13]



## – NFC

NFC (Near Field Communication) je komunikace na blízkou vzdálenost (maximálně 4 cm). Jedná se o elektromagnetickou bezdrátovou technologii, sloužící ke komunikaci mezi zařízeními. Na rozdíl od Bluetooth a Wi-Fi, které pro komunikaci používají radiové vysílání, zde komunikace probíhá pomocí elektromagnetické indukce. Výměna dat probíhá mezi aktivním vysílačem a pasivním prvkem (označovaný jako NFC štítek). NFC štítek nepotřebuje žádnou baterii, napájení probíhá pomocí elektromagnetického pole, které vysílá aktivní prvek. V podstatě se jedná o malou nálepkou s NFC čipem. Ten může obsahovat jakákoli data, například hesla, PIN kódy apod. Velikost těchto dat obvykle nepřesahuje 4 KB. [14] Výhodou je rychlé a snadné umístění. Doba spojování je 0,1 s.

## – Bluetooth Low Energy

Bluetooth je jedna z nejčastěji potkávaných v běžném životě bezdrátová komunikační technologie. Název technologie pochází od dánského krále Haralda Gormsona zvaného Modrozub (anglicky Bluetooth), který spojil dohromady Dánsko a Norsko. [16] Jedná se o komunikační technologii na krátkou vzdálenost. Definovaná standardem IEEE<sup>1</sup> 802.15.1. Data se přenáší prostřednictvím radiové frekvence. Díky relativně vysoké rychlosti přenosu dat a celkem dobré energetické náročnosti technologie Bluetooth je široce využívána v mobilních telefonech, stolních počítačích, notebookech, tiskárnách, fotoaparátech, sluchátkách, hodinkách a v mnoha dalších elektronických zařízeních.

Bluetooth Low Energy (Bluetooth 4.2) je nový standard vyvinutý skupinou Bluetooth SIG (Special Interest Group). Na rozdíl od předchozích standardů – Bluetooth 2.0, Bluetooth 2.1 + EDR, Bluetooth 3.0, BLE se vyznačuje kratší dobou připojení, spolehlivostí a bezpečností, nižší spotřebou energie, rychlejším přenosem dat a možností připojení k internetu. [17] Zařízení s technologií BLE mohou komunikovat na vzdálenosti do 100 m a být v provozu déle než jeden rok na jedné knoflíkové baterii bez dobíjení. Právě proto je daná technologie ideální pro IoT.

## – Rodina standardů IEEE 802.11 (Wireless Fidelity).

IEEE 802.11 reprezentuje sady komunikačních norem pro realizaci bezdrátové lokální sítě v různých frekvenčních pásmech. Sem patří standardy 802.11 a/b/g/n, každý, z nichž se liší přenosovou rychlostí dat. Od roku 2001 uživatelem je známý pod názvem

---

<sup>1</sup> IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) – mezinárodní organizace zabývající se standardizací všech síťových standardů.

Wi – Fi. Název byl přijat Aliance pro kompatibilitnost bezdrátového ethernetu (WECA), jako značka pro všechny produkty splňující normu 802.11 b.

Wi – Fi (Wireless Fidelity) – je jedná z nejpoužívanějších bezdrátovou komunikačních technologií pro připojení k síti internet. Používá se pro vytváření domácí a kancelářské sítě. Komunikace probíhá pomocí vysokofrekvenčního rádiového vysílání. Základní výhodou Wi– Fi nad ostatníma technologiemi je vysoká rychlost přednostu dat 600 Mb/s, ve chvíli, kdy Bluetooth LE má 1Mb/s. Funguje v pásmech 2.4 GHz a 5 GHz. [17]

#### – **ZigBee**

ZigBee je bezdrátová komunikační technologie s nízkou spotřebou energie a příznivou cenou. Využívá se pro propojení jednotlivých zařízení v relativně malé oblasti. Dosah dané technologie činí od několika centimetru až po několik desítek metru. Definovaná standardem IEEE 802.15.4. Tato technologie postavena na malých digitálních anténách, vysílá na rádiových frekvencích 868 MHz (Evropa), 915 MHz (Severní Amerika) a 2,4 GHz (kdekoli jinde). [18] Zařízení integrované technologie ZigBee mohou být v provozu bez nutnosti nabíjení baterie měsíc nebo dokonce i rok. Technologie ZigBee je vhodná k přenosu malého množství dat, přenosová rychlost je 259 Kb/s.

#### – **ZWave**

Platforma pro připojení elektronických zařízení, jako jsou systémy osvětlování, přístupu, termoregulací, bezpečnosti a domácí spotřebiče. Na rozdíl od Bluetooth, Wi– Fi, ZigBee řešení (které fungují ve frekvenčním pásmu 2,4 GHz), Z– Wave používá nízkofrekvenční pásma o rozsahu 900 MHz, což poskytuje velmi nízkou míru rušení signálu. Využívá se především pro inteligentní řešení domácnosti. Tato platforma umožňuje výměnu dat rychlosti 100 Kb/s. Dosah technologie činí 50 m venku a cca 30 m uvnitř místnosti. [19]

#### – **LoRaWAN**

LoRa (Long Range) patří do kategorie LPWAN<sup>2</sup> sítě. Byla vyvinuta Americkou společností Semtech. Technologie. LoRa zahrnuje v sobě modulátor signálů a otevřený síťový protokol LoRaWAN (Long Range Wireless Area Network). [20] Díky modulaci signálu, přijímače LoRa mají vysokou citlivost, což umožňuje komunikace mezi zařízení na vzdálenosti až 30 km při rychlosti 0,3 – 50 Kb/s, s minimální spotřebou energie. Tato technologie je určena pro různá měřidla a senzory. Funguje na baterie typu AA.

---

<sup>2</sup> LPWAN (Low Power Wireless Area Network) – globální síť s nízkou spotřebou energie. Propojuje uživatele a síť ve vzdálenosti stovek a tisíc kilometru.

## – SigFox

Tato komunikační technologie je určena pro nové pokolení zařízení IoT. Stejně jako LoRaWAN patří do kategorie LPWAN sítě. Jedná se o energeticky nenáročnou komunikace na velkou vzdálenost. Sigfox je určen pro přenos malého množství dat. Denně může poslat až 140 zpráv, kde každá zpráva může obsahovat do 12 bajtů užitečné informace. Pracuje v pásmu 868MHz (906 MHz v USA). Přenosová rychlost 100 bitů/s, velmi nízká spotřeba energie. Sensory a zařízení s technologií Sigfox, bez nabíjení schopné vydržet na jedné baterie typu AA 15 až 20 let, a přitom komunikovat s velmi vysokou spolehlivostí a bezpečností. [21]

### 1.3.3 IPV6

Zpravidla pokud chceme připojit jakékoliv zařízení ke internetu, musí jí být přidělena vlastní IP adresa. IP (internet protokol) je jediný komunikační protokol přístupu ke globální síti. Představuje systém identifikace a lokalizace zařízení v síti. První verzí tohoto protokolu byl IPv4 (Internet protocol version 4), který nabízel  $2^{32}$  (cca 4,3 miliarda) použitelných IP adres.

Na cestě k realizace internetu věcí, stál problém s protokolem IPv4, jehož zdroje dostupných síťových adresy byli téměř vyčerpány. Nicméně globální přechod na verze protokolů IPv6 umožnilo vyřešit tento problém. Nejnovější verze protokolu IPv6 nabízí  $2^{128}$  (cca  $3,4 \times 10^{38}$ ) adresy, což o  $8 \times 10^{28}$  krát více než IPv4. [22]

## 2. Typy propojení

V současné době se využívají tři základní typy připojení: [23]

- **Machine to machine (M2M)** je typ komunikace mezi stroji, která umožňuje vzájemné sdílení dat bez účasti člověka. Tato technologie se využívá především v průmyslové automatizaci a logistice. M2M komunikace se používá v oblasti dopravy pro diagnostiku motorů, monitorování vozidel a komunikace mezi vozidly.
- **Machine to people (M2P)** reprezentuje komunikace mezi člověkem a strojem. Zahrnují informací generovanou strojem a předávanou jednotlivým osobám. Přináší zvýšení komfortu v domácích a podnikových automatizačních systémech (např Automatické textové zprávy od banky týkající se aktualizací účtu nebo zasílání bezpečnostního kódu).
- **Person to person (P2P)** jedná se o přímou komunikace mezi lidmi, elektronickými dopisy, SMS zprávami, videokonferencemi, mobilním voláním a komunikací přes sociální sítě (Facebook, Instagram, Twitter, Vkontakte).

### 2.1 IoT vs M2M

Řada technických odborníků se domnívá, že internet věcí popisuje komunikaci mezi stroji (M2M) a autor článku „What is M2M?“ Brian Ray, dokonce tvrdí, že IoT je jen marketingový název M2M []. Ve skutečnosti mezi IoT a M2M je velký rozdíl.

M2M je technologie, pomocí kterého dva nebo více strojů mohou komunikovat jednorázově podle předchozího naprogramování. IoT – znamená připojit k sítí jakoukoliv věc, ačkoliv „věc“ nebyla původně počítačím strojem (např knižní police a obyčejná papírová kniha). Pak na rozdíl od M2M komunikace mezi věcmi v IoT probíhá neuspořádaně a neustále. Dál je rozdíl v tom, že internet věcí umožňuje komunikovat prostřednictvím mnohem širší sítě než M2M.

### 2.2 Typy propojení internetu věcí

V březnu 2015 Komise internetové architektury (IAB) vydala směrný dokument o architektuře síťového propojení inteligentních objektů (RFC 7452). Ten definuje koncepční zásady pro čtyři způsoby propojení mezi prvky IoT systému. [25]

#### 2.2.1 Mezi zařízeními navzájem

Tento způsob reprezentuje dvě nebo více navzájem propojených zařízení („model propojení vidíme na obrázku 4.“). Zařízení komunikují přímo mezi sebou, nikoliv prostřednictvím mezilehlého aplikačního serveru. K vytvoření přímého spojení se

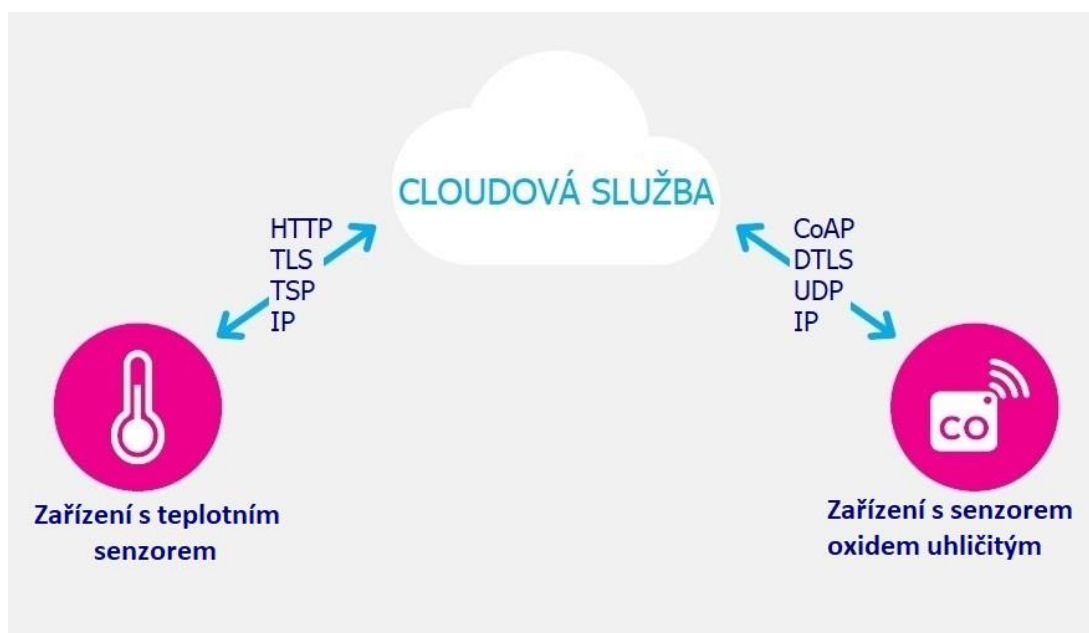
používají technologie jako Bluetooth, Z – Wave nebo ZigBee. Tento komunikační model se běžně uplatňuje při automatizaci domácnosti, kde není většinou kladen důraz na velkou přenosovou rychlost a propustnost sítě.



Obrázek 4. Model připojení mezi zařízení navzájem

## 2.2.2 Od zařízení do Cloudu

V komunikačním modelu od zařízení do cloudu se zařízení IoT připojují přímo k cloudové službě (model znázorněna na obrázku 5.). Muže to být například pronájem klientských aplikací pro výměnu dat a řízení provozu zprav). K tomuto způsobu propojení se často používají komunikační technologie typu tradičního ethernetu nebo Wi – Fi, které vytváří spojení mezi zařízením IoT a sítí IP. Ty se poté připojují k cloudové službě. Toto cloudové spojení poskytuje uživateli vzdálený přístup věcí (např. k termostatu) a aktualizace softwaru prostřednictvím smartphonu nebo webového rozhraní.

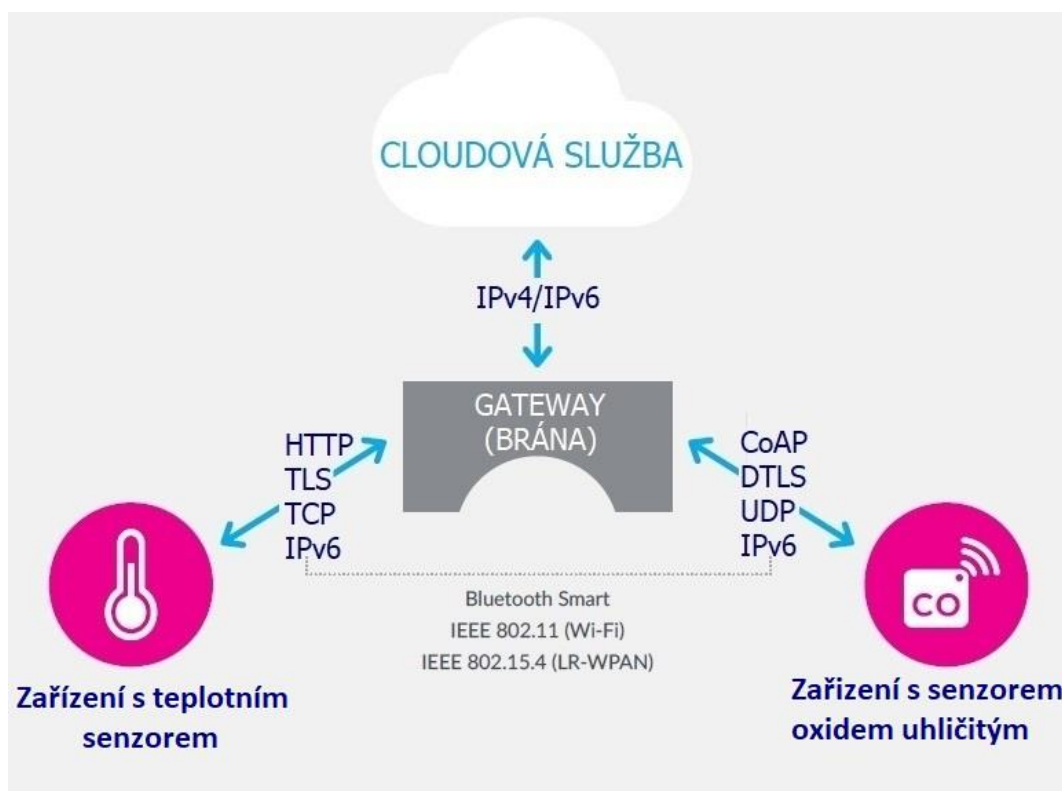


Obrázek 5. Model připojení od zařízení do cloudu

### 2.2.3 Od zařízení do brány

Tento model komunikace se používá, pokud internet věcí nepodporuje protokoly IP a HTTP, ale podporuje komunikační protokoly jako např. ZigBee nebo Bluetooth. (Obrázek 6.)

A lze ho také použít pro připojení k cloudové službě v tomto případě brána vystupuje v roli brokera. Slouží prostředkem pro spojení lokální sítě internetu věcí s globální sítí a s řídicí službou nebo s koncovým uživatelem. Brána poskytuje bezpečnost a další funkce například integrace různých typů síťových protokolů a dat. Dalším případem využití tohoto modelu je integrace zařízení podporujících pouze protokol IPv6, poté je brána nutná pro zařízení a služby, podporujících pouze protokoly IPv4. Jednoduchým příkladem tohoto způsobu propojení je sportovní náramek, která nemá funkci přímého spojení s cloudovou službou, a proto používá aplikace smartphonu jako brány pro připojení.

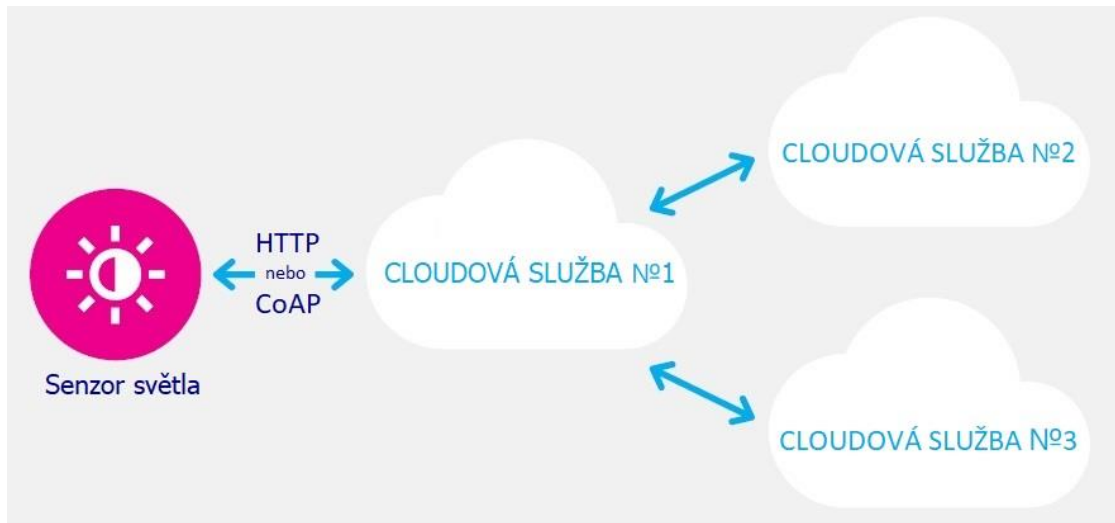


Obrázek 6. Model připojení od zařízení do brány

### 2.2.4 Mezi Cloudy

V rámci tohoto modelu (obrázek 7.) je možné vzájemné sdílení dat mezi cloudy. Uživatelé mají možnost porovnávat, exportovat a analyzovat data z inteligentních zařízení. Ty jsou připojeny k jedné cloudové službě s daty z jiných zdrojů a posílají ji

dalším službám, pro agregace a analýzu. Model umožňuje poskytovat třetí straně (jiným poskytovatelem cloudových služeb) přístup k zařízení IoT a jejím naměřeným datům.



Obrázek 7. Model připojení mezi cloudy

### 3. IoT řešení a jejich využití v moderní ekonomice

Internet věcí otevírá široké sociální a ekonomické perspektivy pro moderní ekonomiku. Podle navržené ontologie od Intelu, rozlišujeme dva hlavní směry vývoje internetu věcí. Jedná se o spotřebitelský (Consumer IoT) a průmyslový internet věcí (Industrial IoT). [26]

#### – Spotřebitelský IoT

Směr internetu věcí, který se orientuje na jednotlivé uživatele. Patří mezi ně nositelná elektronika (smart band, smart watches, smart glasses, smart headphone) a chytré zařízení pro automatizaci v domácnosti (pračky, lednice, kávovary, žaluzie, osvětlení, kamery, termostaty).

#### – Průmyslový IoT

Jedná se o převládající segment IoT. Průmyslový internet věcí spojuje technologie a procesy z oblasti, jako jsou big data, umělé inteligence a mezi strojová komunikace (M2M). Používá se především v průmyslových odvětvích, jako jsou: průmyslová automatizace, energetický průmysl, dopravní průmysl a zdravotnictví. Někteří ho nazývají čtvrtou vlnou revolučních průmyslových inovací (předchozí otevřely světu mechanizací, masovou výrobou a zavedení počítačů a elektroniky), a jiní jenom chytrým průmyslem nebo chytrou výrobou. [27]

### 3.1 Uplatnění IoT

Největšího uplatnění se internet věcí dočká v domácnostech, energetice, zdravotnictví, zemědělství, dopravě a logistice. Možná ještě výraznější dopad může IoT mít ve výrobě. Dokonce se někdy mluví o nové průmyslové revoluci (průmysl 4.0.), protože propojení strojů a dalších senzorů ve výrobních podnicích přinese lepší využití výrobních prostředků, zvýšení efektivity práce i dodavatelského řetězce.

#### 3.1.1 Domácnost

Internet věcí v domácnosti, díky propojení „chytrých“ věcí a zařízení do společné sítě, poskytne jednodušší pohodlnější formu bydlení. Systém inteligentní domácnosti typicky řídí elektřinu, osvětlení, vytápění, klimatizaci, bezpečnostní systémy, multimédia (audio a video), dveřní zámky a další. Každý uživatel si může nastavit svou domácnost podle svých potřeb.

Výhody inteligentní domácnosti:

- 1) Snížení spotřeby zdrojů (voda, plyn, elektřina)



- 2) Vysoká úroveň pohodlí
- 3) Snížení pravděpodobnosti výskytu havarijních situací

Více se tomuto tématu věnuje Lucie Smetanová ve své bakalářské práci „Internet věcí pro komerční účely“.

### 3.1.2 Energetika

Zavedení technologie IoT v energetickém průmyslu výrazně zvětšit efektivnost odvětví a spolehlivost infrastruktury. Umožní snížit náklady jak výrobcům elektřiny, tak i jejím spotřebitelům. Díky dálkovému monitoringu se zlepší ovladatelnost rozvodů, elektrických vedení a jiných elementů sítě. V důsledku čehož se sníží provozní náklady.

Na základě platformy Predix od General Electric bylo vytvořeno řešení pro společnost, která vlastní více než 80 tisíc km elektrického vedení. Údržba těchto vedení vyžadovala 2 tisíce zaměstnanců. Nyní je nahrazují drony, které přenášejí data do speciální analytické aplikace. [29] Tato aplikace při nalezení nebo výskytu poruchy automaticky oznamuje technickým pracovníkům. Zavedení tohoto systému umožní podnikům podobného rozsahu ušetřit každoročně milion dolarů.



Obrázek 8. Drony pro kontrolu energetických zařízení. Převzato z [29]

Dalším příkladem využitelnosti technologie IoT v energetickém průmyslu může být prognostické monitorování a diagnostické systémy. V energetickém průmyslu se používá velké množství nákladních technických zařízení (turbíny, čerpadlo, kompresory), pro které je porucha kritická a velmi nákladná. Technologie internetu věcí nám umožňuje vmontovat do turbíny sensory pro měření výkonu nebo teploty stroje. Pak tyto data prostřednictvím sítě přenášena do monitorovacího centra, kde na základě

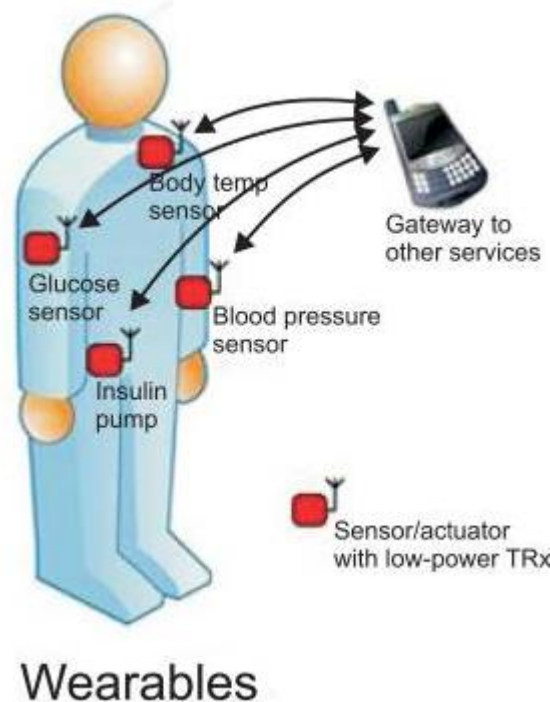
složitého matematického modelu probíhá jejich zpracování a stanovují se předpovědi (kolik času zbývá před opravou, kdy a z jakého důvodu může zařízení selhat, jaká je životnost stroje).

### 3.1.3 Medicína

Výskyt technologie IoT v medicíně se v praxi obvykle realizuje ve formě monitorovacích systémů lidského zdraví s použitím různých bio senzorů a snímačů. Potenciál pro internet věcí v oblasti zdraví a sociální péče je viděn ve čtyřech příležitostech:

– **Monitoring fyziologického stavu člověka.**

Fyziologické údaje naměřené různými senzory, měřiče tlaku, srdečního tepu, umožní prevenci a včasné rozpoznání nemoci. Zařízení, která můžeme mít připnuta na svém těle, by mohla snížit počet návštěv lékaře. (Obrázek 9.)



Obrázek 9. Sensory a zařízení na těle člověka. Převzato z [30]

Soukromá nemocnice The Spire ve městě Hove na jižním pobřeží Anglie, již využívá pro své pacienty bezdrátová detekční a záznamová zařízení. Ta poskytují data o srdečním tepu, úrovni dýchání, teplotě pacienta a upozorňuje zdravotníky na hodnoty přesahující stanovenou mez.

– **Monitoring lékařů a pacientů v nemocnici.**

V současné době Oregonská univerzita vědy a zdraví (OHSU – Oregon Health and Science University) v Portlandu zkoumá možnost přidělení tagů pacientům a lékařům.

Toto přidělení umožní lépe porozumět tomu, kde jsou a jak tráví svůj čas. Jakým způsobem se pohybují po areálu nemocnici a jak dlouho pacienti čekají na lékaře. „Tato technologie nám pomáhá pochopit, jak můžeme zvýšit naši produktivitu“, říká Dennis Minsent, vedoucí oddělení klinických technologií. [30]

#### – **Monitoring zdravotnického vybavení v nemocnicích**

V několika vědeckovýzkumných univerzitách se tagy také přidělují nejrůznějším zdravotnickým vybavením, počínaje od infuzní pumpy do berle, což usnadňuje jejich vyhledávání. Kromě toho, je pomocí tagů snazší sledovat pracovní charakteristiky zařízení. Dany přístup nejen šetří čas na vyhledávání a kontrolu zařízení, ale také pomáhá se přesvědčit o tom, že jsou v provozním stavu.

#### – **Výzkum**

Velké objemy dat, které sbírají sensory na těle člověka, mohou být využity pro vědecké výzkumy. Například vliv medikace na pacienta, jeho životní stylu a jeho prostředí (alergeny, sluneční záření a znečištění).

Dnes vědci vyvíjejí senzory, které dokážou definovat vůně, chuť a další složité úkoly. V červenci 2013, ve vědeckém článku *Journal of Chromatography* se mluvilo o tom, že psy podle vůně schopny rozpoznat u člověka melanomy [31]. Díky tímto biomarkerům vědci vyvinuli nanosenzor, který umožňuje „ucítit“ melanom na rané etapě.

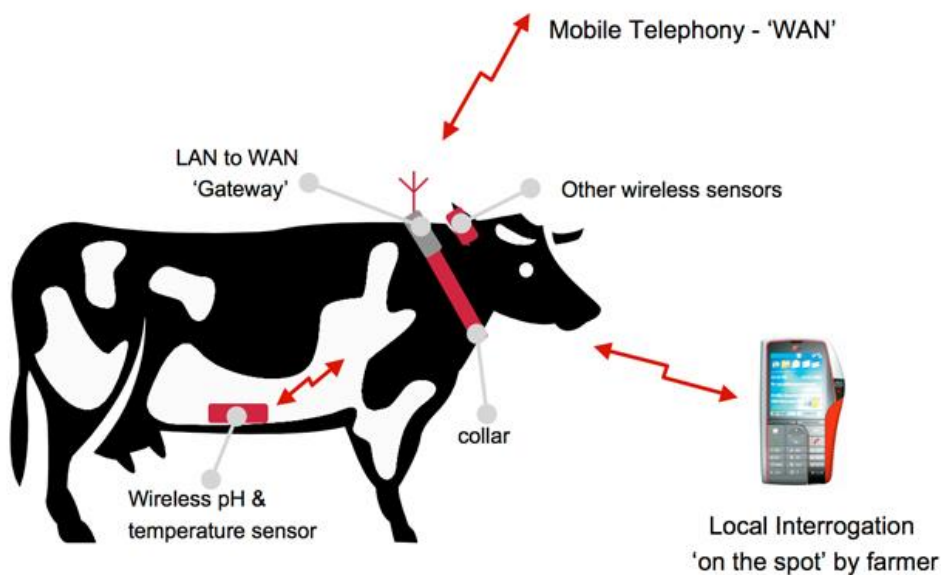
### **3.1.4 Zemědělství**

V tradičním zemědělství, hnojení, zavlažování a postřik pesticidů, jsou přímo závislé na lidském faktoru a založeny na zkušenosti a fyzické práci rolníků. Dnes zemědělství přestává být konzervativním, nyní se otázky efektivity a produktivity řeší pomocí moderních technologií IoT senzory umožní zvýšit produktivitu farmy (hlídání plodin, monitoring zemědělských strojů, měření vlhkosti a PH půdy). Analytické cloudové služby poskytnou lepší plánování chovu zvířat a zvýšení jejich populace.

Například ve výzkumném projektu Agri – tech Catalyst, 3D – kamery se používají k identifikaci a výběru zeleniny, které už dozrála ke sklizení. To umožňuje automatizovat sklizeň. [32]

Na celém světě je 70 % čisté vody využíváno pro zemědělskou potřebu, přitom 60 % z ní se zbytečně promarní. [33] Chytré systémy jako Nano Ganesh jsou schopny řešit tento problém. Jedná se o mobilní systém dálkového ovládání vodních čerpadel. Varuje hospodáře před unikem a poruchou zařízení.

Pomocí obojků Smartbell (obrázek 11.), jsou farmaři schopny nejen sledovat v reálném čase polohu svého stáda na pastvě, ale také monitorovat jeho zdravotní stav. [34]



Obrázek 10. Internet of Cows. Převzato z [34]

### 3.1.5 Logistika a doprava

Pokud si představíme miliony zásilek, různých velikostí, hmotnosti s libovolným obsahem, odeslaných, přemísťovaných, sledovaných a vzájemně působících s různými mechanismy, dopravními prostředky a lidmi, pak není překvapující, že logistika je jedním z klíčových oborů, ve kterém se nejvíce uplatní internet věcí.

Markus Voss, IT a provozní ředitel společnosti DHL Supply Chain řekl: „Výdaje na logistická řešení by se měla do roku 2020 více než zdvojnásobit a mnohé logistické společnosti včetně Deutsche Post DHL Group již začaly zkoumat možnosti využití technologie internetu věcí v dodavatelských řetězcích, a to od dokonalejšího sledování aktiv až po automaticky řízená vozidla“. [35]



Obrázek 11. Internet věcí v logistice. Převzato z [36]

Na Mezinárodní technologické konferenci DHL (DHL Global Technology Conference) v Dubaji společnost DHL (světový lídr v oblasti logistických služeb) a Cisco (lídr v oblastech informačních technologií) zveřejnili společnou zprávu o tendencích vývoje internetu věcí („*Internet of Things Trend Report*“). Podle této zprávy, se do 10 let oblast logistiky očekává zvýšení úrovně efektivity, díky zavedení technologii IoT.

Technologie IoT pomůže v koordinaci všech aspektů činnosti nákladní dopravy a skladových operací. Umožní společnou interakci různých logistických systémů a aktivů.

Senzory IoT je možno instalovat do kontejnerů, palet a logistické infrastruktury. V roli této infrastruktury mohou vystupovat dopravní prostředky, překládací body (přístavy, letiště, sklady, vnitřní stroje: nakladače, jeřáby, pásové linky a další podružné prvky), silnice, dálnice, železnice, lodní kanály. Každý z prvků infrastruktury bude vlastnit dostatečným množstvím snímačů a senzorů, jejichž naměřená data umožní celkově optimalizovat dodavatelský řetězec.

Výhody, které nás očekávají zavedením technologie IoT do logistiky:

### **Monitoring zboží**

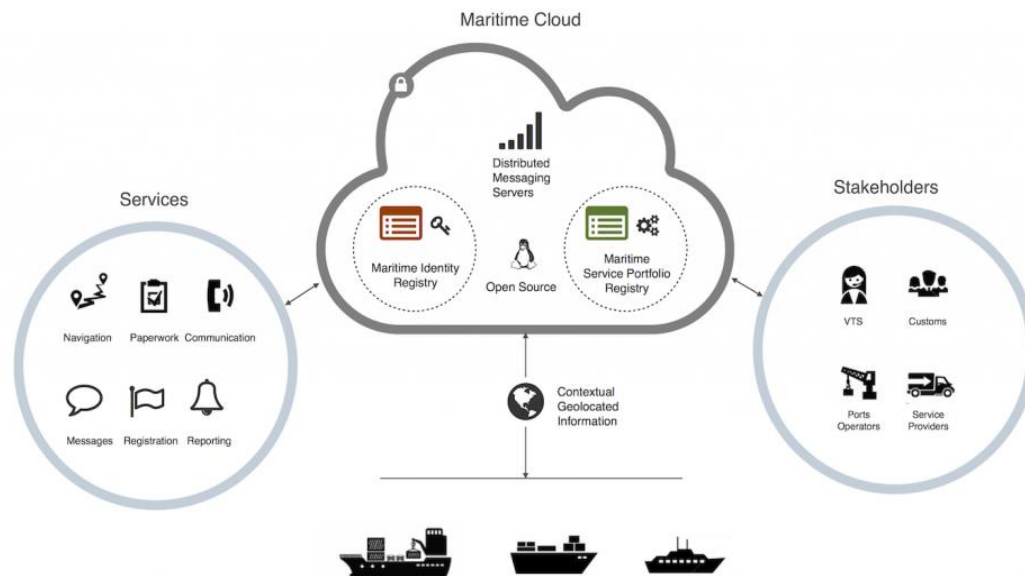
Jedním z hlavních úkolů logistiky je kontrola zboží a dopravních prostředků na celém dodavatelském řetězci.

Technologie sledování materiálových zásob, kde se často používá radiofrekvenční identifikace, umožňuje identifikovat fyzické aktivity a sledovat jejich pohyb v procesu odbytu a vyrábění. Velkoobchodní a maloobchodní společnosti, již více deseti let používají tyto systémy ke sledování polohy zboží na úrovni kontejnerů. [37] Nicméně nyní díky rychlému vývoji satelitního spojení, komunikačních technologií, moderních senzorů s nízkou spotřebou energie a dalších technologií internetu věcí, prodejci a další účastníci nákladní dopravy používají tyto systémy na úrovni jednotek zboží. To umožňuje vytvořit mnohem efektivnější systémy sledování a využít zcela nové funkce a možnosti.

Kromě polohy, vývoj technologie IoT umožní dálkový monitoring stavu zboží. Pro sledování parametrů, jako je teplota, vlhkost, úroveň vibrací nebo úhel sklonu, se používají senzory připojené k sítím, které jsou instalovány do kontejnerů, krabic nebo do samotného produktu. Velkou výhodou IoT v porovnání s tradičními řešeními je schopnost okamžité reakce pro minimalizaci nebo zabránění možného poškození.

Po analýze těchto údajů bude možné stanovit na jakém úseku v řetězci je největší pravděpodobnost poškození zboží pak vytvářet optimální, bezpečné trasy a vybrat optimálního dopravce.

Švédská společnost Ericsson díky platformě Ericsson Maritime ICT Cloud (obrázek 12.) poskytuje svým zákazníkům informaci o zboží v reálném čase. Senzory monitorují vše od polohy lodi a její rychlosti až po teplotu zboží.



Obrázek 12. Ericsson Maritime ICT Cloud. Převzato z [38]

Systém nejen sleduje náklad a lodě, které ho přepravují, ale také dává všem zúčastněným stranám možnost dostávat a analyzovat data v reálném čase od výrobního skladu až po konečného příjemce, a to na každé etapě dodavatelského řetězce. „Je to skutečná revoluce pro lodní průmysl“ tvrdí Douglas Watson, ředitel lodní dopravy společnosti Ericsson. [38]

### Prediktivní údržba dopravních prostředků a zařízení

Díky statistické analýze dat, získaných z čidel na dopravních prostředcích a strojů bude možné předcházet technickým poruchám a automatické organizovat preventivní práce. Sledování provozního režimu může být využita k výpočtu prémie řidičům za úspornou a bezpečnou jízdu.

Švédský dopravní úřad (Trafikverket) nahradil obvyklou kontrolu intenzivně používaných vozů a lokomotiv monitorováním elektronickými systémy (podél 13 000 km tratí). Použitím radiofrekvenčních tagů, snímačů, mobilní a lokální sítě, která přenáší data do monitorovacího centra. Díky tomu inženýři dostávají data z více než 150 dílčích kontrolních bodů. Když vlaky v plné rychlosti projíždějí těmito body, zařízení může odhalit přehřátí ložisek náprav, poškození kol, nadměrnou vibraci a další závady. „Vyřadíme díl vlakové soupravy z provozu dříve, než dojde k vážné poruše“, říká manažer projektu Leonard Anderson. [39]

Rolls – Royce, výrobce leteckých motorů, vyvinul řešení prediktivní údržby leteckých motoru, postavenou na bázi inteligentních služeb strojového učení a internetu věcí. Toto řešení mění přístup diagnostiky letadel, umožňuje vyhnout se poruchám a snížit spotřebu paliva. Důsledkem použití této technologie pro letecké dopravce je úspora na jednom letadle cca 250 000 dolarů ročně. [40]



Obrázek 13. Microsoft Azure For IoT Engine Monitoring. Převzato z [40]

### **Propojená dopravní infrastruktura**

Připojení dopravní infrastruktury k jediné platformě a síti zajistí snížení zatížení na dopravních tocích, rychlejší, bezpečnostní trasy, zvýšit provoz přístavů a efektivitu letišť. Přinese dopravcům úsporu času, peněz a energie.

Inteligentní dopravní systémy ITS (Intelligent Transportation System) na bázi technologie internetu věcí umožní automatizovanou interakce mezi vozidly V2V (Vehicle to Vehicle) nebo mezi objekty infrastruktury a vozidly V2I (Vehicle to Infrastructure). Komunikace obou systému bude probíhat přes bezdrátovou síť a na vzdálenosti několika set metrů. Systém V2I provádí výměnu dat mezi vozidlem a střediskem řízení dopravy, provozovatelem silnic a servisními společnostmi. Data přenášená objekty infrastruktury se integruje do společného systému a jsou sdílena okolním vozidlům. Technologie obou skupin mohou významně zvýšit efektivitu a bezpečnost dopravy. [41]

Jedním z příkladů je přístav Hamburk, který je druhým nejvytíženějším přístavem v Evropě. Přístav je zodpovězen za údržbu a obsluhu sítě v jeho okolí (tj. 130 km silnic, 81 silničních mostů). Hlavní přístavní silnici využívá denně 33 000 vozidel a každá kongesce v přístavu stojí peníze. Po celém přístavu a okolí bylo nainstalováno více než

300 senzorů napojených na systém EVE (německá zkratka pro „efektivní zobrazení provozní situace“). Pomocí daného systému se zvýšila efektivita dopravních toků v přístavu a okolí. [42]

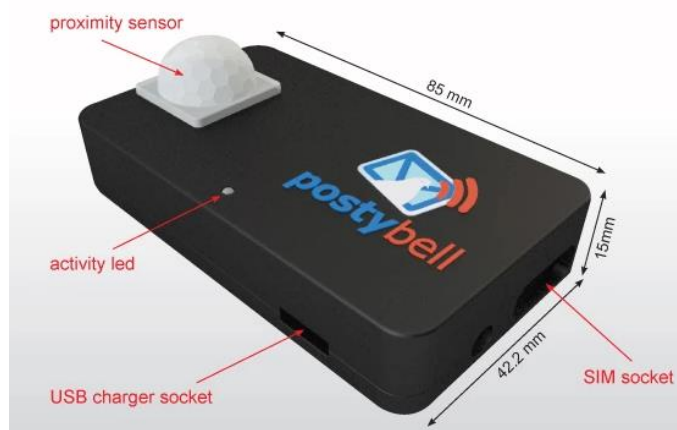
### **Optimalizace zpátečních cest a zvýšení účinnosti a kvality služeb na poslední míle**

Původně se termín poslední míle („last mile“) objevil v oblasti IT. [43] Tam kde je znám úsek sítě, který spojuje zákazníka s uzlem přístupu providera. V logistice poslední míle představuje závěrečný úsek cesty zásilky od obchodníka k rukám zákazníka. Je značně závislá na pracovní síle a tvoří téměř 50 % celkových nákladů každé dodávky. [43] Je obecně považovaná za nejdražší, nejméně efektivní a navíc problematický proces v dodavatelském řetězce. S každým dnem se vyskytují nové body doručení a spotřebitelské požadavky se stávají více náročné tím poskytovatelé logistických služeb se narážejí na nové problémy. Proto je velmi důležité najít nové kreativní, ekonomické a efektivní řešení, která budou vhodná jak pro konečného zákazníka, tak i pro poskytovatele logistických služeb. Takové řešení dosáhneme pomocí technologie internetu věcí.

#### **– Chytré poštovní schránky**

Technologie IoT můžeme využít pro optimalizaci sběru poštovních schránek všech druhů. Umístění snímače uvnitř schránek identifikují, zda jsou prázdné nebo ne. Pokud schránka prázdná snímač pomocí GSM modulu vysílá signál, který se zpracovává v reálném čase a doručovací společnost nebo osoba může vynechat tuto schránku tím optimalizovat denní sběr.

Jiná možnost je umístění speciálního zařízení (Postybell „Obrázek 14.“) do soukromých poštovních schránek, pro informování majitele o tom, že mu přišla zásilka.



Obrázek 14 Postybell Box. Převzato z [45]



Postybell obsahuje dva inteligentní prvky, senzor blízkosti a GSM modul. Jakmile byla poštovní zásilka umístěna do schránky senzor blízkosti zaznamenal změnu a dal prostřednictvím GSM modulu upozornění na telefon majitele. Cena tohoto zařízení je 60 \$. [45]

#### – Drony

Drony v technologickém kontextu představují létající bezpilotní stroje. Mohou být řízeny dálkově (operátorem) nebo autonomně (pomocí vestaveného palubního počítače). Rozlišujeme tři hlavní kategorie:

- Komerční drony, které se využívají v přepravě zásilek, ve výstavbě budov a vědeckých výzkumech. V Číně se využívají i pro čištění městského ovzduší (projekt „The unnamed drone“ [46]).
- Spotřebitelské. Ty se využívá pro zábavu, selfie, natáčení videa a závody.
- Třetí kategorie zahrnuje vojenské a bojové drony. Jsou charakterizovaný složitějším vyzbrojením letounu a schopnosti plnit mnohem více funkcí.

Použití dronů pro doručení na poslední míli poskytuje řadu výhod. Hlavní výhodou je rychlost doručení zboží, protože na rozdíl od automobilů drony nejsou omezeny reliéfem terénu (hory, lesy, řeky), dopravní infrastrukturou tedy i kongescemi. Mohou doručovat předměty první pomoci (léky, potraviny, oblečení) do měst poškozených přírodními jevy (zemětřesení na Haiti v roce 2012). Stejně tak mohou dodávat zboží do venkovských oblastí s horší dopravní infrastrukturou. [47]



Obrázek 15. Dron společnosti JingDong. Převzato z [48]

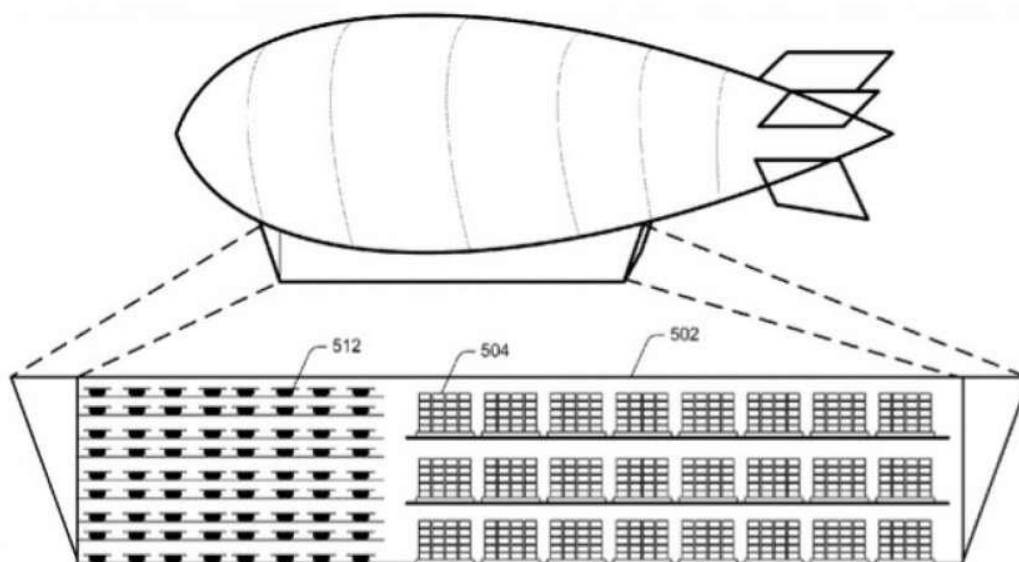
Tak to udělal čínský internet prodejce JingDong (JD). JD ve svém skladu v Sucianu, používá dva drony, které jsou schopny doručovat 200 balíčků denně. Balíčky o váze

do 30 kg. Xiao Jun, viceprezident JD tvrdí: „Použití dronů pro doručování může snížit více než jen dvakrát náklady na doručování. Cena doručení jedné zásilky nepřesahuje 0.5 yuan“ (0.5 yuan je 2 Kč). [48]

Možnost použití dronů pro doručení na poslední mile zkoumají společnosti Amazon, Alibaba, Google, Walmart, DHL, UPC a další.

### **Mobilní sklad**

Dalším řešením je mobilní sklad, který je schopen obsluhovat širší distribuční oblast na rozdíl od tradičního skladu, který přijímá objednávky pouze na fixované vzdálenosti. Jeden z takových mobilních skladů navrhuje společnost Amazon, která na konci roku 2016 patentovala technologie létajících skladů s flotilou dronů kurýrů. (Obrázek 16.) Podle myšlenky vývojářů vzducholod' bude rozdělena na dva oddělení. Jeden pro zpuštění dronů a druhý pro uskladnění produktů.



Obrázek 16. Létající sklad Amazon. Převzato z: [49]

Výhodou je, že bude schopen obsluhovat několik regionů a dokonce i měst. Vzducholod' bude fungovat v autonomním režimu anebo dálkově řízen operátorem. Společnost je plánuje lokalizovat v oblastech s největší poptávkou jejich služeb. [49]

### **Mobilní distribuční centrum**

Následující řešení pro zvýšení účinnosti a kvality služeb na poslední míle navrhuje Mercedes – Benz (německý výrobce automobilů, nákladních vozidel, autobusů a tahačů) spolu se společností Matternet (vývojář komerčních dronů). Tímto řešením je minibus Mercedes – Benz Vision Van. (Obrázek 17.) Jedná se o mobilní distribuční

centrum. Zde jsou v digitální formě spojeny všechny doručovací procesy. Vozidlo kombinuje nejnovější technologií oblasti digitalizací, automatizací, robotiky a internetu věcí. Navíc ve výbavě vozidla budou létající drony, kteří budou zboží doručovat. [50]



Obrázek 17 Mercedes Vision Van. Převzato z: [51]

Vision Van přijede do skladu a robotický naloží dvě palety zboží. Uvnitř podle adresy doručení robotizovaný systém vybírá potřebný balíček a předává jej řidiči. Stejný systém může zvednout balík nad střechou. Zde jí převezme jeden ze dvou čekajících dronů. Následně pomocí tabletu instalovaného do salonu řidiče spouští dron a doručí objednávku k prahu domu. Po doručení se dron vrací zpátky a nabíjí se z baterie auta. Díky této technologii se produktivita služeb na poslední míli zvýší o 50 %.

### **Automatizované roboty kurýry**

Automatizované roboty kurýry navrhuje roboto – technická společnost Starship Technologies spolu s Mercedes – Benz Vans, s názvem projektu Robovan. (Obrázek 18.) V rámci projektu německý výrobce automobilů přizpůsobí model minibusu Mercedes Sprinter pro 8 robotů kurýrů. Robot společnosti Starship reprezentuje šestikolový vozík výškou cca 70 cm a nosností do 10 kilogramů. Víko vozíku se otevírá pomocí speciálního kódu, který zná pouze zákazník. Úkolem minibusu je dopravit zboží do oblasti „poslední míle“ a roboty projedou poslední míle se zbožím k určitému zákazníkovi. [52]



Obrázek 18 Technologie Robovan. Převzato z [52]

### **Flexibilní doručovací adresa**

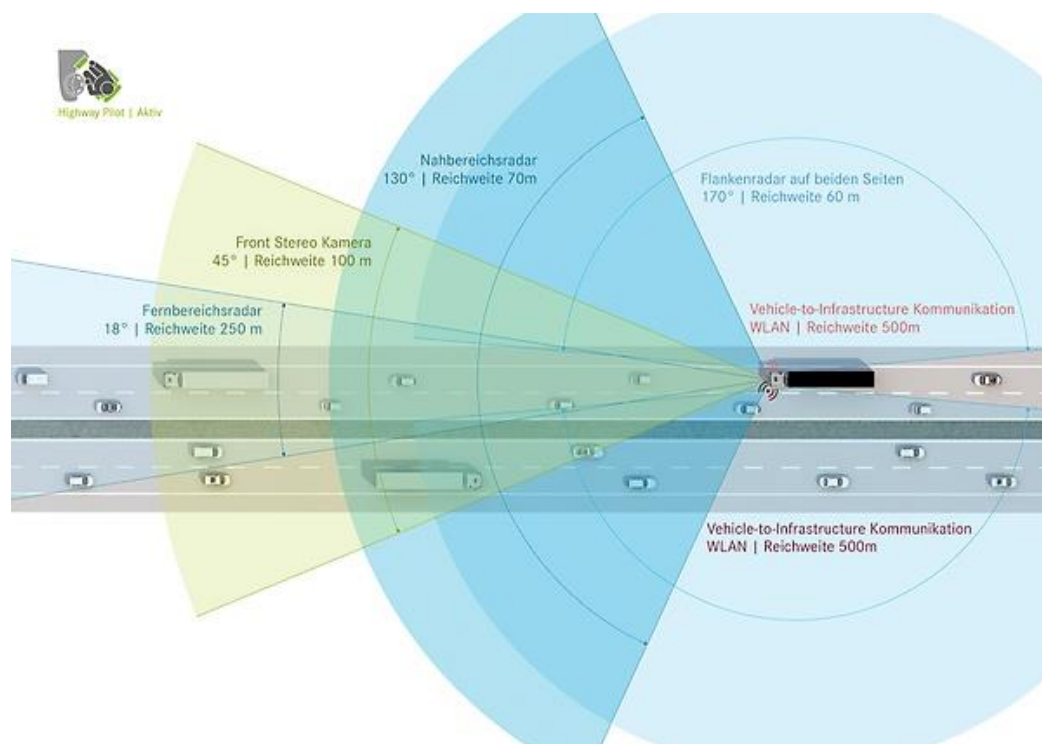
Dalšími řešení může být flexibilní doručovací adresa. Dnes má většina online zákazníku dvě možnosti. Zvolit jednu preferovanou adresu nebo zvolit alternativní způsob doručení, například na poštovní oddělení. V řešení s podporou IoT označené zásilky nabízejí příjemci přehlednost a informaci o poloze zásilky. Pokud se místo doručení během dne změní, lze díky této službě změnit adresu, například na adresu souseda nebo na pracoviště v okolí. A v případě, že nevíte svůj rozvrh dne, senzory pohybu v domě mohou informovat doručovací službu, jestli jste zde a hned dostáváte nabídku na smartphone o doručení zásilky domů. Použitím prediktivní analýzy historie polohy vašeho smartphonu, poskytovatel služeb může sám nabídnout místo a čas doručení. [53]

Dle mého názoru by se doba doručení mohla výrazně zkrátit, kdyby dodavatelské nákladní vozidlo kromě objednaného zboží naložilo také nejkupovanější. Pokud by někdo učinil nákup těchto produktů během trasy, platforma na bázi IoT by díky inteligentnímu zpracování naplánovala novou optimální trasu s minimálními výchyly od původní.

### **Automatizace procesů a snížení množství manuální práce**

Cílovou součástí technologie průmyslového internetu věcí je konstrukce systémů, fungujících na základě strojového učení pro automatizaci procesů. Vyloučení lidského faktoru z procesu řízení zvýší rychlost a produktivitu práce, což zásadně změní oblast logistiky. V posledních několika desetiletích je práce ve skladu stále častěji vykonávána

roboty. Názorný příklad automatizace skladu lze vidět ve velkých Amerických společnostech jako Amazon a Lid's, které začali používat robotizovaný výrobní systém založený na bázi internetu věcí. Automatizace skladové logistiky umožní manažerům optimálně řídit procesy skladování, dodání, manipulace a zvýšit efektivitu zdrojů. Podrobně o automatizaci skladů kapitola IV. Internet věcí ve skladování.



Obrázek 19 Highway Pilot System. Převzato z [54]

Trend autonomních vozidel stoupa a podporují ho velké společnosti IT industrii a giganti automobilového průmyslu. Důkazem toho je společnost Daimler, která vyvinula „Řídicí systém na dálnice“ (Highway Pilot Systém obrázek 19.). Systém zvýší bezpečnost provozu díky pojištění na potenciálně nebezpečných úsecích na trase. Daimler zjistil, že pomocí této technologie, ospalost řidiče se snížila na 25 %. [54]

### **Zvýšení bezpečnosti a produktivity zaměstnanců**

Propojení personálu s dopravními a manipulačními prostředky ve skladem areálu zvýší úroveň bezpečnosti. Jak ukazuje statistika Sdružení průmyslových nákladních vozidel (ITA – Industrial Truck Association) a Úřad pro bezpečnost práce USA (U.S. Occupational Health and Safety Administration), vysokozdvížné vozíky přispívají k více než 94 000 úrazů (viz kapitola VI, Zvýšená bezpečnost personálů a spolehlivost stroje). [55]

Dalším příkladem může být procesor, který vyvíjí společnosti Adamant Technologies z San – Francisko. Je schopen provádět digitální přetváření vůně a chutě. Systém

používá cca 2000 senzorů pro definování odstínů vůně a chuti, zatím co nos člověka má pouze 400 receptorů. [56] Tento procesor můžeme instalovat do interiéru vozidla pro definování vůně alkoholu u řidiče, nebo připevnit na pracovní oblečení pro určení koncentraci toxických látek.

### 3.2 Aktuální situace IoT v ČR

Celé odvětví IoT se v České Republice nachází v počáteční fázi, ale vzrůstá neuvěřitelnou rychlostí. To dokazuje jeho trh, který před třemi lety v roce 2014 tvořil 11,7 miliardy korun, ale podle nejnovějšího průzkumu společnosti International Data Corporation (IDC) bude v roce 2018 činit 24,3 miliardy korun (se složenou roční mírou růstu (CAGR) 20,8 %). [57]

Dva klíčoví hráči z pohledu sítě vrstvy, ta je základem IoT, jsou především:

- SimpleCell (ve spolupráci s T – Mobile). Používá síť SigFox, která aktuálně pokrývá 95 % populace a 92 % území České Republiky a 30 % Slovenské Republiky. [58]
- České Radiokomunikace (CRA). Do konce tohoto roku (2017) pokryje 70 % území ČR, využívá otevřenou síť LoRa. [59]

V současnosti je v ČR už několik set IoT projektů (chytré parkování, chytré lavičky, chytré vinice a další). První komerční projekt fungující na bázi technologie internetu věcí (síť SIGFOX) byl spuštěn v Liberci listopadu 2016. [53] Projekt spočíval v monitorování 240 parkovacích míst pomocí autonomních parkovacích čidel umístěných do vozovky pod každé parkovací místo.

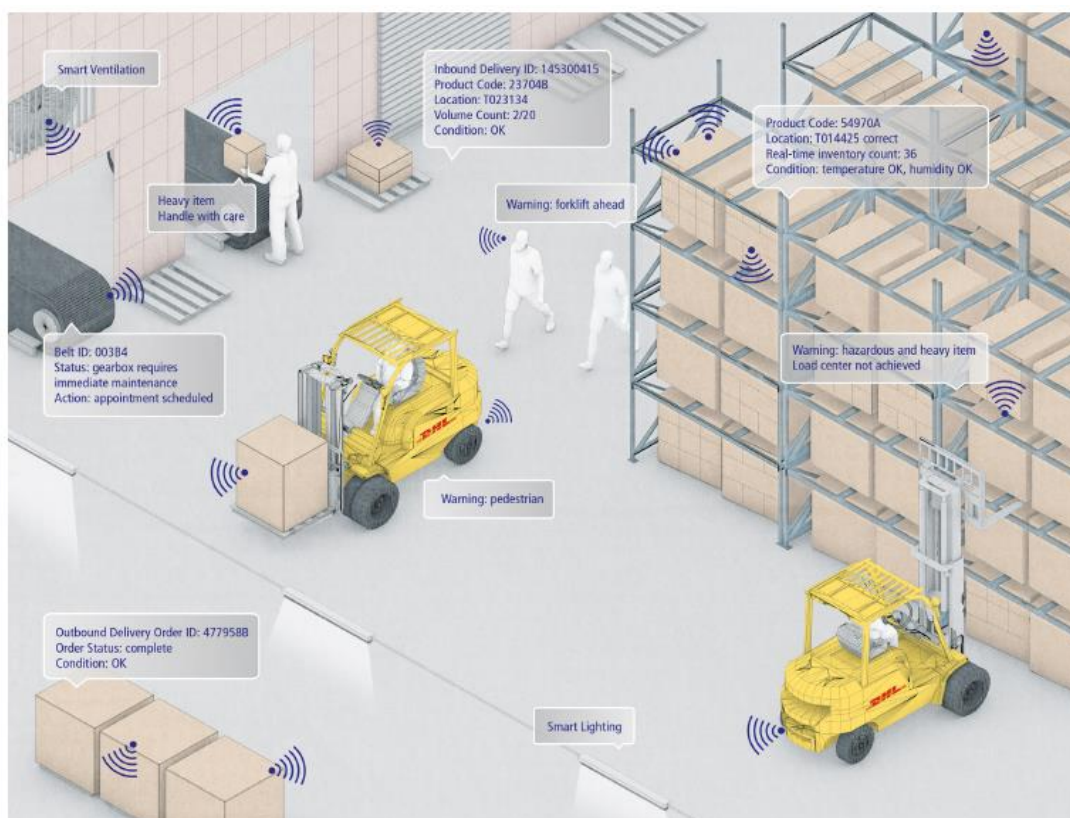
Na konci září skončil první ročník národní soutěže „Chytrá města pro budoucnost 2017“, jehož vyhlášovatelem byl Smart City Innovations Institut. Cílem této soutěže bylo propagovat a podpořit SMART CITY projekty a technologie. Soutěžilo se v kategoriích: osobnost, model, projekt a idea smart city. [60]

Dnes se technologií IoT na území České Republiky využívají především pro průmyslovou výrobu, monitorování nákladní dopravy (výdaje ve výši 2,2 miliardy korun [61]), chytrá města, automatizaci domácností, chytrá parkoviště, monitorovací a zabezpečovací systémy.

## 4. Internet věcí ve skladování

Skladovací prostory vždy byly důležitým uzlem toku zboží v dodavatelském řetězci. Sklad představuje náročný technický objekt, skládající z mnoha navzájem propojených elementů. Zabezpečuje koncentrace surovin, materiálů, dílu a zboží, jejich bezpečné uskladnění, uchovávání, doplňování, manipulace a expedice. Efektivita skladů závisí na schopnosti uspořádat ekonomickou skladnost rozdílně dimenzovaných toků. Ta se dosahuje plánováním, integrací, optimalizací a automatizací celého řetězce skladovacích operací. Moderní sklady obsahují množinu stínových aktiv, které mohou být připojené a optimalizované prostřednictvím internetu věcí.

Zavedení internetu věcí výrazně sníží ztráty během skladování, třídění a recyklaci výrobků, zajistí všechny podmínky pro kvalitní uskladnění zboží. Kromě toho uspoří zásoby elektrické energie, minimalizuje vliv lidského faktoru, zabraní výskytu havarijních situací, prostoje a opotřebením zařízení.



Obrázek 20. Model chytrého skladu. Převzato z [53]

Automatizace technologických procesů ve skladech a využití systémů pro tento účel je dnes stávajícím směrem pro Českou ekonomiku. Většina moderních skladovacích komplexů je již vybavena systémem řízení skladu (Warehouse management systém – WMS), které jsou závislé na datech sbírané z čárových kódů a

RFID – tagů. Na základě těchto dat plní své úkoly personál a manažer skladu. Pokročilejší úroveň je systém kontroly skladu (Warehouse Control Systems – WCS), které poskytují vyšší úroveň automatizace díky umístění sensorů na stroje, zařízení pro manipulaci a skladování. Tyto data se pak zpracovávají podle nastavených algoritmů k dosažení vyšší výkonosti.

Některé sklady jsou také vybaveny systémem automatizace budovy (Building Automation Systems – BAS), které podle nastaveného algoritmu a speciálních snímačů mohou řídit osvětlením, klimatizaci a ventilaci a také zajistit provoz podsystémů jako jsou bezpečnost a kontrola vstupu do skladu. Všechny tyto systémy WMS, WCS a BAS jsou vybaveny interaktivním rozhraním umožňující skladníkům řídit složité procesy. Technologie internetu věcí umožňuje sjednotit data těchto systémů, zajistiv jejich statistické a inteligentní zpracování. Poskytne možnost vzájemné spolupráce pro řešení složitějších úkolů. Propojí všechny měřicí přístroje a snímače ve skladu a okolí v jedinou informační síť.

Podíváme se na několik scénářů použití internetu věcí ve skladu:

#### **4.1 Chytrá inventarizace**

Inventarizace zboží zahrnuje vyhledávání ve skladu a ruční zapisování polohy každého produktu do RFID čtečky nebo optického skeneru. Jedná se o dlouhou, nudnou a monotónní práci. Kvůli lidským faktorům, jako je nepozornost nebo únava zejména na konci dne, je výsledek inventarizací často sporný. Zavedení značkování palet nebo jednotlivých předmětů ve skladu s použitím levných identifikačních zařízení, například RFID, přispěje k vysoko technologickému řízení zásob a inteligentní inventarizace.

Jeden ze způsobů, jak udělat inventarizaci rychleji a přesněji, je nasazení chytrých regálů se stacionárními RFID čtečkami a tenkými anténami, připojenými k vnitřní síti. V daném řešení antény namontované přímo do polic a čtečka může být instalovaná do míst dosahu signálu. Čtecí zařízení zaznamená produkt do systému, jakmile antény zachytí signál. [62]

Institut materiálových toků a logistiky Fraunhofer (Fraunhofer Institute for Material Flows and Logistics) v Dortmundu, v Německu navrhnul svůj způsob inventarizací zboží v projektu InventAIRy. (Obrázek 21.) Ten spočívá v nahrazení personálu „leteckou flotilou“ autonomních dronů. Drony budou vybaveny digitální mapou skladu, navigačním systémem, 3D kamerou, ultrazvukovými senzory a RFID anténou dálkového dosahu. [63]





Obrázek 21. Projekt InventAIRy. Převzato z: [63]

Naměřená data mohou zahrnovat informace o produktu, jako je hmotnost, rozměry, trvanlivost a podmínky uskladnění. V obou případech data z čteček prostřednictvím komunikačních protokolů jsou posílána do systému WMS. Ten vytváří zprávy o stavu, množství, expiraci a poloze.

Další možnost je umístění RFID čtečky nad vstupní branou a tagy na palety. Tento způsob pomůže eliminovat časově náročný úkol ručního počítání a měření přijatých palet.

#### **4.2 Detekce poškození zboží**

Například když se jedná o zboží, vyžadující zvláštní podmínky během skladování. Jako jsou teplotní, světelné nebo vlhkostní podmínky. Představme si zákazníky, kteří toto zboží dostávají a chtějí se přesvědčit, o kvalitě zboží. Mohou tak učinit pomocí senzorů IoT, umístěných uvnitř kartonových krabic nebo palet, můžeme poskytnout tuto službu. Čidla jsou schopná ukazovat a zapisovat do cloudové služby teplotu, množství dopadajícího světla a obsah vlhkosti po celou dobu uskladnění. Zákazníci budou schopni sledovat stav svého zboží v reálném čase, pokud mají přístup ke cloudové službě. Jakmile tyto hodnoty překročí stanovenou mez systém BAS zaznamená a provede veškeré opatření pro řešení daného problému. Tím se zvýší kvalita služeb a důvěra zákazníků.

#### **4.3 Efektivnější organizace struktury skladu**

Pokud se jedná o organizaci skladu a jeho optimální využití skladovacích prostor. Lidé jsou schopní ocenit a analyzovat pouze určitý počet klíčových faktorů. Počítače však

mohou analyzovat miliony takových faktorů a nacházet jejich vzájemné souvislosti. Informační systém na bázi IoT logicky roztřídí zásoby do příslušných míst a každé položce přiřadí její skladovací pozici. Když skladník má vydat konkrétní produkt, stačí se podívat do systému. Ten ho navede na konkrétní pozice. Jakmile skladník přistoupí k této pozici, rozsvítí se LED dioda příslušející polici s hledaným zbožím.

#### **4.4 Úplná viditelnost polohy a produktivity skladovacího inventáře**

Díky tomu, že technologické prostředí upevňuje své pozice, ceny se snižují a výrobci zvyšují kvalitu. Dnes se dá instalovat snímače do čehokoliv. Ty poskytnou možnost monitorovat v reálném čase polohu a činnost každého nástrojů a zařízení ve skladu. Navíc systém odhaluje etapy, procesy a posloupnost činností s nedostatečně vysokou produktivitou. [64]

#### **4.5 Detekce úrovně fyzického namáhání stroje**

Další příklad uplatnění IoT ve skladování by mohl být umístění čidel na zařízení pro detekci úrovně fyzického namáhání stroje, měřením výkonu nebo teploty stroje. Data by pak mohla být použita i dokonce pro předcházení technickým poruchám, vyhodnocování technického stavu strojů, jejich údržbu a bylo by možné spočítat životnost těchto strojů. [65]

#### **4.6 Automatizace procesu**

Automatizace slouží k snížení nebo i k nahrazení manuální práce, a jeho zvýšení produktivity procesu. Nahrazení personálu sbírajícího objednávky robotizovanými vozíky, by výrazně zkrátilo dobu plnění objednávky. Seznam objednaného zboží by byl automaticky zaslán robotizovaným vozíkům, které manévrují ve skladu a sbírají nutné produkty. Potom je vloží do krabic a ve správném pořadí naloží do příslušejícího vozidla. Čidla přenášejí veškeré informace do monitorovacího centra, kde vedoucí odbytového oddělení sleduje vše procesy.

#### **4.7 Vyšší úroveň ochrany a zdraví personálu**

Technologie IoT také mohou zřetelně zvýšit bezpečnost pracovního personálu. Například díky propojení vysokozdvizných vozíků do systému WMS. Vysoko pevné NFC nebo RFID tagy můžeme namontovat na podlahu v několika metru od křižovatek, a čtečky na dno vozíků. Jakmile vozíky projedou nad těmito tagy systém WMS upozorní řidiče o přiblížení dalších vozíků a osob. Následně nabídne snížit rychlost nebo to automaticky udělá sama. Tím to způsobem zredukujeme pravděpodobnost výskytu nehod.

Vestavením senzoru tlaků do vidlic vysokozdvížných vozíků, je možné vyhnout úrazům, vyplývajícím s nerovnoměrného umístění nakladu. Sensory připojíme k palubnímu počítači, který bude upozorňovat řidiče v případě přetížení nebo nerovnoměrného naložení nákladů. [53]

Další možnost je zavedení chytrých náramků, do nichž budou instalovaný medicínské senzory kontrolující stav zaměstnanců a senzor pohybu. Během dne senzor zápěstí měří příznaky únavy, a to měřením srdeční frekvence. Supervizor automaticky obdrží zprávu, kdy frekvence tepu klesne prahových hodnot. Následně nabídne pauzu, protože snížený srdeční tep ukazuje na únavu a nízkou koncentraci. Náramek také bude schopen vysílat výstrahu, když se v blízkosti pohybuje vozidlo.

#### **4.8 Chytré řízení energie**

Výrazného snížení spotřeby energie ve skladech můžeme docílit i zavedením tradičních senzorů pohybu a přítomnosti. Nyní si ale představme si jakou úsporu energie dosáhneme využitím speciálních síťových protokolů pro řízení osvětlení, inteligentního softwaru, cloudových služeb a mobilních zařízení. Odhaduji o 50–60 %. [65]

Výhodou systémů inteligentního osvětlení je již existující elektrické vedení (tzv. není zapotřebí úpravy prostorů nebo položení doplňkových kabelů). Automatické řízení osvětlení se nastavuje na základě grafů využití prostoru a dat získaných s doplňkových senzorů. Tímto způsobem je možné řídit nejen systém osvětlení, ale i systémy ventilace a klimatizace.

#### **4.9 Zvýšená ochrana systémů, objektů a věcí**

Internet věcí umožní propojit mezi sebou kamerové, přístupové, požární a poplachové systémy. Integrace těchto systémů poskytne víceúrovňovou systému bezpečnosti. Tím stane sklad méně zranitelným k neočekávaným situacím (vloupání, krádež, požár). Inovační řešení pro ochranu budov umožní zplnomocněné osobě, monitorovat stav objektu. Například monitorovat stav zámků, zablokovat a odblokovat libovolné brány, dveře a okna z jakékoliv místa na světě. Pokud se neočekávaně otevřou, systém okamžitě informuje příslušnou službu a vedoucího skladu.

Tradiční přístupové systémy mohou být prolomeny pomocí falešných karet, proto je vhodné nahradit systémem přístupu pomocí mobilních zařízení. Tento systém bude založen na technologii BLE a NFC. [66]

Výhody:

- Možnost vytvářet dvoustupňovou autentifikace.
- Mobilní zařízení mají dodatečnou ochranu (bezpečnostní kód, biometrická identifikace).
- Možnost používat jedno zařízení pro různé bezpečnostní systémy.
- Pravděpodobnost zapomenout identifikační kartu s klíči od kanceláře je mnohem větší než zapomenout mobilní telefon.

Integrovaný poplašný systém v případě spuštění bezpečnostního, požárního nebo jiného poplachu okamžitě aktivuje všechny možnosti ohlášení (informační tabule, zvuková hlášení, SMS oznámení, oznámení zprávy na monitory).

Pomocí bezdrátových senzorových sítí, inteligentních videokamer, RFID tagů, mobilních RFID čteček, hasicí služby a podobné organizace mohou vykonávat automaticky monitoring skladu a okolí, pro včasné varování o požáru a provedení nezbytných nouzových opatření.

Další možností jsou snímače, vestavené do chytrých náramků nebo produktů, pro předcházení krádeže. Senzory mohou být naprogramovány tak, aby upozorňovali manažery skladů, jakmile někdo opustí své místnost nebo areál skladu.

## 5. Příklady existujících IoT řešení ve skladování

V této kapitole se budu věnovat již existujícím IoT řešením ve skladování. Je důležité podtrhnout, že uvedené zde technologie hrají určitou roli v internetu věcí. Tyto technologie jsou silně závislé na senzorech, komunikačních protokolech a inteligentním softwaru. Generují obrovské množství dat, které podléhají analýze a na jejichž základě fungují celé systémy.

### 5.1 Amazon Robotics

V roce 2012 společnost Amazon koupila Kiva Systems, která se zabývala výrobou skladových robotů. Na konci roku 2014 Amazon začal využívat 15 000 robotů Kiva ve svých 10 skladech a o rok později, již v 13 skladech bylo nasazeno 30 000 robotů. Robot Kiva (Obrázek 22.) je čtvercová konstrukce na malých kolech. Pracuje na akumulátory, který stačí na hodinu práce, plné nabíjení trvá 5 min. [67]

Parametry	
<b>Rozměry:</b>	600x600 mm
<b>Výška:</b>	300 mm
<b>Váha:</b>	125 kg
<b>Nosnost:</b>	max. 1400 kg
<b>Rychlost:</b>	4.8 km/h

A photograph of an Amazon Kiva robot in a warehouse. The robot is a small, square-shaped vehicle with a red and black body and a yellow shelving unit on top. The shelving unit is filled with various items, including boxes and bags. The robot has the number '1611' on its front and side. The background shows a typical warehouse environment with shelves and other robots.

Obrázek 22. Charakteristika robotu Kiva. Převzato z [67]

Aby roboty KIVA mohli plnit své funkce byla navržena nová konstrukce pohyblivých, lehkých regálů (Kiva Systems je nazývá *pods* znázorněny na Obrázku 23.). Těžiště regálu se umístěno tak, aby regál během pohybu nespadol. Pro zabránění spádu produktů z regálu je část polic pokryta elastickými pasy.

Celý automatizovaný řídicí systém funguje na základě objednávky. Přidělí číslo určitému předmětu a následně prostřednictvím bezdrátové technologie Wi-Fi se spojí s volným robotem. Předá mu přesné souřadnice a robot Kiva přijede na správné místo. Robot přiveze regál. Ukazatelem laseru zvýrazní police s požadovaným produktem. Obsluha vezme správný produkt a Kiva vrátí regál zpět.

Celý proces trvá robotům 15 minut, zatímco lidé potřebují průměrně 60 minut. Díky tomu společnost Amazon snížila provozní náklady ve 13 skladech o 15 % (to ušetří 22 milionů dolarů na každém skladě). V budoucnosti se roboti objeví ve všech 110 skladech společnosti a úspora bude činit 800 milionů dolarů.



Obrázek 23. Regály Amazon. Převzato z [67]

Automatizovaný systém Kiva se také pomatuje regály s nejčastěji požadovaným zbožím a dává je bliž k výdeji zboží. Roboty se pohybují autonomně díky speciálnímu značení a dvourozměrným čarovým kódům vyznačených na podlaze. Technologie Wi – Fi se používá pro spojení s roboty a pro přenos objednávky ze systému na konkrétního robota. Zvednutí a spuštění regálu se realizuje pomocí šroubového zvedáku, přičemž, aby se během zvedání stojan neotáčel, robot se otáčí v opačném směru.

Společnost Amazon zatím neoznámila cenu celého Kiva systému ani cenu jednotlivého robota. MWPVL International poradenská společnost v oblasti logistiky a dodavatelských řetězců, uvádí ve svém článku „*Is Kiva System a Good Fit For Your Distribution Center?*“ přibližné číselné hodnoty systému Kiva. [68] Je důležité podtrhnout, že tato informace založená pouze na jejím výzkumu a za žádnou cenu nebyla potvrzená společností Kiva.

- Počáteční sada pro malé skladovací prostory stojí 1 až 2 milionů dolarů.
- Klasická sada pro střední skladovací prostory, zahrnuje 50–100 robotů Kiva. Cena je 2 až 4 milionů dolarů.
- Sada pro velký sklady obsahuje 500–1000 robotů, cena 15 až 20 milionů dolarů.

## 5.2 CycloneCarrier

Technologie CycloneCarrier byla vyvinuta firmou Swisslog a je určena především pro dynamický typ skladování lehkého zboží. CycloneCarrier reprezentuje dynamický systém vozíků (malých člunů Obrázek 24.) pojíždějících mezi regály.



Obrázek 24. Člun se pohybuje mezi regály a hledá zboží. [69]

Systém zajišťuje vysokou produktivitu skladovacích procesů, a to díky inteligentním komponentům. [69] Jedná se zejména o tyto:

- **Víceúrovňové regály**, ve kterých je uloženo zboží. Každá úroveň stojanu je vybavená jedním člunkovým vozem. Vzdalenost mezi regály odpovídá šířce vozu. Podél celého regálu jsou na každé úrovni vestaveny speciální tratě, po nichž se pohybuje čluny.
- **Čluny** se pohybují mezi regály a hledají nebo ukládají zboží. Rozdělují se do dvou typů. Prvním typem je člun s fixní šířkou nákladového prostoru. Druhým typem je s regulovatelnou. Do každého člunu je vestaveno zařízení se senzory IoT pro nakládku a vykládku produktů.
- **Výtahy** se instalují na konci každého průchodu pro vertikální přemístění člunků na požadovanou úroveň.
- **Inteligentní software** řídící celý systém. Na něm je v digitální formě založená efektivní strategie ukládání a vyhledávání zboží. Software nabízí možnost spolupráce s různými skladovacími systémy (např. WMS a WCS).

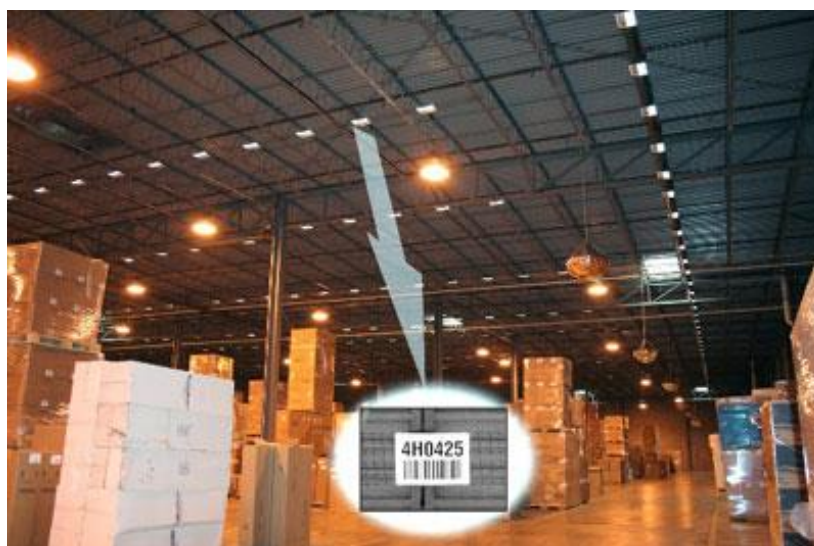
Technologie CycloneCarrier může být použit v průmyslových odvětvích jako farmaceutika a potravinářství.

Parametry člunu	
<b>Rozměry:</b>	min. 200x200 mm
	max. 450x650 mm
<b>Výška:</b>	min. 50 mm
	max. 50 mm
<b>Váha:</b>	125 kg
<b>Nosnost:</b>	do 35 kg (standartní použití)
	do 50 kg (se sníženou dynamikou)
<b>Rychlost:</b>	6.4 km/h

Obrázek 25. Charakteristika člunu CycloneCarrier. Převzato z [69]

### 5.3 SmartLIFT

Jedná se o inteligentní lokalizační systém patřící společností Swisslog. Systém monitoruje a řídí pohyb vysokozdvizných vozíků i personálu v rámci areálu skladu. Umožňuje sledovat stav a produktivitu manipulačních prostředků a skladového inventáře. Technologie dokáže sledovat vysokozdvizné vozíky s přesností až 25.4 mm. [70] Prostřednictvím vestavených optických skenerů na střechách vozíků. Ty se zaměřují na strop tím pádem dekodují data z čárových kódů umístěných na stropu skladů. (Obrázek 26.)

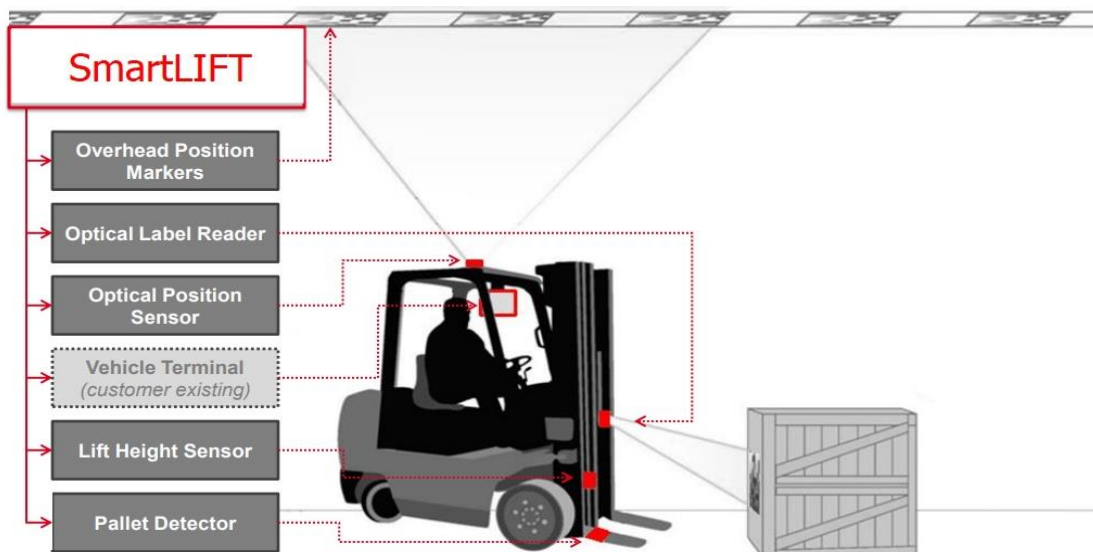


Obrázek 26. Čarové kódy na stropu skladu. Převzato z [71]

Inteligentní zpracování získaných dat o poloze vozíků a dat z řídicího centra umožňuje vytvořit v místnosti uzavřený systém GPS, která poskytuje řidičům vysokozdvizných vozíků údaje o přesném umístění palet.



Senzory umístěné na vidlicích vozíků zajišťují automatické skenování zboží, údaje o jeho přítomnosti a výšce vidlice.



Obrázek 27. Prvky SmartLIFT systému. Převzato z [70]

Skenování zboží (palet) probíhá prostřednictvím optické čtečky, která se instaluje do čelní části vozíku. Jakmile vozík dojede k zboží, čtečka naskenuje čárový kód a pošle data do palubního počítače. V něm probíhá jejich kontrola s daty přijímané z řídicího centra.

Paletový detektor se skládá ze zářiče, který vysílá světelný paprsek a přijímače, který detekuje tento paprsek. Ty se instalují proti sobě na vidlici. Když vozík nabírá paletu, centrální konstrukce palet přerušuje paprsek, a tak se do palubního počítače vysílá elektronicky signál o naložení.

Výškový senzor neustále ukazuje aktuální výšku vidlice. Pomocí spotřebitelského rozhraní můžeme nastavit prahové hodnoty.

System také vytváří informační panel pro manažery, a ti jsou poté schopní v reálném čase kontrolovat přesnost inventarizaci, rychlost, polohu a produktivitu všech řidičů vysokozdvížných vozíků.

Výhody SmartLIFT:

- Zvýšení produktivity řidičů o 20–30 %.
- Snížení využití vysokozdvížných vozíků o 10–30 %.
- Snížení nákladu na řízení zásob a kvalitu o 20–30 %.
- Zvýšení bezpečnosti provozu o 10–50 %.

Velkou výhodou je také možnost interakce s WMS. Řešení SmartLIFT využila ve svém skladu společnost Bobcat. Za 2 měsíce použití společnost zaznamenala vzrůst produktivity řidičů o 25 až 30 % s téměř nulovým špatným umístěním palet. [72]

#### **5.4 Sky – Trax System (Vehicle Tracking and Fleet management)**

Sky – Trax System patří Americké společnosti TotalTruck. Systém v sobě kombinuje nejmodernější technologie pro určení polohy manipulační techniky (Vehicle Tracking) a zařízení pro sledování stavu strojů (Fleet management). Poskytuje uživatelům plnou viditelnost každého vozíku, jejich polohu, stav a produktivitu.

Sky – Trax Vehicle Tracking je systém pro určení polohy, které probíhá na základě principu, který využívá společnost Swisslog ve svém systému SmartLIFT. A to umístěním optických senzorů polohy na střechy vozíků a čárových kódů na strop skladu.

Sky – Trax Fleet Management je systém pro monitorování stavu každého vozíku. Pro monitoring používá speciální komunikační terminál „Sky Box“, který se instalují do vozíku. Ten se připojuje k palubním počítači vozíku pro sběr a zadávání dat. Veškerá komunikace (vysílání a přijímání dat) probíhá prostřednictvím bezdrátové technologie Wi-Fi. Po instalaci terminálu systém dostává téměř veškeré informace o vozíku (použití, údržba, oprava, zatížení a produktivita). Data se posílají do systému pro správu vozového parku (Sky – Trax Fleet management), kde probíhá jejich uložení a inteligentní analyzování. Díky speciální aplikaci, která se dá nainstalovat do počítače, smartphonu a tabletu, se uživateli schopný prohlížet aktuální a předchozí naměřená data a tím vytvářet výkazy o efektivitě, použití, bezpečnosti, ceně a produktivitě daného vozíku nebo i celého vozového parku. [73] Tato technologie se používá ve společnosti Spocane Industries, výsledkem je snížení poruch o 90 %.

#### **5.5 Hidden Energy System**

Hidden Energy Protokol (HEP) reprezentuje speciální protokol pro přenos dat. Data se přenáší po běžném elektrickém vedení (230 V). Díky tomuto protokolu je možné posílat řídicí signály, které snižují nebo zvyšují výkon světelného zařízení. Posílané signály mohou měnit úroveň jasu nebo přepínat zařízení. V případě elektrických zásuvek jen je zapínat a vypínat. Na základě tohoto protokolu funguje řídicí systém Hidden Energy. Celý proces se řídí pomocí mobilní aplikace, která se nainstaluje do smartphonů nebo tabletu. [74]

Systém Hidden Energy se skládá z čtyř prvků:

- **Modulátor.** Vysílá signály. Instaluje se do rozváděče, a odtud se připojuje k internetu. Pomocí něj systém získává funkce jako dálkové zapnutí nebo vypnutí světelného zařízení, sběr statistických údajů a jejich vizualizaci.
- **Demodulátor.** Přijímá signály z modulátoru. Instaluje se na straně světelného zařízení a umožňuje realizovat možnost inteligentního řízení.
- **Kontrolér.** Přijímá signály posílané modulátorem. Instalují se do zásuvky, pro zapínání nebo vypínání připojeného zařízení.
- **Senzor.** Sbírá data potřebné pro automatické řízení osvětlení.

„Pomocí Hidden Energy můžete ušetřit 60 % nákladů na spotřebu elektrické energii, a to prostřednictvím „inteligentního“ řízení. Zařízení přecházejí ze stavu maximální výkonnosti (100 %) k pohotovostnímu stavu (10 až 15 %) nebo vypínají. Systém funguje podle předem nastaveného planu, který se automaticky upravuje podle údajů o použití jeho součástí“. Remir Mukumov, generální ředitel společnosti Hidden Energy.

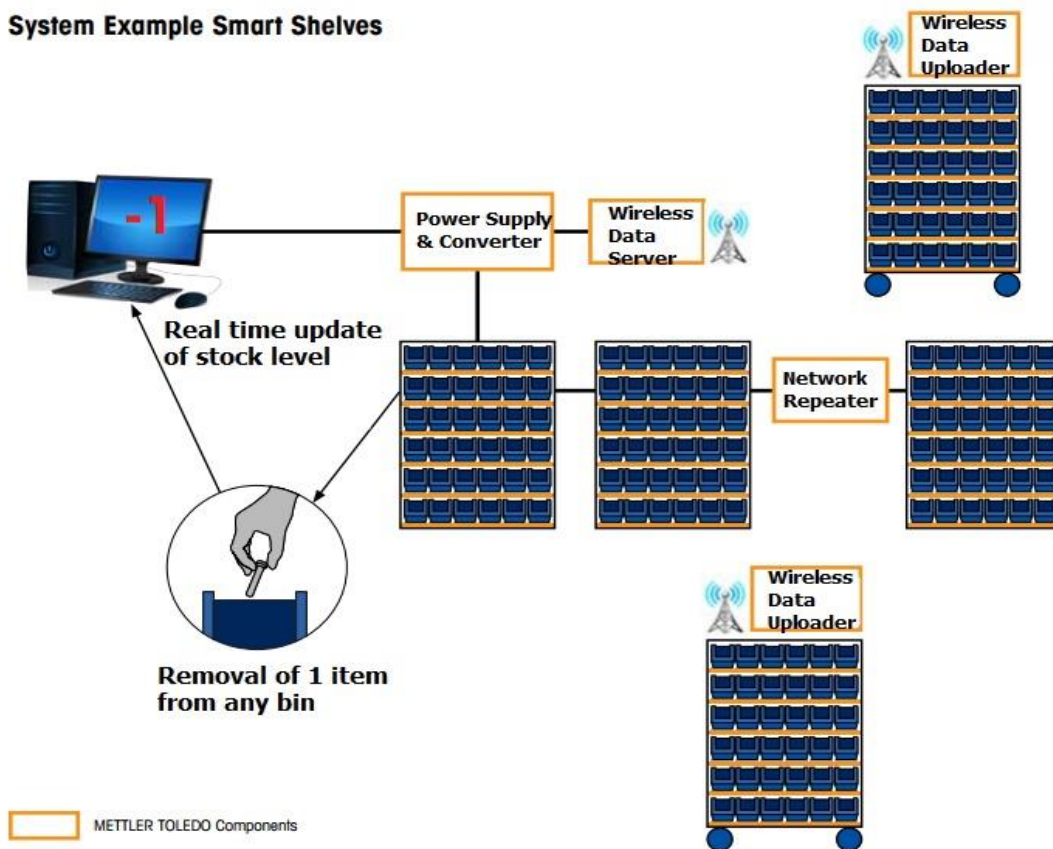
## 5.6 Chytré regály

Idea chytrých regálu spočívá v získávání okamžité a přesné informací o zboží na policích a o přehledu zásob. Dnes se můžeme potkat s dvěma typy chytrých regálů. Používají odlišné technologie pro získávání potřebných informací.

První typ je založený na vestavění RFID antén do polic jsem již popisoval v předchozí kapitole (viz Kapitola 4. „Chytrá inventarizace“). Toto řešení je vhodné v případě skladování velkého nebo těžkého zboží.

Druhý typ je regál vybavený chytrými senzory hmotnosti a tlaku, které jsou nainstalovány do jeho polic. Nad každým senzorem umístěn košík, kam se ukládají výrobky stejného typu. Na serveru (Wireless Data Server) jsou uloženy informace o hmotnosti každého výrobku. Po odstranění produktu z košíku systém na základě změny hmotnosti automaticky zaznamenává množství kusů a do serveru se uloží aktuální informace o zbylém množství. Stejný princip je při přidávání produktu. Komunikace mezi senzory a serverem probíhá prostřednictvím bezdrátové komunikační technologie ZigBee. [75] Celý systém vidíme na obrázku 28.

### System Example Smart Shelves



Obrazek 28. Princip práce technologie chytrých regálu. Převzato z [75]

Do polic je možné ukládat zboží hmotnosti do 70 kg. Vážení je velmi užitečné pro všechny typy spotřebních materiálů a pro menší výrobky do nichž se nedá umístit RFID tagy (elektronické náhradní díly, závitové tyče, šrouby, matice a podobný). Používá se především pro skladové hospodářství obchodu.

## Závěr

Během zpracování této bakalářské práce jsem se často musel vracet zpátky do předchozích kapitol a opravovat je. Důvodem bylo velké množství informací, které navíc každý týden přibývalo. Půlka z nich byla užitečná, zatímco zbývající část se zdála nesmyslnou a zamotanou. Na začátku jsem narazil na problém s definicí termínu internet věcí, protože neexistuje jediná, obecně užívaná definice tohoto pojmu. Různé společnosti používají odlišné definice pro popis nebo šíření určitého pohledu na to, co IoT reprezentuje a jaké jsou jeho základní charakteristiky. Některé definice odkazují na pojem internet nebo internetový protokol (IP), zatímco jiní jej vůbec nezmiňují. Zde jsem přišel k tomu, že ke snazšímu pochopení internetu věcí pomůže definice pojmů síť a věc z pohledu IoT. Dál jsem si všiml, že několik autorů pletou IoT s M2M (komunikace mezi stroji) a někteří tvrdí, že IoT je jen marketingový název M2M, i když ve skutečnosti se jedná o dvě různé technologie. Rozebrané byly i oblasti využití IoT, a to je domácnost, energetika, medicína, zemědělství a nejvíce logistika. Následně jsem uvedl IoT řešení, které přispěje ke zvýšení kvality služeb na poslední míli, a to je létající sklad Amazon, mobilní distribuční centrum Mercedes – Benz Vision Van, robotí kurýři apod. Tímto chci zdůraznit, že téma internetu věcí je velice rozsáhlá, a že již zítra se může objevit nová definice, architektura nebo technologie.

Samozřejmě použití senzorů, mikroprocesorů a bezdrátového spojení ve skladu není novinka, a označení produktů pomocí RFID tagů se již využívá mnoho let. Lze říct, že sklad je jedním z průkopníků průmyslového internetu věcí, kvůli širokému zavedení souboru zařízení od různých skenerů k senzorům pro sledování pohybu. Ale všechno tohle je jen špička ledovce ve srovnání s tím, jaký potenciál má IoT v moderních skladech. Popis tohoto potenciálu a jaké dneska k tomu existují řešení to i byl hlavní cíl mé rešeršní práce. Podařilo se mi vyznačit devět scénářů použití IoT ve skladování a popsat 6 existujících technologií na bázi IoT.

Pro mě největším přínosem bylo, že jsem pochopil, jaká je skutečná podstata propojených zařízení jak ve skladech, tak i v ostatních oblastech. Ta není v tom abychom pomocí smartphonu řídili osvětlení nebo spouštěli motor, ale v tom že zařízení připojené k síti komunikují mezi sebou, vyměňují si data, a tímto vytvářejí nové modely růstu.

Tato práce by mohla být orientačním bodem pro toho, kdo hledá vyzkoušené způsoby a technologie na bázi internetu věcí pro optimalizace skladových procesů.

## Seznam použitých obrázků

Obrázek 1. Časová stupnice změny počtu osob a zařízení připojených k internetu. Převzato z: [2] .....	13
Obrázek 2. Cyklus dospělosti technologie. Převzato z: [11] .....	14
Obrázek 3 Architektura IoT. Převzato z: [12] .....	16
Obrázek 4. Model připojení mezi zařízení navzájem .....	21
Obrázek 5. Model připojení od zařízení do cloudu .....	21
Obrázek 6. Model připojení od zařízení do brány .....	22
Obrázek 7. Model připojení mezi cloudy .....	23
Obrázek 8. Drony pro kontrolu energetických zařízení. Převzato z [29] .....	25
Obrázek 9. Senzory a zařízení na těle člověka. Převzato z [30] .....	26
Obrázek 10. Interet of Cows. Převzato z [34] .....	28
Obrázek 11. Internet věcí v logistice. Převzato z [36].....	28
Obrázek 12. Ericsson Maritime ICT Cloud. Převzato z [38] .....	30
Obrázek 13. Microsoft Azure For IoT Engine Monitoring. Převzato z [40] .....	31
Obrázek 14 Postybell Box. Převzato z [45].....	32
Obrázek 15. Dron společnosti JingDong. Převzato z [48] .....	33
Obrázek 16. Létající sklad Amazon. Převzato z: [49] .....	34
Obrázek 17 Mercedes Vision Van. Převzato z: [51] .....	35
Obrázek 18 Technologie Robovan. Převzato z [52] .....	36
Obrázek 19 Highway Pilot System. Převzato z [54].....	37
Obrázek 20. Model chytrého skladu. Převzato z [53] .....	39
Obrázek 21. Projekt InventAIRy. Převzato z: [63].....	41
Obrázek 22. Charakteristika robotu Kiva. Převzato z [67] .....	45
Obrázek 23. Regály Amazon. Převzato z [67].....	46
Obrázek 24. Člun se pohybuje mezi regály a hledá zboží. [69] .....	47
Obrázek 25. Charakteristika člunu CycloneCarrier. Převzato z [69] .....	48
Obrázek 26. Čarové kódy na stropu skladu. Převzato z [71].....	48
Obrázek 27. Prvky SmartLIFT systému. Převzato z [70].....	49
Obrázek 28. Princip práce technologie chytrých regálu. Převzato z [76] .....	52

## Použitá literatura a zdroje

- [1] Gartner Says 8.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2017 [online]. Gartner, Inc. [cit. 1. 08. 2017]. Dostupné z: <https://www.gartner.com/newsroom/id/3598917>
- [2] EVANS, Dave. The Internet of Things. How the next evolution of the Internet is changing everything [online]. In: Cisco [cit. 1. 8. 2017]. Dostupný z: [http://www.cisco.com//ac79/docs/innov/IoT\\_IBSG\\_0411FINAL.pdf](http://www.cisco.com//ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf)
- [3] Internet of Things [online]. In: Gartner, Inc. [cit. 2.8. 2017]. Dostupné z: <http://www.gartner.com/it-glossary/internet-of-things/>
- [4] Definition of Internet of things in US English [online]. English Oxford living Dictionaries. [cit. 2. 8. 2017]. Dostupné z: [https://en.oxforddictionaries.com/definition/us/Internet\\_of\\_things](https://en.oxforddictionaries.com/definition/us/Internet_of_things)
- [5] РОСЛЯКОВ, А.В. Интернет вещей. Издательство: In: ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ ПГУТИ. Стр. 2. [cit. 2. 8. 2017] УДК 004.738.5: 621.391
- [6] NOVAK, Mat. Nikola Tesla's Incredible Predictions For Our Connected World [online]. [cit. 2. 8. 2017]. Dostupné z: <http://paleofuture.gizmodo.com/nikola-teslas-incredible-predictions-for-our-connected-1661107313>
- [7] World Wide Web. History of the Web [online]. In: World Wide Web Foundation. [cit. 3. 8. 2017]. Dostupné z: <https://webfoundation.org/about/vision/history-of-the-web/>
- [8] DEORAS, Sritshi. First ever IoT device- „The internet Toaster“ [online]. [cit. 2. 8. 2017]. Dostupné z: <http://iotindiamag.com/2016/08/first-ever-iot-device-the-internet-toaster/>
- [9] ASHTON, Kevin. That „Internet of tings“ Things [online] In: RFID Journal. [cit. 2. 8. 2017]. Dostupné z: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>
- [10] EVANS, Dave. The Internet of Things. How the next evolution of the Internet is changing everything [online]. In: Cisco. Str. 3-4. [cit. 5. 8. 2017]. Dostupný z: [http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoT\\_IBSG\\_0411FINAL.pdf](http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf)

- [11] Gartner's 2016 Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies Three Key Trends That Organizations Must Track to Gain Competitive Advantage [online]. In: Gartner. [cit. 5. 8. 2017]. Dostupné z: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3412017>
- [12] COMPTON, Kip. Enabling the Internet of Everything: Cisco's IoT Architecturehttps [online]. In: SlideShare. [cit. 5. 8. 2017]. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/Cisco/enabling-the-internet-of-everything-ciscos-iot-architecture>
- [13] Automa, časopis pro automatizační techniku. Ročník 15 číslo 7–2009. [cit. 7. 8. 201]. ISSN 1210–9592
- [14] DRHLÍK, Kuba. Bezdrátové technologie: Co je NFC a jak ho využít [online]? In: Svět Androida. [cit. 10. 8. 2017]. Dostupné z: <https://www.svetandroida.cz/bezdratove-technologie-nfc-201507/>
- [15] BRANDON, James. CCNA Wireless Official Exam Certification Guidel. [cit. 11. 8. 2017]. ISBN 978–80–251–2884–8
- [16] РОСЛЯКОВ, А.В. Интернет вещей. Издательство: In: ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ ПГУТИ. Стр. 144. [cit. 11. 8. 2017]. УДК 004.738.5: 621.391
- [17] BRISBIN, Shelby. Wi – Fi. Postavte si svou vlastní wi – fi síť. [cit. 11. 8. 2017]. ISBN 80–86330–13
- [18] BRANDON, James. CCNA Wireless Official Exam Certification Guidel. Str. 12–13. [cit. 11. 8. 2017]. ISBN 978–80–251–2884–8
- [19] Z-Wave, technologie pro každou chytrou domácnost [online]! In: SmarterHome. [cit. 12. 8. 2017]. Dostupné z: <https://smarterhome.sk/cs/informacie/co-je-z-wave-6>
- [20] LoRa, LoRaWAN [online]. In: Raycom. [cit. 12.8.2017]. Dostupné z: <http://www.raycom.cz/data/article/filemanager/LoRa.pdf>
- [21] SIGFOX: Česká Republika bude mít komunikační síť pro internet věcí [online]. [cit. 13. 8. 2017]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/smart-city/11.php>



- [22] SALAZAR Jordi and Santiago SILVESTRE. Internet of Things [online]. In: Techpedia. [cit. 13.8. 2017]. Dostupné z: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/110809/LM08\\_F\\_EN.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/110809/LM08_F_EN.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [23] Special Issue of the International Journal on Network Management (IJNM) on Management of the Internet of Things and Big Data [online]. [cit. 20. 08. 2017]. Dostupné z: [http://www.cs.unic.ac.cy/cmavrom/IJNM\\_SI\\_Internet\\_of\\_Things\\_and\\_Big\\_Data.pdf](http://www.cs.unic.ac.cy/cmavrom/IJNM_SI_Internet_of_Things_and_Big_Data.pdf)
- [24] RAY, Brian. What is M2M? [online]. In: LinkLabs. [cit. 22. 8. 2017]. Dostupné z: <https://www.link-labs.com/blog/what-is-m2m>
- [25] ARKKO J., THALER D. and MCPHERSON D. Internet architecture board (IAB). 2011. [cit. 22. 8. 2017]. ISSN: 2070-1721.
- [26] POHANKA, Pavel. Internet vecí. In: Pavel Pohanka [online]. [cit. 24. 8. 2017]. Dostupné z: <http://i2ot.eu/internet-of-things/>
- [27] CEJNAROVÁ, Andrea. Od 1. průmyslové revoluce ke 4. [online]. [cit. 24. 8. 2017]. Dostupné z: [http://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4\\_31001.html](http://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4_31001.html)
- [28] Predix Applications. Manage assets, operations, and your business with Predix applications. [online]. [cit. 29. 8. 2017]. Dostupné z: <https://www.ge.com/digital/predix>
- [29] ČEZ testuje drony pro kontrolu energetických zařízení [online]. [cit. 29. 8. 2017]. Dostupné z: <http://www.solarninovinky.cz/?zpravy/2017081402/cez-testuje-drony-pro-kontrolu-energetickych-zarizeni>
- [30] DIMITROV, V. Medical Internet of Things and Big Data in Healthcare [online]. [cit. 1. 9. 2017]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4981575/>
- [31] LAI, Jennifer and FRANKE, Adrian. Journal of chromatography b-analytical technologies in the biomedical and life sciences abbreviation [online]. [cit. 5. 8. 2017]. Převzato z: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/15700232/931?sdc=1>

- [32] Results of competition: Agri-Tech Catalyst – Early stage - round 3 [online]. In: Innovate UK Technology Strategy Board. [cit. 5. 8. 2017]. Dostupné z: <https://connect.innovateuk.org/documents/1524978/14654581/Agri-Tech%20Catalyst%20-%20Early%20stage%20-%20round%203%20-%20Competition%20results>
- [33] Nano Ganesh C. A Mobile Based Remote Control System [online]. [cit. 5. 8. 2017]. Dostupné z: <http://www.nanoganesh.com/>
- [34] JANŮ, Stanislav. Internet of Cows: fitness obojky můžou nosit i krávy [online]. 2016. [cit. 5. 8. 2017]. Dostupné z: <https://www.zive.cz/bleskovky/internet-of-cows-fitness-obojky-muzou-nosit-i-krawy/sc-4-a-181581/default.aspx>
- [35] DHL a Huawei spolupracují na internetu věcí [online]. 2017. [cit. 16. 9. 2017]. Dostupné z: [http://www.dhlfreight.cz/novinky\\_/dhl-a-huawei-spolupracuji-na-internetu-veci](http://www.dhlfreight.cz/novinky_/dhl-a-huawei-spolupracuji-na-internetu-veci)
- [36] The Internet of Things (IoT) in Supply Chain and Logistics [online]. In: eft, eyefortransport. [cit. 17. 9. 2017]. Dostupné z: <https://www.eft.com/content/internet-things-iot-supply-chain-and-logistics>
- [37] Report by Cisco and DHL. Internet of things in logistics [online]. 2015. [cit. 1. 10. 2017]. Dostupné z: [https://www.dpdhl.com/content/dam/dpdhl/presse/pdf/2015/DHLTrendReport\\_Internet\\_of\\_things.pdf](https://www.dpdhl.com/content/dam/dpdhl/presse/pdf/2015/DHLTrendReport_Internet_of_things.pdf)
- [38] WATSON Douglas. A Maritime IoT case study [online]. 2016. [cit. 1. 10. 2017]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/maritime-iot-case-study-douglas-watson>
- [39] UDAY Kumar. Railway Maintenance Trends in Technology and management [online]. [cit. 3. 10. 2017]. Dostupné z: [https://www.ltu.se/cms\\_fs/1.147575!/file/Kumar%20Railway%20Maintenance%20Trends%20in%20Technology%20and%20management.pdf](https://www.ltu.se/cms_fs/1.147575!/file/Kumar%20Railway%20Maintenance%20Trends%20in%20Technology%20and%20management.pdf)
- [40] Rolls-Royce and Microsoft collaborate to create new digital capabilities [online]. 2016. [cit. 4. 10. 2017]. Dostupné z: <https://customers.microsoft.com/en-US/story/rollsroycestory>
- [41] РОСЛЯКОВ, А.В. Интернет вещей. Издательство: ПГУТИ. Str. 168. [cit.. 8. 2017] УДК 004.738.5: 621.391

- [42] SMARTPORT – THE IN-TEL-LI-GEN-T PORT [online]. [cit. 16. 11. 2017]. Dostupné z: <https://www.hamburg-port-authority.de/en/hpa-360/smartport/>
- [43] Poslední míle [online]. WIKIPEDIA. 2015. [cit. 16.11.2017]. Dostupné z: [\[https://cs.wikipedia.org/wiki/Posledn%C3%AD\\_m%C3%ADle](https://cs.wikipedia.org/wiki/Posledn%C3%AD_m%C3%ADle)
- [44] Parcel delivery. The future of last mile [online]. In: McKinsey and Company. 2016. Str. 6. [cit. 24. 11. 2017]. Dostupné z: [https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/travel%20transport%20and%20logistics/our%20insights/how%20customer%20demands%20are%20reshaping%20last%20mile%20delivery/parcel\\_delivery\\_the\\_future\\_of\\_last\\_mile.a\\_shx](https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/travel%20transport%20and%20logistics/our%20insights/how%20customer%20demands%20are%20reshaping%20last%20mile%20delivery/parcel_delivery_the_future_of_last_mile.a_shx)
- [45] LASMAN Oren. Postybell – The first post box sensor that works from any distance [online]. 2014. [cit. 18. 11. 2017]. Dostupné z: <https://www.indiegogo.com/projects/postybell-the-first-post-box-sensor-that-works-from-any-distance#/>
- [46] WILDAU, Gabriel. China Tests Anti-smog Drone Aircraft [online]. [cit. 16. 10. 2017]. Dostupné z: <https://www.scientificamerican.com/article/china-tests-anti-smog-drone-aircraft/>
- [47] STANFORD BUSINESS. TECHNOLOGICAL DISRUPTION AND INNOVATION IN LAST-MILE DELIVERY, WHITE PAPER [online]. 2016. [cit. 24. 11. 2017]. Dostupné z: <https://www.gsb.stanford.edu/sites/gsb/files/publication-pdf/vcii-publication-technological-disruption-innovation-last-mile-delivery.pdf>
- [48] LAN, Yao. JD.com launches drone delivery in rural Jiangsu [online]. 2016. [cit. 28. 10. 2017]. Dostupné z: <http://www.ecns.cn/business/2016/06-09/213797.shtml>
- [49] GONZALES, Angel. Super-drones and blimp warehouses: Amazon's sci-fi dreams for drone delivery [online]. 2016 In: Seattle Times. [cit.17. 11. 2017]. Dostupné z: <http://www.houstonchronicle.com/business/retail/article/Super-drones-and-blimp-warehouses-Amazon-s-10825771.php>
- [50] Mercedes-Benz Vision Van Looks At the Future of Logistics and Last Mile Drone Delivery [online]. 2016. [cit. 18. 11. 2017]. Dostupné z: [http://www.supplychain247.com/article/mercedes\\_benz\\_vision\\_van\\_looks\\_at\\_the\\_future\\_of\\_logistics\\_delivery/Drones](http://www.supplychain247.com/article/mercedes_benz_vision_van_looks_at_the_future_of_logistics_delivery/Drones)

- [51] Mercedes-Benz Vision Van Concept 2016 [online]. [cit. 18. 11. 2017]. Dostupné z: [http://www.caricos.com/cars/m/mercedes-benz/2016\\_mercedes-benz\\_vision\\_van/](http://www.caricos.com/cars/m/mercedes-benz/2016_mercedes-benz_vision_van/)
- [52] Mercedes-Benz unveils delivery concepts that combine vans with robots and drones [online]. Starship Technologies 2016. [cit. 19. 11. 2019]. Dostupné z: <http://postandparcel.info/75298/news/starship-and-mercedes-benz-unveil-robovan/>
- [53] DHL Trend Research | Cisco Consulting Services. Internet of things in logistics [online]. 2015. Str. 21. [cit. 1. 10. 2017]. Dostupné z: [https://www.dpdhl.com/content/dam/dpdhl/presse/pdf/2015/DHLTrendReport\\_Internet\\_of\\_things.pdf](https://www.dpdhl.com/content/dam/dpdhl/presse/pdf/2015/DHLTrendReport_Internet_of_things.pdf)
- [54] Highway Pilot. The Autopilot for Trucks [online]. Daimler. [cit. 19. 11. 2017]. Dostupné z: <https://www.daimler.com/innovation/case/autonomous/highway-pilot-2.html>
- [55] BLANCHARD, Dave. How Safe Are Your Forklifts? 2015 In: Material Handling and Logistics. [cit. 20. 11. 2017]. Dostupné z: <http://www.mhlnews.com/safe-forklifts>.
- [56] MUSIL, Steve. New smartphone chip to help owners identify smells, tastes [online]. 2013. In: CNET. [cit. 20. 11. 2017]. Dostupné z: <https://www.cnet.com/news/new-smartphone-chip-to-help-owners-identify-smells-tastes/>
- [57] Studie IDC: výdaje za internet věcí v České republice přesáhnou v roce 2018 miliardu dolarů [online]. 2015. In: FOCUS agency. [cit. 14.10. 2017]. Dostupné z: [http://www.m-journal.cz/cs/studie-idc--vydaje-za-internet-veci-v-ceske-republice-presahnou-v-roce-2018-miliardu-dolaru\\_\\_s288x11436.html](http://www.m-journal.cz/cs/studie-idc--vydaje-za-internet-veci-v-ceske-republice-presahnou-v-roce-2018-miliardu-dolaru__s288x11436.html)
- [58] Síť Sigfox už v Čechách pokrývá 95 % obyvatel [online. 2017. In: IoT portal. [cit. 14. 10. 2017]. Dostupné z: <https://www.iiot-portal.cz/2017/09/28/sit-sigfox-uz-v-cechach-pokryva-95-obyvatel/>
- [59] JAN VOIQT, Richard. České Radiokomunikace mají pro IoT většinové pokrytí [online]. 2017. In: ITBIZ. [cit. 15. 10. 2017]. Dostupné z: <http://www.itbiz.cz/clanky/ceske-radiokomunikace-maji-pro-iiot-vetsinove-pokryti>

- [60] První komerční IoT projekt v ČR postavený na technologii SIGFOX [online]. 2016. In: SimpleCell. [cit. 16. 10. 2017]. Dostupné z: [https://simplecell.eu/wp-content/uploads/2017/02/20161102\\_První%CC%81-komerc%CC%8Cni%CC%81-IoT-projekt-v-C%CC%8CR.pdf](https://simplecell.eu/wp-content/uploads/2017/02/20161102_První%CC%81-komerc%CC%8Cni%CC%81-IoT-projekt-v-C%CC%8CR.pdf)
- [61] Češi utratí za internet věcí miliardy korun [online]. 2015. [cit. 16.10. 2017]. Dostupné z: [<https://www.novinky.cz/internet-a-pc/373786-cesi-utrati-za-internet-veci-miliardy-korun.html>]
- [62] Chytré regály a kabinetní skříně [online]. In: FLEXIRAY. [cit. 20. 11. 2017]. Dostupné z: <http://www.flexiray.com/rfid-applications/smart-shelves-cabinets>
- [63] Fraunhofer-Gesellschaft. The flying inventory assistant [online]. 2014. [cit. 20. 11. 2017]. Dostupné: <https://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2014/december/the-flying-inventory-assistant.html>
- [64] The Internet of Things (IoT) and its impact on supply chain visibility [online]. In: Zetes. [cit. 21. 11. 2017]. Dostupné z: <http://www.zetes.com/en/end-to-end-solutions/supply-chain-visibility-software/the-internet-of-things-iot-and-its-impact-on>
- [65] BADRICK, Craig. 5 Ways the IoT in Warehouses Increases Operational Efficiency [online]. 2016. In: TTI. [cit. 21. 11. 2017]. Dostupné z: <http://www.turn-keytechnologies.com/blog/network-solutions/5-ways-the-iot-in-warehouses-increases-operational-efficiency>
- [66] IoT in Russian [online]. 2017. [cit. 3. 10. 2017]. Dostupné z: [https://www.pwc.ru/ru/publications/iot/loT-inRussia-research\\_rus.pdf](https://www.pwc.ru/ru/publications/iot/loT-inRussia-research_rus.pdf)
- [67] FLETCHER, Ed. Amazon's Warehouse Robots Are Boosting Productivity, Getting Goods to Customers Faster [online]. 2017. In: Transport Topics. [cit. 22. 11. 2017]. Dostupné z: <http://www.ttnews.com/articles/amazons-warehouse-robots-are-boosting-productivity-getting-goods-customers-faster>
- [68] Is Kiva System a Good Fit for Your Distribution Center? MWPVL International [online]. [cit. 22. 11. 2017]. Dostupné z: [http://www.mwpvl.com/html/kiva\\_systems.html](http://www.mwpvl.com/html/kiva_systems.html)

- [69] CycloneCarrier: Shuttle System for Dynamic Storage and Retrieval of Light Goods [online]. Swisslog. [cit. 24. 11. 2017]. Dostupné z: [http://www.swisslog.com/-/media/Swisslog/Documents/WDS/04\\_WDS\\_Products/Factsheet\\_CycloneCarrier\\_Shuttle-Storage-System.pdf](http://www.swisslog.com/-/media/Swisslog/Documents/WDS/04_WDS_Products/Factsheet_CycloneCarrier_Shuttle-Storage-System.pdf)
- [70] SmartLIFT Smart LABOR, INVENTORY AND FORKLIFT TRACKING SYSTEM [online]. 2014. [cit. 24. 11. 2017]. Dostupné z: [http://www.mhpn.com/product/smartlift\\_real\\_time\\_location\\_system/ergo](http://www.mhpn.com/product/smartlift_real_time_location_system/ergo)
- [71] Barcode, RFID, Mobile Computer, & Wireless (RF) Technologies. Sky – Trax System [online]. [cit. 25. 11. 2017]. Dostupný z: <http://www.baxtek.com/products/skytrax/index.php>
- [72] BRADLEY, Peter. TECHNOLOGY REVIEW | LIFT TRUCK TECHNOLOGY. Bobcat excavates productivity, inventory improvements [online]. 2014. [cit. 26. 11. 2017]. Dostupné z: <http://www.dcvelocity.com/articles/20140917-bobcat-excavates-productivity-inventory-improvements/>
- [73] The Sky-Trax System™ – Vehicle Tracking and Fleet Management [online]. In: TotalTrax. [cit. 26. 11. 2017]. Dostupné z: <http://www.totaltraxinc.com/smart-forklift-solutions/the-sky-trax-system/>
- [74] MUKUMOV, Remir. Интернет вещей" позволяет сократить расходы на электричество на 30-60 % [online]. [cit. 26. 11. 2017]. Dostupné z: <https://vc.ru/20940-hiddenenergy>
- [75] Smart weighing solutions for lean production [online]. METTLER TOLEDO. [cit. 26. 11. 2017]. Dostupné z: [https://www.mt.com/hk/en/home/library/product-brochures/other/IndRemoteInven/jcr:content/download/file/file.res/DS\\_Remote\\_inventory\\_120105.pdf](https://www.mt.com/hk/en/home/library/product-brochures/other/IndRemoteInven/jcr:content/download/file/file.res/DS_Remote_inventory_120105.pdf)