Vysoká škola logistiky o.p.s.

Koncept internetu věcí v logistice

(Diplomová práce)

Přerov 2019 Bc. Pavel Zourek, DiS.

Vysoká škola logistiky o.p.s.

Zadání diplomové práce

student	**Bc. Pavel Zourek, DiS.**
studijní program	Logistika
obor	Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Koncept Internetu věcí v logistice**

Cíl práce:

Posoudit a navrhnout využitelnost prostředků Průmyslu/Logistiky 4.0 v logistice. Navrhnout typové příklady využití chytrých senzorů pro sledování teploty při přepravě; nenarušení přepravního prostoru; váhový senzor – sledování vytížení vozidla a další.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod
1. Logistické procesy
2. Prostředky Průmyslu 4.0 v logistice
3. Chytré senzory
4. Typové příklady v dopravních procesech

Závěr

Rozsah práce: 50 – 60 normostran textu

Seznam odborné literatury:

Gros, I., Barančík, I., Čujan, Z.: Velká kniha logistiky. VŠCHT Praha, 2018, ISBN 978-80-7080-952-5

Ministerstvo průmyslu a obchodu: Iniciativa Průmysl 4.0. [on-line] dostupné z https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf [cit 20-10-2018]

Vymětal, D.: Informační systémy v podnicích: teorie a praxe projektování. Grada 2009, ISBN 978-80-247-3046-2

Vedoucí diplomové práce: doc. Dr. Ing. Oldřich Kodym

Datum zadání diplomové práce: 31. 10. 2018
Datum odevzdání diplomové práce: 11. 5. 2019

Přerov 31. 10. 2018

doc. Dr. Ing. Oldřich Kodym
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivan Hlavoň, CSc.
rektor

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat před tím o této skutečnosti Vysokou školu logistiky o.p.s. prorektora pro vzdělávání.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze diplomové práce, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

Praha 20. 4. 2019 …….

podpis

Poděkování

Chtěl bych poděkovat docentu Oldřichu Kodymovi za jeho připomínky k této práci. Zároveň bych chtěl poděkovat mé rodině, že mi svou ohleduplností věnovala dostatek času na napsání této práce.

Anotace

Diplomová práce se věnuje současným tématům z oblasti logistiky. Teoretická část je věnovaná oblasti průmyslu 4.0 a kyber-fyzikálním systémům. Zmíněny jsou zde senzory jako základní součást pro sběr dat. V další části se zaměřuje na nové trendy v oblasti internetu věcí a sítím pro jeho provoz. Podstatná část se zaměřuje na identifikaci zboží v logistickém řetězci. Zajímavou kapitolou je vysvětlení technologie blockchain a jeho možné využití v logistice. V praktické části práce je navržen koncept pro nepřetržité sledování teploty a průběhu přepravy.

Klíčová slova

Průmysl 4.0, Kyber-fyzikální systémy, Internet věcí, senzory, identifikace zboží, Falsificate Medicine Directive (FMD), blockchain.

Annotation

Introduction of basic industrial terms 4.0. Division of cyber-physical systems. Explanation of the term Internet of Things and introduction of wireless networks for its operation. Identification of goods using barcodes and RFID. Introducing a regulation against counterfeiting of drugs using the matrix data. Explanation of the term blockchain and its use in logistics. Concept for real time temperature and transit tracking. Possibilities of using data in blockchain.

Keywords

Industry 4.0, Cyber-Physical Systems, Internet of Things, Sensors, Goods Identification, Falsificate Medicine Directive (FMD), blockchain.

Obsah

Cíl práce 9

Úvod 10

1 Základní principy průmyslu 4.0 12

1.1 Komponenty průmyslu 4.0 12

1.1.1 Cyber Physical Systém 13

1.2 Senzory 16

1.2.1 Typový příklad senzorů 18

1.3 Rozšířená virtuální realita 19

1.4 Big Data 21

1.5 Sítě pro IoT 23

1.6 Logistické procesy s využitím IoT 30

1.6.1 Značení a balení produktů 30

1.7 Informační funkce obalů pro spolupráci s IoT 31

1.8 Identifikace zboží a logistických jednotek 33

1.9 Radiofrekvenční identifikace (RFID) 36

1.10 Využití IoT v blockchainu 39

1.11 Využití blockchainu v logistice 42

2 Zajištění aktivního coldchainu pomocí IoT 49

2.1 Současná koncepce logistiky léčiv 50

3 Koncept sledování teploty během přepravy 56

3.1 Přeprava zboží 57

3.2 Identifikace léku pomocí FMD kódu při vychystání 60

3.3 IoT systém pro sledování teplot 62

3.3.1 Spojení příslušné objednávky s číslem přepravy 63

3.3.2 Databáze vozidel a řidičů 65

3.3.3 Sledování průběhu přepravy 66
3.3.4 Přenos teplot během přepravy 67
3.3.5 Mobilní aplikace pro monitorování průběhu přepravy 70
3.3.6 Zpracování informací o teplotě z čidel 72
Závěr 79
4 Použité zdroje 80
4.1 Seznam obrázků 82
4.2 Seznam tabulek 84
4.3 Seznam příloh 85

Cíl práce

Cílem této práce je vytvořit koncept pro sledování teploty během přepravy pro farmaceutického distributora. Pomocí internetu věcí je představeno řešení pro nepřetržitý monitoring přepravy. V centrálním systému jsou sledovány přijaté teplotní údaje z „chytré“ lednice. Pomocí aplikace pro průmyslové „chytré telefony“ jsou zaznamenávány úkony na trase. Všechny údaje jsou vyhodnocovány v dohledovém centru a přenášeny do podnikového informačního systému. Práce se okrajové věnuje i technologii blockchain a možnostem napojení stávajících systémů na tuto distribuovanou databázi.

Úvod

Průmysl 4.0 bývá v některých materiálech označován za čtvrtou průmyslovou revoluci. Jedná se o soubor principů a technologií, které vedou k digitalizaci výrobních a logistických činností. Principiálně jde o to propojit stroje, počítače a lidi do stejné sítě, ve které mohou společně komunikovat a vyvářet flexibilní systémy.

“Průmysl 4.0 lze popsat jako systém vzniklý integrací dílčích samostatně operujících autonomních systémů.” (MAŘÍK, 2016)str.42

Podle mého názoru jde o to vytvořit svět, ve kterém je možné zadávat, přijímat a vyhodnocovat úkoly stejně podobně jako je tomu při vytváření počítačového program. Počítačový program také pomocí různých komponent a částí, zadává, přenáší a vyhodnocuje informace. Snahou internetu věcí je tedy vice rozšířit periferie počítače o další struktury. Tím je umožněno ovládat výrobu nebo logistiku více koncepčně, a to na základě přesně plánovaných příkazů. Každá část totiž vrací odezvu, kterou je možné zpětně vyhodnotit a systém optimalizovat. Tím se dá zamezit ztrátám a prostojům mezi operacemi a naopak nalézt úspory v neekonomických procesech.

Smyslem je, aby dělníci v chytrých (tzv. smart továrnách) neprováděli náročné a velmi často rutinní činnosti. Cílem je, aby člověk byl tím kreativním motorem a dělal rozhodnutí, která stroje sami nezvládnou. Vývoj postupně spěje k tomu, že není nutné stát přímo u stroje, ale stačí vykonávat pouze dohled a servisní činnosti. Celkově to pak přispívá k prodloužení pracovní, respektive produkční nebo výrobní doby. Stroj může totiž pracovat sám bez nutnosti přímého kontaktu s člověkem. Pracovní možnosti tedy bude možné lépe kombinovat i s osobním životem. (MAŘÍK, 2016).

Pokusím se přiblížit pojem průmysl 4.0 pohledem zákazníka. V tomto případě tedy pohled přes celý dodavatelsko-odběratelský řetězec a změny, které se v něm nevyhnutelně musí odehrát. Průmysl se více přiblíží zákazníkovi a jeho požadavkům. Celý trh tak čeká větší propojení což s sebou nese řadu výhod, ale také i rizik. Týká se to zejména toho segmentu, kde dochází k výrobě pro koncového zákazníka - zejména tedy automobilový průmysl. Zákazník dnes má celou řadu možností, jak ovlivnit výslednou podobu a funkce vozu. To s sebou nese velké nároky na přenos a zpracování informací. To je tedy nová výzva pro průmysl 4.0 – poskytovat pružnost při výběru produktu, ale zároveň tím neparalyzovat celkovou výrobu. Nároky na vyřízení objednávky se zkracují, ale náročnost zákaznických požadavků stoupá. Každá byť sebemenší změna ve výrobním programu může způsobit ve výsledku velké zpoždění. V současném světě může mít zpoždění v řádů týdnů i vliv na výslednou cenu. Vezměme

v úvahu například dnes tak oblíbené mobilní telefony. Zpoždění ve výrobě a pak i v dopravě může minout cílenou marketingovou kampaň a případné zpožděné nasazení na trh může přijít až za konkurencí. Z tohoto důvodu se např. vyplatí převážet mobilní telefony letecky z Číny, ačkoliv se to může jevit jako neekonomické.

Smyslem tohoto konceptu je provázání informací z výroby, distribuce, obchodu a zpětná vazba od zákazníka. Z těchto informací je potřeba sestavit plány výroby a prodeje. Důležitou položkou ve výpočtu výroby je také životní cyklus výrobku, který musí reagovat na aktuální dění na trhu.

Každá část logistického nebo výrobního procesu počínaje materiálem, dopravním prostředkem ale i člověk má v konceptu Internetu věcí svou inteligenci, vyjednávací pravomoci a stanovené priority. Každá komponenta si tak volá službu, kterou zrovna potřebuje (demand-oriented) a nastavený algoritmus průběžně vyhodnocuje požadavky. Úkolem je maximálně využít stávající strukturu s minimálním využitím zdrojů. (BENEŠ, 2016)

1 Základní principy průmyslu 4.0

Koncept průmyslu 4.0 je založen na vzájemném propojení, kterou zajišťují informační a komunikační sítě. Ty umožňují zpracování dat v reálném čase, sdílení informací a nepřetržitou komunikace.

Průmyslovou integraci konceptu Průmyslu 4.0 tvoří tři hlavní pilíře:

- **Vertikální integrace výrobních systémů** – informační provázání napříč hierarchickou a řídící strukturou podniku. Jednotlivé řídící stupně tedy dokážou získat potřebné informace o procesech a to v potřebném rozlišení.
- **Horizontální integrace** - tento pojem znázorňuje propojení dílčích článků dodavatelsko-odběratelského řetězce. V rámci globálních sítí mohou sdílet klíčový partneři hodnotového řetězce potřebné informace. Tyto sítě se vytvářejí s cílem vyvinout a vyrobit určitý produkt. Propojení umožňuje větší flexibilitu, optimalizaci výše zásob, dokáže urychlit proces výroby produktu čímž lze snížit náklady. Úroveň této integrace v dnešní době již není omezena pouze na jedno město či zemi, ale v zásadě na jednom projektu mohou spolupracovat lidé z celého světa a všichni mají zaručené stejné informace.
- **Integrace inženýrských procesů** - zajišťuje propojení informací od plánování, vývoje, výroby až po následný poprodejní servis. Vzájemné propojení poskytuje data, která se uplatní ve vývoji a umožní zkvalitnit a prodloužit životnost produktu. Výrobky pomocí různých čidel dokonce dokážou komunikovat mezi sebou a ovlivnit tak vzájemné chování.

Pomocí těchto pilířů lze simulovat procesy a optimalizovat dodávku podle individuálních požadavků zákazníka. (MAŘÍK, 2016)

1.1 Komponenty průmyslu 4.0

Infrastrukturu průmyslu 4.0 tvoří internet rozdělený dle svého zaměření na internet věcí (IoT – Internet of things), který využívá propojení chytrých zařízení (tzv. smart things), dále Internet Služeb (IoS – Internet of services), který zajišťuje chod převážně dopravy a logistiky (Smart mobility and logistics), další součástí je inteligentní infrastruktura s inteligentními prvky (inteligentní doprava a tzv. smart grids). Všechny tyto sítě umožňují vytvářet neuzavřené celky, které se mohou sdružovat do větších (dnes např. čtvrtě, města, kraje).

Poptávka po dodávkách výrobků vyžaduje efektivní plánování logistiky tak, aby tento proces spotřeboval co nejméně zdrojů a zabral co nejméně plochy. Rovněž v tomto

oboru dochází k rozvoji ekologičtějších způsobů přepravy s využitím autonomních vozidel. Plánovací program a autonomní řízení bude hledat co největší optimalizaci a synergie v doručovacích procesech.

1.1.1 Cyber Physical System

Základním předpokladem pro rozvoj koncepce průmyslu 4.0 je nutnost sjednocení komunikačních a technických standardů. Výsledkem bude přeměna stávajících klasických továren na tzv. smart factories nebo faktory 4.0.

Označení 4.0 vyplývá z historického označení etap průmyslové revoluce, kterou historici dělí na tři fáze. Technologie však pokročili tak dopředu, že tato nová koncepce získala své vlastní označení.

V továrnách, které lze označit jako 4.0 jsou používány moderní technologie, které pomocí sběru dat optimalizují výrobu. Vzniká tak síť, která propojuje fyzický a virtuální svět tzv. Cyber-Physical Systém (kyberneticko-fyzikální systém, CPS). To zde nikdy předtím nebylo a právem tedy lze přiřadit této etapě již 4. pořadí.

Při výrobním procesu jsou shromažďovány informace od všech článků hodnototvorného řetězce a zákazníků. Na základě jejich vyhodnocení je ovlivňována výroba.

V továrnách 4.0 člověk a stroj spolupracuje a komunikuje. Roboti jsou tak novými členy pracovních týmů se schopností se učit a napodobovat lidské chování. Robot tedy už jen nečeká na povel, ale dokáže některé věci sám rozhodnout. Autonomní rozhodování robotů je možné jen díky vysoké míře koordinace lidí a strojů. Nastavením správného počtu lidí a strojů je dosahováno velmi efektivního výrobního procesu.

Tento systém má dvě hlavní funkce. Zajišťuje přenos a sběr dat a též s těmito daty pracuje – provádí správu a analýzu. Získaná data se ukládají do centrálních uložišť, řekněme datových skladů, kam vedou jednotlivé linky z podružných uzlů a jednotlivých čidel. Vyhodnocení probíhá na bázi analýzy a historického vývoje získaných dat. Například je možné získat údaje o rychlosti dodání, četnosti závad, počtu vyrobených nebo dodaných kusů, odchylkách atd. To vše tvoří balík informací, které je třeba nějak interpretovat. Z opakovaných nebo mimořádných jevů lze vyčíst stav dané věci a vytvořit k tomu odpovídající rozhodnutí. Ověření, zda rozhodnutí bylo správné, je možné zjistit opět ze získaných dat. Jednoduše se tak dá vyhodnotit, zda jsme dosáhli požadovaného výsledku. Propojení je v některých koncepcích plánováno prodloužit až na úroveň poptávky (demand-oriented production) (KOPP, 2017)

Jak jsem již psal výše, Cyber-Physical Systems mohou být propojeny do globálních sítí. V rámci těchto sítí může být zapojeno velké množství firem. Každá firma může produkovat tisíce různých druhů dat, které je potřeba nějaký způsobem hromadně zpracovávat. Zde je tedy potřeba využít tzv. cloud computingu.

Cloud computing je dodání výpočetních služeb přes internet. Tyto služby jsou provozovány pomocí komerčních datových center. Využívání cloud computingu umožňuje firmám zvýšit výpočetní kapacitu a zároveň optimalizovat náklady na informační technologie. Výpočetní výkon cloud computingu lze objednat na zakázku pro určitý projekt či participovat na projektu někoho jiného. Ke cloudovým službám je možné připojit jakékoliv zařízení schopné posílat informace v nějakém standardizovaném formátu. Tím se kromě počítačů stávají i věci, hovoříme o tzv. Internetu věcí. Všechna tato zařízení posílají data a mohou poskytovat okamžitou zpětnou vazbu analýzou těchto dat.

Cloud computing poskytuje jak výpočetní výkon, tak i rozsáhlé databáze a datové sklady. Nepříjemnou stránkou věci je zranitelnost systému. Díky tomu, že komunikace probíhá v globální síti, existuje zde riziko kybernetických útoků v různých podobách. To může představovat neoprávněné užití dat, krádež a změnu dat. To sebou samozřejmě přináší zvýšené nároky na bezpečnost. K účinné spolupráci systémů v rámci globální sítě je potřeba definovat a striktně dodržovat standardy umožňující předávání a využívání různých údajů a služeb. Částečné řešení těchto rizik představuje technologie blockchain.

Využíváním Cyber Physical Systems vznikne obrovský prostor pro rozvoj nových pracovních pozic, obchodních modelů a služeb týkající se internetu věcí a internetu služeb (z anglického překladu Internet of Things, Internet of Service).

Výhody a možnosti CPS spočívají v široké možnosti jejího využití. Díky chytrým čidlům bude možné monitorovat a řídit dopravní sítě (světelné křižovatky, zabezpečení přejezdů a železničních tratí). V oblasti dopravy se bude stále více rozvíjet autonomní řízení vozidel, které bude poskytovat údaje o poloze, rychlosti, spotřebě, ale i nutných opravách. Své využití najdou CPS i v energetice, kde se zaměří na distribuci a řízení spotřeby. Bude možné lépe vyhodnocovat údaje o počasí a na základě toho upřesňovat předpovědní modely. CPS najdou využití všude tam, kde bude potřeba koordinovat toky materiálu a služeb. Ideálním příkladem jsou tedy výroba a logistika. (MAŘÍK, 2016)

Možnosti využití CPS jsou závislé na technologických inovacích, ale také na chování spotřebitelů. CPS má potenciál změnit způsob vykonávání dnes známých činností.[1]

Internet věcí

Pod tímto pojmem si lze představit zapojení drobných zařízení a složitějších strojů do firemní sítě. Jednotlivé moduly jsou vertikálně a horizontálně propojeny. Společně řeší úlohy a koordinují činnost na základě vyhodnocení získaných dat. Jednotlivé moduly mají schopnost se učit a vyhodnocovat svá rozhodnutí. Umí optimalizovat činnost, aby byly více efektivní. To probíhá na základě předem definovaných algoritmů. Modulem může být jakýkoliv senzor, čidlo nebo systém, který dokáže přijímat povely a vracet zpět do sítě informace o jejich provedení. Typickým příkladem komunikace v IoT (Internet of Things – Internet věcí) je M2M (Machine to Machine). Jedná se o výměnu dat mezi stroji pomocí optické, rádiové nebo i internetové sítě. Typickým příkladem je síť typu snímač a řídící jednotka, která dostává informace např. o teplotě a podle nastavený hystereze dokáže zapnout topení nebo chlazení v daném zařízení. Rovněž to platí i pro všechny kamerové a zabezpečovací systémy. Města po celém světě velmi intenzivně rozvíjejí tyto sítě a snaží se tak usnadňovat život jejím obyvatelů. Obecně se nazývá koncept Smart Cities.

Komunikace mezi vozidly

Jedná se o koncept budoucnosti V2V konektivity. (Vehicle to Vehicle) kdy bude připojena dopravní infrastruktura s vozidly. Zároveň bude probíhat komunikace mezi vozidly. Za zmínku zde stojí systém zpracování DRSC – (Dedicated Short Range Communication), která zajišťuje spolehlivou komunikaci mezi vozidly na krátké vzdálenosti. Připojená silnice promění do budoucna vozidla v nástroje pro sběr dat. Tento systém se skládá se sběrnice dat umístěné v dopravní infrastruktuře osvětlení a jednotce ve vozidle. Systém umožňuje sledovat pohyb vozidla pomocí GPS a vypočítávat údaje o rychlosti a směru jízdy. Dále jsou zde zahrnuty systémy určení identity vozidla a zajištění bezpečnosti komunikace. Systém umožňuje v reálném čase vyhodnocovat dopravní data. To lze využít zejména pro předcházení kolizí nebo vyhnutí se dopravním zácpám, řazení vozidel do pruhů, průjezd křižovatkami atd. Ze všech těchto podpůrných systémů se postupně stává prostředek k autonomnímu řízení

[1] (KAGERMANN, WAHLSTER, & HELBIG; KAGERMANN, WAHLSTER, & HELBIG)

vozidel. Základní funkce, které autonomní řízení vyžaduje, jsou navigace, situační analýza, plánování pohybu a řízení jeho trajektorie. Takový systém musí obsahovat syntézu všech sebraných dat, vyhodnotit vstupy a provést závazné rozhodnutí.
(HRSTKA, 2016)

Podle Beneše je rozdíl mezi průmyslem 4.0 a internetem věcí v šíři záběru. Průmysl 4.0 se soustředí na výrobní proces v „chytrých továrnách“ naproti tomu Internet věcí nabízí možnosti využití ve formě propojení digitalizovaných produktů. V současné době probíhá na tomto poli intenzivní vývoj a různé firmy se tak překrývají v nabídce produktů a služeb. Jedná se o období hledání standardů. Podle agentury Experton Group, která se zabývá výzkumem v oblasti digitální transformace, dnes existuje více než 100 různých standardů pro oblast IoT. Firmy se snaží nabízet komplexní řešení systému od návrhu po realizaci. V současnosti je stav podle Experton Group takový, že firmy se teprve učí přicházet na možnosti těchto technologií, ale nejedná se o komplexní řešení celého chodu firmy. Plný impuls ke změně dají až globální lídři, kteří IoT technologie plně nasadí do produkce a trh tak bude muset reagovat na nové výzvy. (BENEŠ, 2016, str. 12)

1.2 Senzory

Senzory tvoří nepostradatelnou součást průmyslu již několik desetiletí. Mají za úkol sbírat a předávat naměřené informace řídícímu centru. Podle Mařík bude pro potřeby koncepce průmyslu 4.0 potřeba daleko většího rozvoje inteligentních čidel. Senzory jsou v dnešní době součástí téměř všech elektronických zařízení. Hlavní úlohy plní při zjišťování různých veličin, při kterých musí zaznamenat danou veličinu a zjištěnou hodnotu předat dále ke zpracování. Princip je tedy v celku jednoduchý. Vývoj elektroniky v poslední době umožnil miniaturizaci a větší škálu využití senzorů, stejně jako způsoby předávání získaných informací. Dnes tak můžeme hovořit o vývoji tzv. inteligentních „smart“ senzorů. Tento typ umí nejen komunikovat např. s mobilním telefonem, ale je možné nastavovat jeho parametry a limity pomocí vzdáleného zařízení. Pojem „smart“ senzor není podle Krále zatím plně standardizován. Existují různé platformy s různými typy sběrnic.

Základní způsob jak můžeme senzory dělit do skupin je podle Krále následující:

- **Měření veličin** – snímání teploty, tlaku, záření, průtoku. Dále sem patří pro logistiku důležité mechanické veličiny jako je měření polohy, rychlosti,

zrychlení a síly. Pomocí těchto fyzikálních veličin je možné získávat informace o poloze a hmotnosti nákladu.

- **Fyzikální princip** – většinou elektro fyzikální jevy jako je odpor, indukčnost, kapacita, optoelektronické a jiné.
- **Styk s prostředím** – dotykový nebo bezdotykový způsob snímání veličin z daného prostředí.
- **Způsob převodu signálu** – aktivní a pasivní přenos.

Existuje jistě celá řada dalších možností jak škálovat senzory podle různých dílčích kritérií.

Senzor, detektor nebo snímač je první část snímacího řetězce a zároveň poslední, která je v přímém styku s měřeným prostředím. K měření veličiny dochází přes součást, která se nazývá čidlo. Čidlo na základě svých fyzikálních vlastností převede měřenou veličinu na elektrický signál nebo dnes už rovnou na digitální výstup. Tento výstup je pomocí přenosové soustavy dopraven do indikačního zařízení, které podle nastavených parametrů zobrazuje a interpretuje naměřenou veličinu. (KRÁL, 2006)

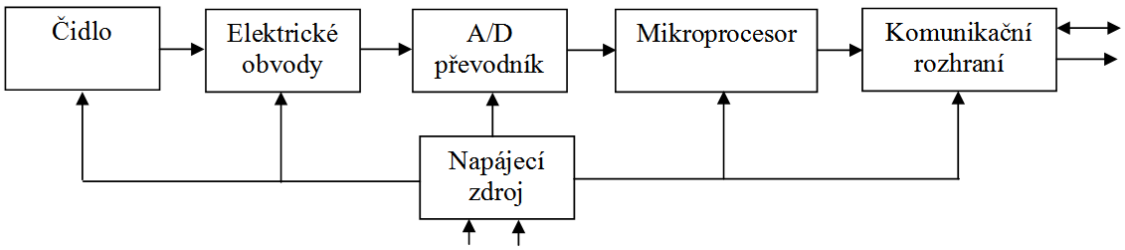
Stavba senzoru se skládá ze tří základních částí:

a) **Vstupní část** – tvoří hlavní část senzoru, přes který vstupují veličiny. Dochází k převodu impulsu na vhodný signál. V této části také musí být zajištěna ochrana zařízení proti okolním vlivům jako teplo, vlhko či působení chemický látek. Zároveň zde musí být vyřešena ochrana proti nežádoucím rušivým vlivům.

b) **Vnitřní část** – zde dochází ke zpracování vstupního signálu. V této části jsou nastavovány meze funkce, probíhá kalibrace, vyrovnává se kompenzace rušivých vlivů a nastavuje se výchozí nebo nulová hodnota. Provádějí se zde výpočetní a statistické operace. Moderní čidla, které mají schopnost se učit, dokážou z naměřených dat rozpoznat, jestli jsou věrohodná nebo se jedná o chybu.

c) Výstupní část – má na starosti komunikaci s dalšími zařízeními v pořadí. Komunikace může probíhat po drátu, integrovanou sběrnicí či bezdrátovou technologií. Senzor z této části odesílá i svůj vlastní stav (vypnuto, zapnuto, porucha). Může zde převádět nesymetrický signál na symetrický, z analogového

na digitální. Pokud je zapotřebí, může vydávat řídící signál pro další zařízení (Např. vypni, zapni) [2]



Obrázek 1Schema inteligentního senzoru (Zdroj: https://coptkm.cz/)

Popis vyobrazených částí:

Čidlo – zajišťuje přenos informací

Elektrické obvody – zde dochází k úpravě signálu

Převodník A/D – převádí analogový vstup na digitální výstup

Mikroprocesor – zpracovává vstupní data podle určeného programu na požadovaný výstup

Komunikační rozhraní – zajišťuje přenos informace

1.2.1 Typový příklad senzorů

Obrázek 2Příklady bezdrátových snímačů, pracujících v síti Sigfox (Zdroj: http://www.trinstruments.cz)

Na obrázku můžeme vidět typové příklady senzorů pracující v IoT síti Sigfox. Přístroje slouží k zaznamenání teploty v rozsahu -30 až + 60°C a vlhkosti. Fungování je zajištěno

[2] Struktura inteligentních senzorů, str 41 (KRÁL, 2006)

pomocí baterie. Data se zpracovávají a předávají do cloudu, ve kterém probíhá záznam a pozdější zobrazení dat. Pracovní frekvence je 868 MHz – UNB (Ultra Narrow Band). Vysílací výkony až 25 mW. Interval vysílání je možné nastavit od 10 minut. V této síti je maximální počet zpráv omezen na 144 za den. Provoz těchto zařízení je možný v Evropě a v zemích kde je toto pásmo ponecháno pro využití v internetu věcí.

Čidlo vyšle signál, který je pomocí sítě dopraven k zesilovači, který impuls převede do cílového uložiště např. cloudu. Zde je signál zpracován a uložen do databáze. Pomocí běžné sítě internet je pak možné se k databázi připojit a zobrazit údaje na notebooku nebo chytrém telefonu. Výhodou tohoto řešení je, že nepotřebuje SIM kartu a datový tarif pro přenos informací. Nevýhodou je možnost zahlušení signálu a zejména možnost rušení elektromagnetickým polem. Například v továrních halách, které jsou doslova prošpikované bezdrátovými wifi sítěmi a rušivými signály, klesá rychlost a může docházet ke špatné interpretaci dat.[3]

Obrázek 3 Schéma přenosu informace pomocí Sigfox v síti Comet. (Zdroj: http://www.trinstruments.cz)

1.3 Rozšířená virtuální realita

Díky rychlému rozvoji techniky a softwaru se na poli virtuální reality (VR) udál značný pokrok. Doba, kdy virtuální realita byla nepříliš dobrou zábavou hrstky lidí, dávno skončila. Virtuální realita dnes zaujímá svou pozici jako pomocník člověka tam, kde je potřeba rychle přenášet informace a dávat data. Zejména ve skladech a v průmyslu je

[3] (www.trinstruments.cz, 2019)

možné využít VR pro efektivnější orientaci. Lze tak zkombinovat reálný svět a dotvářenou realitu.

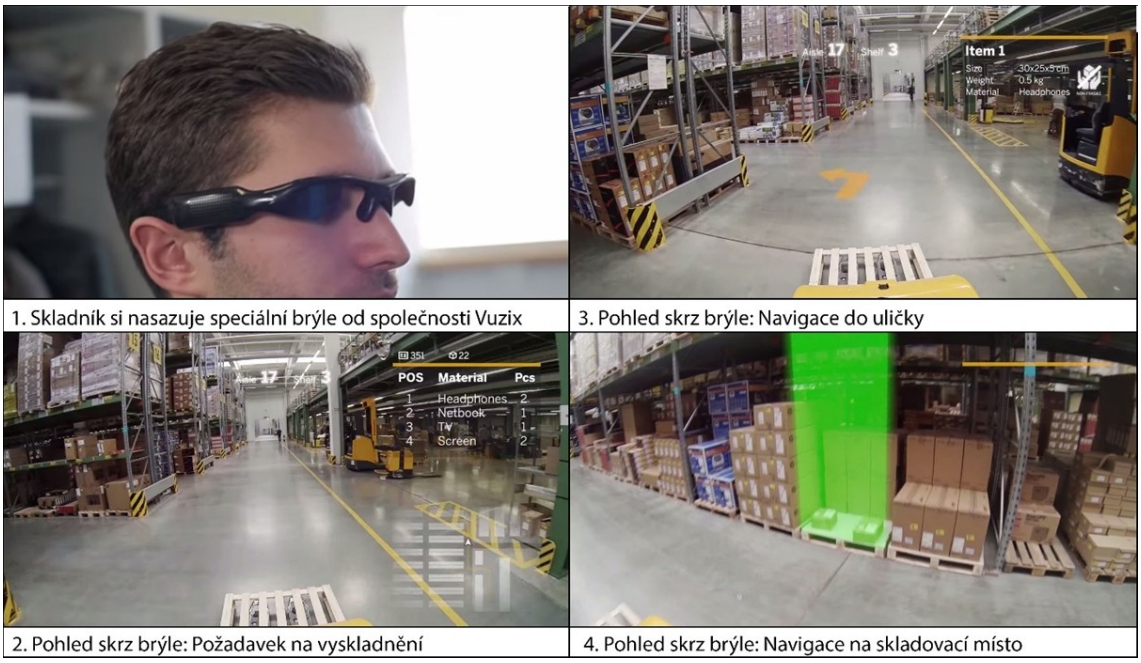
Technologií, které se k tomu účelu využívají, je celá řada. Velmi známé jsou poloprůhledné brýle, které na displeji v brýlích zobrazují informace např. o počtu kusů, umístění zboží nebo dokonce mohou provádět optickou kontrolu.

Zařízení pro vnímání rozšíření reality AR (Augmented Reality) je možné podle Mařík rozdělit na dvě základní skupiny:

a) Pohled přes displej - brýle nebo náhlavní displej (mobil, tablet) – okolní realita je snímána kamerou a v počítači je přidáván další obsah do video signálu. Může však docházet k potížím v přenosu a zpožděním. Uživatel také nemusí mít vždy stejný pohledový záběr jako zařízení, což může v některých případech působit komplikace. Na obrázku níže je pohled na motor vozidla se zobrazením jednotlivých částí a návodem k opravě.

Obrázek 4 Volkswagen MARTA Augmented Reality Service Support (Zdroj: https://m.systemonline.cz/)

b) Pohled přes brýle – obraz reálného světa není nijak upravován, akorát jsou do něj promítány vizuální obrazce. Pohled není zpožděný, ale může docházet ke zpoždění promítání vizuálních informací.



Obrázek 5 Testovací prostředí pro VR od SAP (Zdroj: https://m.systemonline.cz/)

Nejtěžší na VR je udržení synchronizace promítaného obrazu s reálným světem. Jsou k tomu využívané speciální senzory jako jsou akcelerometry (měří zrychlení), gyroskopy (sledování polohy), GPS lokace apod.

Tyto technologie mají využití všude tam, kde je potřeba realitu nějak doplnit či simulovat nějaké stavy. Využití nalezneme v zábavním průmyslu, při výcviku policie nebo armády, v lékařství apod.

1.4 Big Data

Základním prvkem pro fungování průmyslu 4.0 je sběr a vyhodnocování dat. Jak už název napovídá, dat zde je opravdu hodně. Za velká data (Big Data) se považuje objem v rozsahu petabytů (10^{15} bytů). (MAŘÍK, 2016, str. 45) To už je problematické analyzovat pomocí běžných databázových nástrojů a na řadu tak přichází cloud computing, který umí hledat trendy v získaných datech a podávat tak informace o chování systému jako celku. Data mohou být získávána z různých zařízení a čidel a ukládána do serverových uložišť. Podstatou je analýza těchto dat a hledání vztahů a souvislostí v nich obsažených. Tyto vazby pak poslouží k vyhodnocení procesů a jejich optimalizaci.

V logistice se především jedná o zkrácení dodacích termínů, optimalizace cesty či predikce poptávky. To vše pomáhá lépe alokovat zdroje pro jednotlivé operace. Analýzou dat lze odhalit úzká místa systému a zaměřit na ně svou pozornost, říká Petr

Polák, IT delivery manager ze společnosti DHL Supply Chain. Zde při práci vyhodnocují údaje o počasí, trase a rozměrech zásilek, ale také z přepravních a manipulačních strojů. To vše vede k optimalizaci procesů. Hlavní výhodou je, že se díky tomu daří zpřesňovat předpovědi a plánování dalších operací.

Tento systém však skýtá úskalí, jakými jsou chybějící infrastruktura a dost často i kompetentní lidé, kteří by tento systém uměli uvést v život a využít informace z něj. Dalším faktorem je nejednotnost systémů, které se zatím rodí a každý pracuje v jiném standardu. Nelze tak jednoduše propojit data od výroby až ke koncovému zákazníkovi, což má za následek enormní nárůst dat a jejich problematické vyhodnocení. (ČAPEK, 2017, str. 29)

Zdrojem velkých dat jsou především údaje získané z provozu internetu, zejména spotřební chování lidí. Velkým fenoménem dnešní doby je vyhodnocování dat z prostředí sociálních sítí. Pomocí nich lze získat velmi detailní popis toho, co jejich uživatele zajímá a predikovat jejich další chování. Do budoucna lze očekávat další sofistikované systémy, které budou používat k vyhodnocení biometrických údajů lidí bezpečnostní kamery, lékařské zobrazovací systémy, genové analyzátory apod. Tato oblast skýtá velký prostor pro využití. Určitě zde nemůžeme opomenout data z čidel monitorující výrobu či logistiku. Tato data mohou při správném využití sloužit k optimalizaci nákladů výroby, alokaci pracovních sil. Úkolem analýzy velkých dat je hledat řetězce a souvislosti napříč nimi což slouží jako základ pro umění se učit. Systémy by se tak samy mohly nastavovat podle potřeby. (MAŘÍK, 2016)

Automatizace a robotizace

Roboti jsou dnes běžnou součástí logistických a výrobních procesů. Velmi dobře dokážou nahradit lidskou pracovní sílu tam, kde je kladen důraz na rychlost, přesnost a práce má svůj pravidelný algoritmus. Roboti jsou tedy z velké části ve výrobě automobilů, ale dnes se díky zlepšujícím technologiím stále více prosazují v dalších odvětvích průmyslu. Nemusíme mít na mysli velké nemotorné stroje. Dnes dokáží být velmi flexibilní co se týče rozměrů a schopnosti manipulace. Zároveň jejich programování již není pouze doménou IT specialistů, ale mohou je přes intuitivní uživatelské rozhraní programovat samotní uživatelé. Co často bývá překážkou robotizace je odhad návratnosti investice. Dále samotná implementace takového řešení není jednoduchá a je potřeba ji věnovat nemalé úsilí. Řada společností také neprodukuje velké sériové výroby, tedy je velmi na zvážení, zda si zakoupená technologie na sebe

vůbec vydělá. Roboti proto musí mít co největší universální využití. Často se v souvislosti s robotizací mluví o vytváření multiagentních systémů. Tyto systémy umějí nejenom sdílet data, ale i navazovat na předchozí činnost. Zároveň plánování výroby nemusí být tak přesné, protože multiagentní systémy dokáží reagovat pružně na změnu tempa nebo objemu práce. Zde jsou spíše využívány simulační algoritmy pro určení časových úseků jednotlivých operací.

Způsob řízení se tak stává více decentralizovaný, což umožňuje větší flexibilitu. Strojové vnímání nebo učení poskytuje podporu pro rozvoj autonomní robotiky.

O robotizaci však nemusíme hovořit pouze jako o využívání strojů s vlastní inteligencí a schopností učit se. V současném digitálním světě mohou existovat čistě virtuální roboti, kteří jsou například schopni investovat peníze, provádět platební transakce a uzavírat obchody. Veliké využití mají tito virtuální roboti ve světě marketingu. Podle tzv. souborů cookies, které zpracovává každý obchodní web, jsou nám schopni podstrkávat správně cílenou reklamu a odhadnout chování spotřebitele. (MAŘÍK, 2016)

1.5 Sítě pro IoT

Komunikace mezi zařízeními je zajištěna pomocí různých druhů bezdrátových sítí. Každá se vyvíjela odděleně a má výhody pro jiný druh použití. Současné technologie mobilního internetu tzv.LTE je do značné míry limitována počtem uživatelů neboli SIM karet, jejichž počet přiděluje a reguluje Český Telekomunikační úřad. Přidělení čísel je možné pouze na základě číslovacího plánu pro veřejné datové sítě.[4]

S tímto problémem jsem se setkal při výkonu své práce, kdy jsme od mobilního operátora pro mobilní zařízení dostali "recyklovaná" telefonní čísla. Bylo nám řečeno, že se s číselnou řadou svých čísel musí šetřit a z tohoto důvodu vrací zpět do oběhu všechna čísla, která se více než rok nepřihlásila do sítě. Výhodou sítí pro IoT je, že nepracují na základě oprávnění pomocí nějakého přiděleného klíče. Technologii může využívat každý, kdo dodrží zásady komunikace. Podle odhadů odborníků lze očekávat nárůst počtu zařízení až na několik desítek miliard kolem roku 2020.[5]

[4]ČTÚ stanovuje systém číslování (adresování), zásady pro tvorbu čísel koncových bodů sítí a pravidla pro jejich používání v sítích přenosu dat, které pro adresování používají datová čísla podle mezinárodních doporučení s datovým kódem země přiděleným České republice. Systém číslování ve veřejných datových sítích podle číslovacího plánu VDS doplňuje systém číslování ve veřejných telefonních sítích podle číslovacího plánu veřejných telefonních sítí. Číslovací plán VDS určuje typy formátů čísel ve veřejných datových sítích i zásady pro tvorbu čísel v privátních datových sítích, definuje jejich strukturu a pravidla pro jejich přidělování a používání. Zdroj: (https://www.ctu.cz, 2019)

[5] *(Zdroj:* https://www.cra.cz/spoustime-sit-pro-internet-veci-ve-vsech-krajskych-mestech-cr)

V této práci bych velmi rád stručně shrnul a vystihl alespoň základní parametry jednotlivých komunikačních sítí vhodných pro internet věcí.
Mezi nejrozšířenějšími tipy jsou podle IoT Portálu následující sítě.

LoRa

LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) patří mezi nízko příjmové bezdrátové sítě pro levnou a zabezpečenou obousměrnou komunikaci v internetu věcí. Využívá opět pásmo do 1GHz a rychlost přenosu je potom od 0.3 kb/s do 50 kb/s. Komunikace mezi koncovými prvky a bránami je rozložena na různá frekvenční pásma a přenosové rychlosti.

Specifikace

- technologie: Spread Spectrum
- velikost zprávy: 256 Bytů
- rychlost přenosu: 250 bps – 50 kbps
- frekvence: 868MHz (ETSI), 913 MHz (FCC)
- počet zpráv za den: neomezený
- dosah v terénu: až 40 km v terénu, 15 km v příměstském prostředí, 2-5 km ve městě
- výdrž na bateriích: 5-15 let (podle hustoty komunikace)[6]

Tuto síť v České republice provozují České Radiokomunikace, které nabízejí i Cloudové služby. LoRa byla spuštěna v roce 2016 po náročném testování, při kterém se potvrdil vysoký dosah a kvalita přenosu dat při nízké spotřebě energie. Při nízkém vysílacím výkonu je možné pokrýt oblast o rozloze 15 kilometrů a s výdrží až 15 let. Předností této technologie je nemožnost její obousměrné komunikace, což je důležité nejen pro sběr dat, ale i pro řízení a nastavování jednotlivých modulů. Platforma je otevřená a může ji používat kdokoliv.

SigFox

Jedná se o bezdrátovou technologii určenou zejména ke komunikaci zařízení, typicky elektroměry, vodoměry a měřiče tepla. Tyto přístroje jsou zapnuté pořád, ale musí předat velmi malé zprávy např. právě o aktuální spotřebě. Síť využívá technologii ultra nízkého pásma (UNB – Ultra Narrow Band). S touto technologií se můžeme setkat

[6] *(Zdroj: https://www.iot-portal.cz/2016/02/29/lorawan/)*

v řadě evropských zemí, ale má své slušné zastoupení i v České republice. U nás provozuje SigFox mobilní operátor Simple Cell, který již dnes hlásí více než 300 vysílačů BTS a 100 000 připojených platících zařízení. Signál pokrývá více než 90% území. Výhodou této sítě je její globální přesah. Je tak možné ji využívat v logistice zejména ke sledování polohy vozidel nebo ke sledování námořních kontejnerů.[7]

Přenos dat v této síti je velice pomalý. Jedna zpráva může obsahovat maximálně 12 bytů a je možné odeslat maximálně 140 zpráv z jednoho zařízení. Pro ilustraci, velikost zprávy pojme např. dvě GPS polohy nebo několik údajů o teplotě. Žádná závratná data se přes ní přenést nedají. Přesto však tato technologie dobývá svět. Jak je to možné? Klíč leží ve velmi dlouhé životnosti zařízení, u kterých je potřeba, aby byly stále aktivní, ale aby se o ně člověk nemusel ideálně vůbec starat. Využití najde tedy v oblasti všech teplotních čidel, hlásičů stavu CO2, emisí.

Specifikace

- technologie: UNB (Ultra Narrow Band)
- velikost zprávy: 0-12 Bytů (96 bitů)
- rychlost přenosu: 100 bitů/s
- doba přenosu a zpracování: 4-6 s
- frekvence: 868MHz (ETSI), 915 MHz (FCC)
- počet zpráv za den: 144
- maximální počet zpráv na BTS denně: 9 000 000
- vysílací výkon: 25mW / 14 dBm
- zpětný kanál: 4 zprávy po 8 Bytech denně
- dosah v terénu: až 50km v terénu, 3 km ve městě pro vnitřní prostory
- spotřeba: 5mA – 45mA při vysílání, 0mA v klidu
- výdrž na bateriích: 5-15 let (až 20 let na dvě AA baterie)
- zabezpečení: certifikát, hash, šifrování možné na aplikační úrovni[8]

IQRF

IQRF je síť české společnosti sídlící v Jičíně. Tato technologie zajišťuje bezdrátovou komunikaci s malým výkonem v dosahu desítek metrů, nízkou rychlostí a malým objemem dat. Pomocí různých modulů je možné vytvořit např. domácí IoT síť z běžných spotřebičů. Zařízení je možné vkládat jako součástku to již hotových výrobků nebo použít je jako předsazený modul. Technologie najde své využití zejména v oblastech telemetriky, automatizace. Velmi vhodné jsou pro koncepty chytrých měst a

[7] (Zdroj: https://www.lupa.cz/aktuality/sigfox-ma-v-cesku-sto-tisic-aktivnich-senzoru-simplecell-nyni-pokryva-budovy/)

[8] *Zdroj:* https://www.iot-portal.cz/2016/02/26/sigfox/*)*

budov. Výrobce nabízí dokonce i aplikaci pro chytré telefony, pomocí které je možné získávat informace, nastavovat různé parametry a zálohovat data na internet. Zejména lze pomocí aplikací nastavovat dobu zapnutí a vypnutí některých přístrojů.[9]

Specifikace

- RF pásma: bezlicenční ISM 868 MHz, 916 MHz a 433 MHz (celosvětově)
- IQRF je také vhodný pro jednoduchou komunikaci peer-to-peer (rovný s rovným)
- komunikace orientovaná na pakety, max. 64 B / paket
- dosah RF: stovky metrů ve volném prostoru a desítky metrů
- mimořádně nízká spotřeba energie
- RF bitová rychlost: přibližně 20 kb/s
- bez infrastruktury a poplatků za licence či nosič[10]

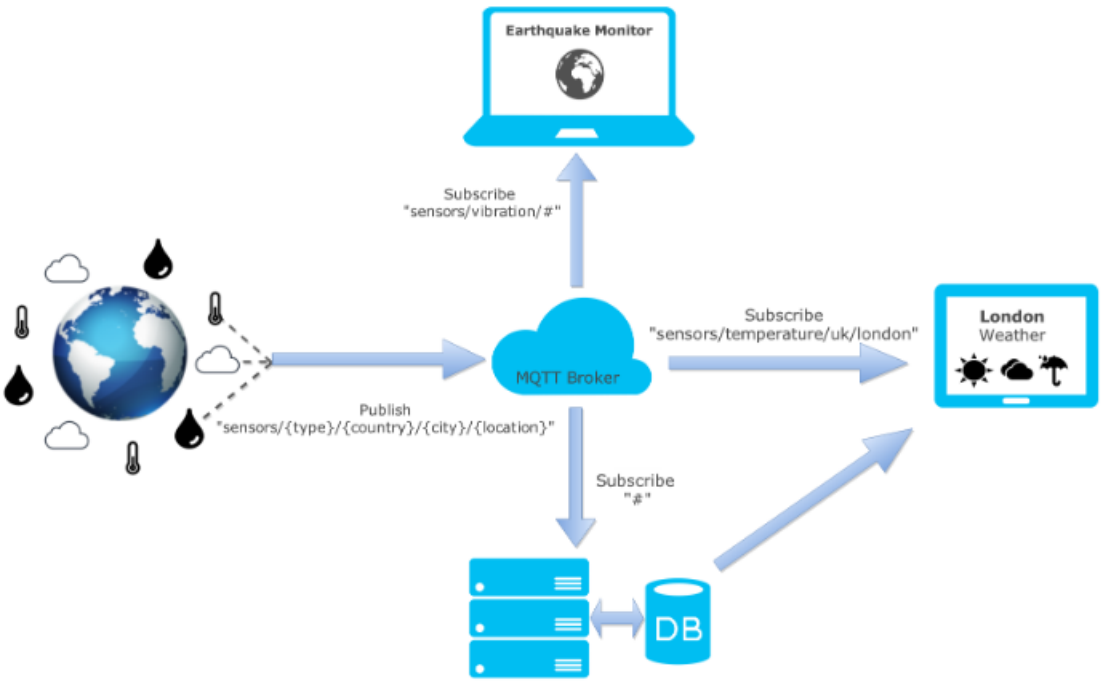
MQTT

MQTT je protokol pro připojení k počítači (M2M) pro "Internet věcí". Byl navržen jako extrémně lehká služba pro zasílání a odesílání zpráv. To je užitečné pro spojení se vzdálenými místy, kde je vyžadována malá kódová stopa nebo vyhrazená šířka pásma. Například se používá v senzorech komunikujících prostřednictvím satelitního spojení a v řadě scénářů domácí automatizace a malých zařízení. Je také ideální pro mobilní aplikace díky své malé velikosti, nízké spotřebě energie, minimalizovaným datovým paketům a efektivní distribuci informací do jednoho nebo více přijímačů.

Zkratka představuje pojem MQ Telemetry Transport založený na TCP/ IP. Protokol byl vynalezen v roce 1999 ve společnosti IBM. V roce 2013 jej převzalo sdružení OASIS *(*The Organization for the Advancement of Structured Information Standards).

Základním principem této komunikace je systém založený na principu zveřejni a odeber. Zprávy jsou zveřejňovány snímači, které je odesílají do jednoho centra. Existuje pro to služba MQTT Broker. Odeslané zprávy jsou zveřejňovány s názvem tématu a služba broker je rozešle všem zákazníkům, kteří si objednali odběr těchto zpráv. Tímto zákazníkem může být webová služba, nějaká mobilní aplikace nebo přímo zařízení. Nejčastěji je využíváno pro různé mikro kontroléry, které přenáší údaje o počasí do centrální databáze.[11]

[9] (Zdroj: https://www.iqrf.org/iqrfabout/application-areas)
[10] *(Zdroj: https://www.iot-portal.cz/2017/11/27/iqrf/)*
[11] *Zdroj:* https://www.iot-portal.cz/2016/05/24/mqtt/)



Obrázek 6 Schéma využití MQTT sítě (Zdroj: https://zoetrope.io/tech-blog/brief-practical-introduction-mqtt-protocol-and-its-application-iot)

MiWi

Protokol MiWi vyvinula společnost Microchip Technology pro nízké přenosové rychlosti na krátké vzdálenosti. Tento systém je tak vhodný pro sítě s malým objemem dat. Zejména pro automatizované odečty mikro kontrolérů. Asi nejznámějším příkladem je domovní zvonek fungující právě na MiWi protokolu. Vytvoření a nasazení sítí je jednoduché a je možné ho využít s různými RF vysílači.

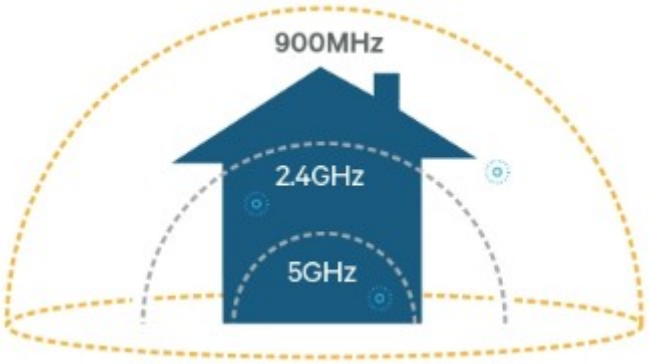
- Pracovní frekvence 2,4 GHz
- Podporuje všechny síťové konfigurace (hvězdice, strom, mesh)
- Dosah je zhruba 20 - 50 metrů
- MiWi se dělí na: MiWi™ P2P – peer-to-peer hvězdicová síť - MiWi PRO – mesh topologie (až 8000 uzlů a 64 hopů)[12]

Wi-Fi Halow

Wi-Fi HaLow pracuje na frekvenci 900 MHz které není licencované. Díky tomu má velké pokrytí a také je méně náchylné k rušení tohoto pásma. Přenos dat lze nastavit do dávkových procesů. Technologie je díky nižšímu vysílacímu výkonu vhodná při provozu zařízení, které jsou na baterie. Tato síť konkuruje technologii Bluetooth. Tato

[12] *(Zdroj: https://www.iot-portal.cz/2016/05/06/miwi/)*

síť dokáže zajistit stejné funkce, ale s větším dosahem. Je to na základě fyzikálního principu, kdy nižší frekvence dokážou přenést menší informaci na větší vzdálenost.[13]



Obrázek 7 Schéma vzdáleností přenosu dat podle jednotlivých frekvencí (Zdroj: notebook.cz)

NB-IoT

Tato síť byla speciálně vyvinuta pro internet věcí jako úzkopásmová technologie. To, co z ní dělá velmi vhodnou technologii je možnost využití GSM a LTE pásma. Tato síť poskytuje zlepšené pokrytí i uvnitř budov a dokáže tak přenášet informace na velké vzdálenosti. Je možné připojit velké množství zařízení stejně jako mobilních telefonů v síti GSM. Koncová zařízení jsou poměrně levná a mají velký potenciál v podobě využití dnes již moc nevyužívaných 2G a Edge sítí. Tyto sítě nedokážou přenášet velká data, takže operátoři, aby vyhověli poptávce na trhu, neustále urychlují a zhušťují síť mobilních vysílačů. Ovšem síť „pomalého" mobilního internetu je zde pořád a nabízí se tedy pro využití přenosu menších objemů, ve stálé kvalitě na velké vzdálenosti. Tato síť zároveň přenáší informace s využitím všech dostupných sítí. V podstatě se dá říci, že závisí na druhu pokrytí mobilním internet a zařízení si s ním dokáže poradit. Využívají se všechna pásma pro GSM WCDMA nebo LTE. Síť využívá různé technologie na převod signálu v rámci dostupných pásem:

- Technologie - standalone – výměna GSM nosiče s NB-IoT nosičem (využití hlavně v oblastech se souběžným pokrytím GSM a WCDMA/LTE)
- Technologie- in-band – využití skrze flexibilní části LTE nosiče
- Guard-band (ochranné pásmo) – ať už v síti WCDMA nebo LTE

[13] *(Zdroj: https://www.iot-portal.cz/2016/02/29/wi-fi-halow/)*

Hlavní výhody:

- Síť pokrývá 100% plochy venkovním signálem a 94% populace signálem uvnitř budov.
- Vysoká prostupnost signálu.
- Signál je prostupný přes několik zdí, v podzemí nebo pod vodou.
- Oboustranná komunikace.
- Všechna koncová zařízení lze řídit a nastavovat na dálku.
- Dlouhá výdrž baterie.
- Koncová zařízení vydrží až deset let bez nutnosti dobití.
- Zabezpečení dat pomocí SSL šifrování.
- Síť je provozována v licencovaném pásmu. Nedochází tak k rušení okolními sítěmi a neautorizovaným vysíláním.
- Levná koncová zařízení a NB-IoT moduly i další koncová zařízení.[14]

Projekt Vodafone

Již jeden rok běží v České republice pilotní projekt společnosti Vodafone, do kterého se zapojilo více než sto firem podnikajících v oblasti komunikace. Jedná se o pilotní provoz úzkopásmové sítě pro internet věcí NB-IoT. Hlavním přínosem této technologie je možnost zkombinovat pomocí jedné datové SIM karty běžné služby mobilního operátora s podporou sítě pro internet věcí. Samotná zařízení tak budou moci rozhodovat o využití nejvhodnější sítě. NB-IoT má být energeticky nenáročná a má mít schopnost přenést i větší objem dat, což jí umožní větší možnost využití než běžným IoT sítím, které jsou schopny přenést pouze informace v řádu bytů. Zároveň díky napojení na klasická mobilní data bude možné, aby se zařízení připojilo v zahraničí přes běžně dostupná mobilní data. Bude tedy možné zavést něco jako globální sledování zásilek, automobilů, pohybu zvířat atd. Další možností využití je přenos obrazu v zabezpečovací technice. Většina kamerových systémů se potýká s tím, že zaznamenává stovky hodin materiál, na kterém nic není. Nová síť umožní být v tzv. aktivním pohotovostním režimu a přenášet větší objem dat až při zaznamenaném pohybu nebo na pokyn uživatele. Tyto operace jsou náročné na datový tok a provoz baterií. Tímto způsobem bude možné zajistit hlídání nákladu nebo např. bezpečnostní systémy ve skladech během nočních přestávek.[15]

[14] *(Zdroj: https: //www.iot-portal.cz/2016/04/30/narrowband-iot/ a https: //www.vodafone.cz/internet-veci/)*

[15] Zdroj: https://www.iot-portal.cz/2019/02/14/vodafone-nabidne-pripojeni-do-site-internetu-veci-a-mobilni-site-pomoci-jedne-sim-karty

1.6 Logistické procesy s využitím IoT

V této kapitole bych chtěl podrobněji rozepsat možnosti využití IoT pro jednotlivé logistické operace. Budu popisovat jaký má daná operace cíl a jak je možné daný proces pomocí IoT zoptimalizovat a předat informace do podnikového systému. Vodítkem pro kategorizaci jednotlivých činností použiji kapitoly z Velké knihy logistiky od profesora Ivana Grose.

1.6.1 Značení a balení produktů

Pohyb zboží je možný pouze díky obalům, které jsou sdružovány do přepravních a manipulačních jednotek (GROS, 2016). Jednotlivé funkce obalů lze podle Grose klasifikovat do několika základních a dílčích skupin.

Ochranná funkce

- zabezpečení produktu proti mechanickým poškozením během manipulace a skladování
- ochrana proti vnějším vlivům jako teplota a vlhkost
- v neposlední řadě ochrana před krádeží

Manipulační funkce

- umožňuje strojovou manipulaci s produktem, kdy obal ochrání zboží před působícími silami a zajistí uchopení nákladu
- normování dle ISO (europalety a k nim odvozené rozměry)
- možnost sdružování produktu na logistické jednotky
- primární obal - velké množství – paleta barel, big bag, cisterna,
- sekundární - kartonové balení po více kusech, sfoliování vice kusů dohromady
- terciální obal – samotný obal přicházející do přímého styku s výrobkem

Informační funkce

- v dnešní době nezbytná funkce pro fungování logistiky
- obal nese většinu identifikačních informací produktu
- slouží k prezentaci a prodeji výrobku
- jsou na něm umístěny zákonné a povinně zveřejňované druhy informací

Z pohledu internetu věcí je nejdůležitější funkcí právě ta informační. V posledních letech je doslova hon na to, kdo bude mít lépe a rychleji identifikovatelné produkty v rámci logistického řetězce. Chci zde stručně shrnout soudobé technologie, ale nastínit nové možnosti, které nabízejí tzv. chytré obaly.

1.7 Informační funkce obalů pro spolupráci s IoT

Na obalech najdeme řadu informací o výrobku jako je jeho složení, výrobce nebo země původu. Z hlediska logistiky je na něm podstatná strojově čitelná informace o jeho názvu, počtu kusů v balení, datum exspirace. Tyto informace mohou být mnohdy velmi rozsáhlé a plný text by se často nevešel na celý obal. Bylo tedy třeba přijít s něčím, co by umožnilo informaci umístit na malé místo a přečíst jí strojem. Z toho důvodu byl vynalezen dnes už všudypřítomný čárový kód, který je dnes nemyslitelnou součástí snad každého prodaného výrobku. Jedná se o velmi jednoduchou technologii, kdy pomocí čar a mezer je proveden zápis nějakého kódu. Pomocí optické čtečky pak dojde k jeho sejmutí a ve spojení s počítačem k jeho interpretaci. Historie čárových kódů je již poměrně stará. První pokusy jsou zaznamenány v 50. letech minulého století, kdy byla tato technologie patentovaná. Další milník byl v roce 1969 kdy společnost General Motors začala využívat tuto technologii ke značení dílů při výrobě vozidel. Opravdový milník této technologie je až rok 1974, kdy byl v USA čárový kód poprvé použit pro prodej v maloobchodě. Od této doby se o technologii začali zajímat obchodníci a vynález se brzy dostal do Evropy a později do zbytku vyspělého světa. Jednoduchost, s jakou je možné tuto technologii využívat z ní učinila hlavní informační kanál pro čtení údajů z produktu. Jak už to u podobných řešení bývá, vznikla řada odvětví a metod pro zápis kódů. Svět ale díky globalizaci narazil na problém, že značení bylo v jednotlivých zemích různé a výrobky tak nebylo možné prodávat v rámci jednoho regionu. V roce 2005 byl proto v Evropě přijat čárový kód s označením EAN (Europian Article Number) – jedná se o třináctimístný kód, sloužící k identifikaci země původu, výrobce a označení zboží. Dohled nad dodržováním tohoto standardu má celosvětová nezisková organizace s názvem Global System One, která má své zastoupení i v České republice. Organizace vyvíjí a implementuje standardy v oblasti čtení a zápisu čárových kódů. Přiděluje jednotlivým státům a organizacím klíče k vlastní tvorbě kódů. Na tomto poli stále probíhá vývoj a v současné době začíná být tradiční EAN nahrazován novým typem kódu s označením GTIN (Global Trade Item Number), který je platný celosvětově.

Obrázek 8GTIN-13, zdroj: https://www.gs1cz.org/standardy-gs1/identifikace/gtin-13

Produkt s tímto kódem na obalu je tak možné prodat ve všech státech EU, což šetří náklady na tisk různých variant obalů a zvětšuje tržní potenciál výrobku.

Dalším typem kódů, který se objevuje na obalech je GS1 Data Matrix. Jedná se o dvoudimenzionální nosič tzv. 2D kód. Výhodou tohoto typu kódu je velké množství informací, které dokáže pojmout a přitom zabere velmi malou plochu nutnou na potisk. Tento druh kódu využívá tzv. aplikační identifikátory pro lepší strojové čtení. (Např. můžeme pozorovat ohraničení ve tvaru L, které stanovuje výchozí souřadnice pro čtení.) Častý příklad využití je zejména v oblasti zdravotnictví.

Obrázek 9GS1 Data Matrix, zdroj: http://old.gs1cz.org/carove-kody/

V současnosti je i hodně využívaný kód s označením GS1QR Code (Quick Response, kód s rychlou odezvou). Tento typ kódu je zcela otevřen pro zápis dat bez nějakého standardu. Z toho důvodu je možné jej využít i pro komunikaci s koncovým zákazníkem, zejména pro marketingové účely. Typicky tak v něm můžeme najít URL nějaké stránky, na které uživatel provede hodnocení či registraci produktu apod. Aplikační identifikátory jsou použity podobně jako u Data Matrixu. QR Code je však možné na první pohled rozeznat díky typickým čtvercům ve třech rozích.

Obrázek 10 QR Code, zdroj: https://en.wikipedia.org/wiki/QR_code

Pro globální obchod přišla GS1 se standardem v oblasti přepravy zboží. Každá kurýrní společnost využívá nějaký systém pro identifikaci zásilky ve svém systému. Kódy obsahují vesměs stejné informace v různém formátu. Nejčastěji se jedná o dodací a vyzvedávací adresu, počet kusů, termín dodání. Pro použití v rámci jedné země bylo možné používat různé systémy. Problém ale nastal při přeshraniční přepravě. Zásilka jedné společnosti byla předána jiné a v ten moment zmizela informace o jejím doručení. Nová kurýrní společnost musela opsat údaje na přepravním štítku a přenést je na svou etiketu. To sebou neslo zdržení, další náklady a zejména prostor pro chybu. GS1 tedy pro tyto účely vyvinula standard SSCC (Seriál Shiping Container Code)

Obrázek 11SSCC, (Zdroj: https://www.gs1cz.org/standardy-gs1/identifikace/sscc)

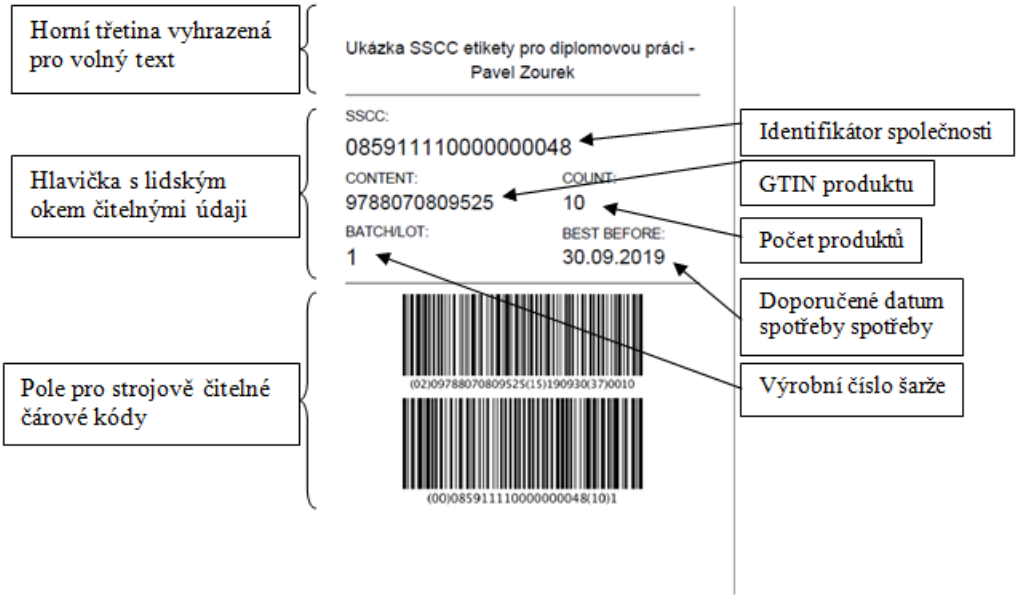
Podle Mikuláše Černého bude v roce 2020 nakupovat v zahraniční produkty až 45 % uživatelů. Využití tohoto systému ale nemá sloužit pouze v mezinárodní přepravě. Stále více je kladen důraz na ekologii v logistických procesech. Pomocí tohoto systému tak může v rámci jednoho státu jedna služba zásilku vyzvednout a druhá ekologičtější doručit. Ve velkých městech platí řada omezení pro dobu doručování, povolení vjezdu do centra, pěší zóny apod. Do budoucna tedy budou vznikat specializované firmy, které budou obsluhovat třeba konkrétní část města. (ČERNÝ, 2018)

1.8 Identifikace zboží a logistických jednotek

Přenos informace je možný zajistit pomocí logistické etikety, která může být buď ve formě čárového kódu nebo RFID čipu. Výběr řešení závisí na druhu zvoleného provozu.

Pokud chceme načítat kódy bez přímého výhledu na zboží, je vhodné využít RF čip, který pomocí systému bran dokáže zachytit několik desítek kódů najednou. Nevýhodou tohoto řešení, jak píše Lukáš Doležal ze společnosti Kodys, je fakt, že frekvenční pásmo pro IoT 918-921 MHz je velmi blízké pásmu GSM-R (921-925 MHz). Může tak docházet k zahlušení přenosu informací. Zároveň náklady na pořízení čtecích zařízení jsou poměrně veliké a čtečky lze využívat jen ke čtení RF čipů. Většina zboží v dnešní době je opatřena 1D nebo 2D kódem pro čtení optickou čtečkou. Více se tedy vyplatí investovat do čteček s 2D scannerem.

Každý subjekt, který potřebuje kódy číst nebo vydávat, se může obrátit na neziskovou organizaci Global Systém 1 – GS1. Tato organizace vydává postupy, doporučení a standardy v oblasti automatické identifikace zboží. Přiděluje identifikační čísla státům a jednotlivým organizacím s celosvětovou působností. Tento systém dokáže zaručit, že nikdo na světě nedostane stejné identifikační znaky, což je zejména pro globální obchod důležité. GS1 je tvůrcem Logistické etikety s označením SSCC – Serial Shipping Container Code. Tímto kódem lze označit libovolnou logistickou jednotku jako je přepravní kontejner nebo paleta. Tento kód má mnoho způsobů využití, jako je směřování zboží v rámci blockchainu, automatická přebírka zboží a příjem na sklad.



Obrázek 12 Ukázka homogenní SSCC etikety (Zdroj: www.orion.ccv.cz)

V současné době totiž logistické operace nejvíce zdržují právě tyto úkony, jako jsou dokola přepisované stále stejné informace o názvu, množství, šarži a exspiraci zboží.

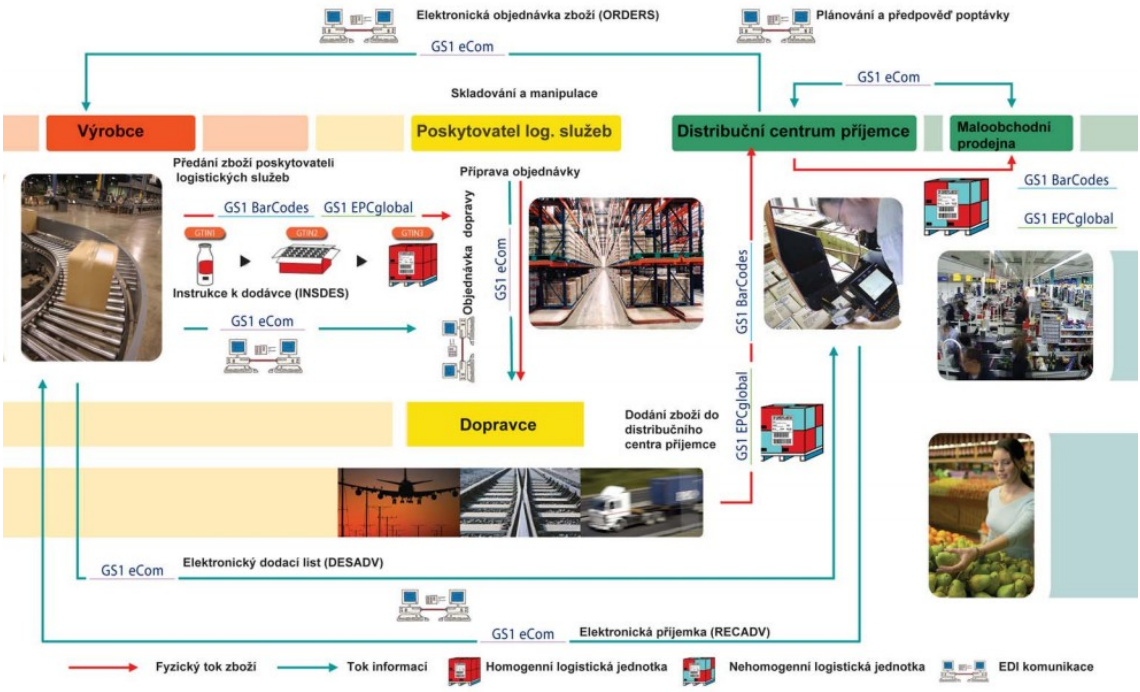
Velké skladové terminály tak řeší, jak tyto úkony co nejvíce zjednodušit. Logistická etiketa tak slouží jako identifikátor produktu v rámci distribuční sítě. Načtením kódu lze

spustit řadu operací, které byly před tím uloženy do databáze. Toho lze využít zejména u příjmu zboží. Po načtení kódu je zavolána databázová služba, která vrátí např. příslušný počet kusů, šarží a exspirací. Po odsouhlasení pracovníkem přijmu je takové zboží přijato na sklad jak fyzicky, tak se objeví i jako zboží na skladě dostupné pro prodej. Příslušný obchodní referent tak vidí, že zboží bylo přijato a může začít posílat objednávky. Pokud je správně nastavený interface,[16] lze provádět skladové operace v řádu vteřin namísto zdlouhavého opisování nebo kopírování dat. Kouzlo ligistické etikety ve standardu SSCC spočívá v tom, že jí lze použít pro stejnorodé i různorodé zboží v rámci jedné jednotky. Je pouze na uživatelích, jaká nahrají k danému kódu data.

a) **Homogenní logistická jednotka** – obsahuje pouze jeden druh zboží. Všechny jednotky jsou stejné a obsahují jeden druh zboží se stejným číslem GTIN. Například paleta se 150 kartony obsahující lék Paralen.
b) **Heterogenní logistická jednotka** – obsahuje více druhů zboží s různými GTIN. Využívá se zejména u distributorů, kteří kvůli úspoře místa sdružují různé objednávky na jednu paletu.
c) **Standardní jednotka** – lze využít zejména pro pravidelné objednávky zboží ve stejném množství (např. pravidelné objednávky po kartonech). Taková jednotka dostane svůj vlastní kód GTIN. Množství kusů je buď předem dané, ale může být i nahodilé. Zároveň může tvořit i tzv. manipulační jednotku, která je vytvořená za účelem přepravy určitého počtu a druhu obchodních jednotek.

Tvorba logistické etikety má pevně stanovená pravidla. Každá vlastnost produktu je označena jako atribut a má své vlastní kódové označení. Nejčastěji jsou na etiketě obsaženy identifikátory výrobce, počtu kusů, množství, šarže, exspirace a varianta daného kódu. V případě, že se jedná o obchodní jednotku, je možné přidat informace o splatnosti a době prodejnosti. Dá se říci, že různé druhy etiket mohou provázet zboží po celou dobu jejich cesty v logistickém řetězci. Schéma takového toku je na obrázku níže. (Zdroj GS1, 2018)

[16] Rozhraní (anglicky interface) označuje v informatice zařízení, program nebo datový formát, zajišťující správnou komunikaci a přenos dat mezi odlišnými zařízeními nebo programy. (Zdroj: wikipedie.cz)

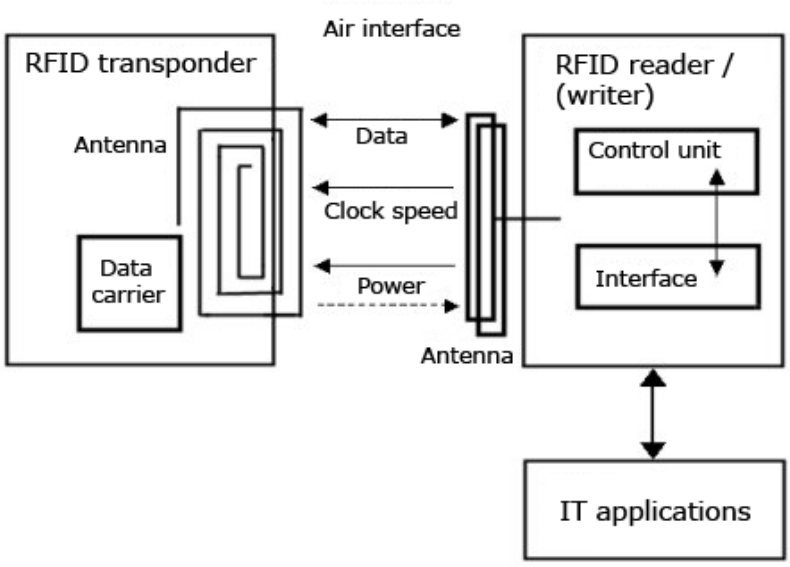


Obrázek 13 Schéma logistického toku s využitím systému GS1 (Zdroj: www.gs1cz.org)

1.9 Radiofrekvenční identifikace (RFID)

Tato technologie se od předchozích liší v tom, že nevyžaduje přímý výhled na kód. Přenos informace je zajištěn pomocí elektromagnetických vln na rádiové frekvenci. Jeho nespornou výhodou tedy je možnost vyčíst data z více kódů najednou. Pro logistické operace bude mít tento zdánlivý detail téměř nedozírný dosah. Pokud je sklad vybaven RF terminály a kódy obsahují všechny skladované položky, velmi to usnadňuje a především urychluje logistické operace. Není pak nezbytně nutné při logistických operacích rozbalovat zboží a provádět fyzickou kontrolu. Pokud je zboží vybaveno RF čipem, je možné jej načíst pouze pomocí umístění vysílače přímo poblíž zboží a identifikovat všechny čipy v jeho dosahu.

Pro komunikaci je nutné zajistit přenos dat mezi anténou, čtecím zařízením a RFID tagem. Komunikace probíhá díky přenosu informace na rádiové vlně mezi čtecím zařízením a RFID tagem. Komunikaci lze z hlediska typů operací rozdělit na zápis a čtení. Princip fungování je v celku jednoduchý. Čtecí zařízení vyšle signál – dotaz, čímž se nabije kondenzátor čipu v tagu, který tak odešle svůj uložený kód. Čtečka příjme zprávu a předá jí dál ke zpracování. Přenos informace je velice rychlý, trvá v řádu 20-50 ms.



Obrázek 14 Princip RFID, (Zdroj: https://automatizace.hw.cz)

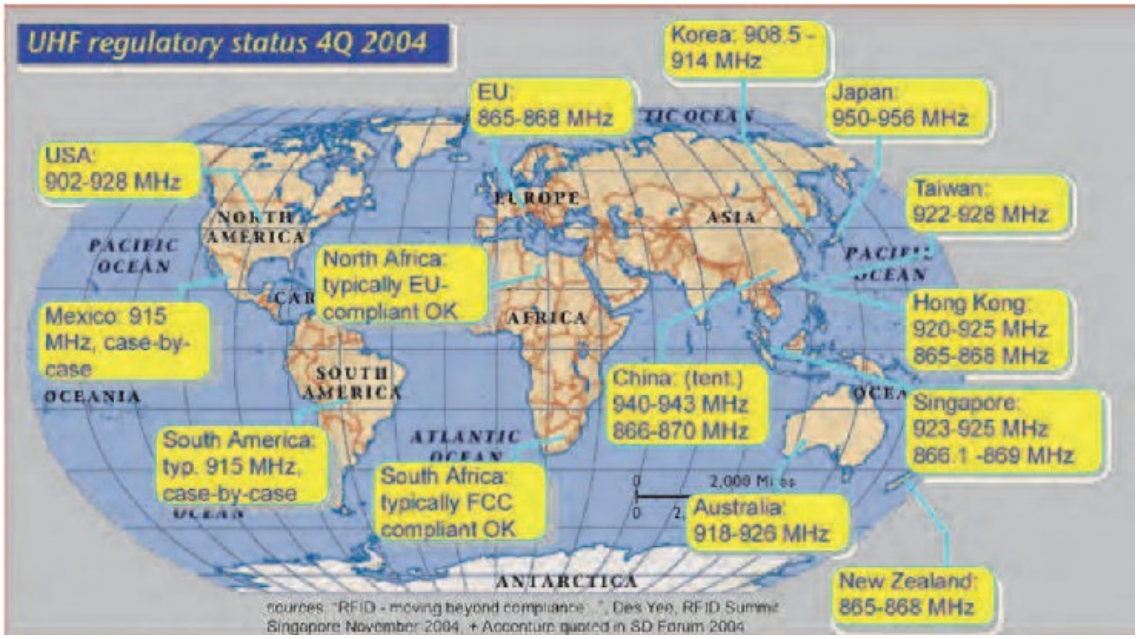
Vhodnost použití RF technologie je potřeba zvážit vzhledem k plánovanému účelu. Existují různé druhy čipů a různé komunikační frekvence. V tabulce jsou uvedeny běžné frekvence, klady a zápory jednotlivých technologií.

Frekvence	Dosah	Výhody	Nevýhody	Použití
125 - 134 kHz	do 0,5 m	větší odolnost proti rušení	malý čtecí dosah	kontrola přístupu
LF (Low Frequency)		možnost upevnění v blízkosti vody (tekutiny)	malá komunikační rychlost	identifikace zvířat, kovových produktů (např. pivních kegů)
		možnost upevnění na kovové podložce (např. na sudu)	velká anténa (solenoid) = velké a drahé provedení RFID tagu	imobilizéry automobilů
13,56 MHz	do 1 m	menší rozměry antény = menší rozměry	kovové podložky a voda významně snižují čtecí dosah	chytré karty (Smart Cards), bez kontaktní placení
HF (High Frequency)		větší komunikační rychlost než LF	rušení komunikace	chytré etikety (Smart Labels)
		větší čtecí dosah než LF		označování zavazadel, sledování přepravek, palet
		nízká cena RFID tagu - nejvíce rozšířené		záznam a přenos naměřených dat
		celosvětově standardizovaná frekvence		protokoly: ISO 14443, ISO 15693, Tag-IT, I-Code
860 - 960 MHz	do cca 3 m	možnost i vzdáleného čtení = identifikace průjezdem brány	nejsou čitelné přes kapaliny	současná identifikace více zabalených produktů
UHF (Ultra High		velká přenosová rychlost = možná	obtížné čtení na kovových	elektronické mýtné, parkovací karty, toky

Frequency)		větší kapacity paměti RFID tagu	podložkách	vratných obalů
		dipólová anténa	celosvětově nejednotná frekvence	sledování skupinových balení (palet) při přepravě a ve skladech
		levná výroba	problematický odraz od okolních kovových konstrukcí	protokoly: ISO 18000-6A/B, EPC Class 0/1
2,4 a 5,8 GHz	do 2 m	vysoká přenosová rychlost až 2 Mb/s	drahá a složitá konstrukce	elektronické mýtné
MW (Microwave)		malé rozměry antény a malé tagy	menší dosah než UHF RFID	identifikace zavazadel při letecké přepravě
			velký vliv rušení (kovy, kapalin)	záznam a přenos dat v reálném čase

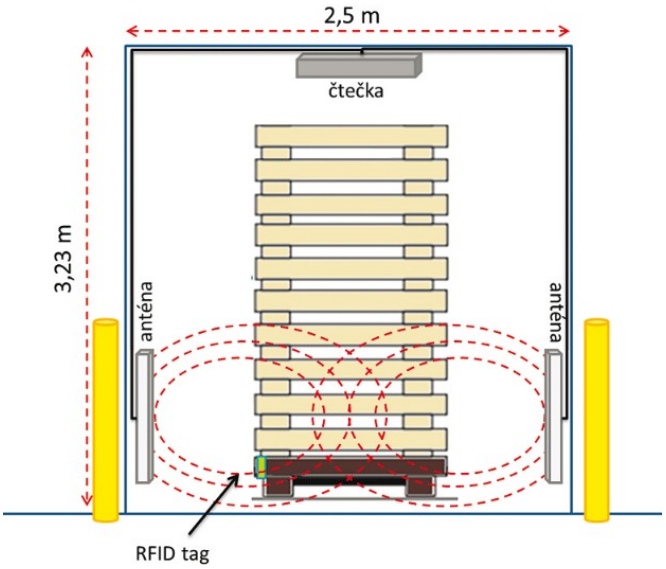
Tabulka 1Přehled frekvencí pro RFID (Zdroj: https://automatizace.hw.cz)

Nevýhodou této technologie při globální ekonomice jsou rozdíly mezi licencemi používaných pásem. Nelze tak použít univerzální RFID tag pro přepravu navíc mezi Evropou a Asií.



Obrázek 15 Rozdělení UHF frekvencí ve světě (Zdroj: https://www.semanticscholar.org)

V logistice se hodně využívají čipy pracující na frekvenci UHF. Je totiž nejvíce vhodná pro identifikaci a kontrolu zboží zabalených na paletách. Díky většímu komunikačnímu dosahu, lze vyčíst několik čipů najednou. Může být tak najednou identifikováno několik beden na paletě při průjezdu branou či při přepravě na vysokozdvižném vozíku. (ČUJAN, 2012)



Obrázek 16 RFID brána s UHF pásmem (Zdroj: http://www.gs1-akademie.cz)

Technologie je velmi vhodná pro distribuci v rámci jedné země nebo EU. Problematické je vyčítání čipů při mezikontinentální přepravě. V této oblasti totiž neexistují celosvětové standardy. V USA, v Evropě, v Číně, v Hong Kongu je UHF pásmo velmi zaplněno a z toho důvodu jsou pro technologii RFID vyčleněny různé frekvence. Problém lze částečně řešit pomocí čipů pracujících na více frekvencích. Ty jsou však nákladnější na výrobu a i pořízení čtecích zařízení je dražší. Snahou je vytvořit multifunkční etiketu na frekvenci 850 a 960 MHz.[17]

1.10 Využití IoT v blockchainu

Internet věcí se v současné době velmi dynamicky rozvíjí a v příštích letech můžeme sledovat jeho pronikání do stále širších oblastí života. Počet zařízení připojených ať už přes sítě pro internet věcí nebo přes klasický internet budou neustále narůstat. Do budoucna tak bude potřeba zpracovávat data z miliard zařízení. To sebou samozřejmě ponese řadu problémů se spojením, identifikací a zabezpečením komunikace. Sítě IoT budou muset čelit hackerským útokům, výpadkům systémů, potížím s přenosem dat od jednoho partnera k druhému. Možnou cestou se tedy zdá být využití technologie založené na blockchainu. Znamenalo by to totiž přesunutí IoT z centrálně řízeného bodu do decentralizované databáze. Centrální modely databází fungují již řadu let po celém světě. Ve chvíli, kdy budou zpracovávat data z milionů zařízení najednou, může nastat

[17] Zdroj online https://automatizace.hw.cz/komponenty-prumyslove-sbernice-a-komunikace/vice-i-mene-bezne-rfid-frekvence-a-jejich-vliv-na-vlastnosti-tagu.html

problém se synchronizací dat. Nároky na super počítač, který by uměl takové množství dat zpracovávat, by byly neúměrně vysoké. Zároveň odstávka takového počítače by zcela znemožnila fungování systému. Za zmínku stojí i problematické uchovávání a zálohování dat. IoT v systému blockchainu by tedy mohl vyřešit řadu těchto problémů.
O IoT často slýcháváme, že se jedná o propojení chytrých spotřebičů v domácnosti či v komunikaci mezi vozidly. Podle mého názoru, větší prostor nabízí v prostředí průmyslového využití. Možností, jak ho využít pro sledování zásilek, námořních kontejnerů a logistických operací, je celá řada. (ROSULEK, 2019)
V obecné rovině je blockchain nový způsob vytváření databází, jejíž obsahem může být jakákoliv digitální informace. Její vlastnosti lze využít v různých oblastech práva a obchodu. Klíčovou vlastností je zápis dat do bloků, které se váží do řetězců. Odtud pochází název blockchain. Hlavní změnou oproti ostatním typům databáze je její decentralizace. Nikdo je centrálně nespravuje a tím pádem ani neovládá. Odpadá zde známé "Quis custodiet ipsos custodies" neboli "Kdo hlídá hlídače". Díky decentralizaci je odpověď jednoduchá: "Všichni vlastní kopii téhož, proto není hlídač zapotřebí". Tato myšlenka je vskutku revoluční a nabízí široké možnosti využití, ale i hrozby v podobě možného zhroucení současných centrálně řízených systémů, pokud by blockchain ovládl politiku volby a měny jednotlivých států. Zde můžeme hovořit až o krypt anarchismu.
Zápis informací do blockchainu probíhá na základě souhlasu všech členů, kteří ověří změnu dat. To probíhá na základě matematických algoritmů. Pokud jsou splněny všechny podmínky transakce, není jí možné blokovat tím, že by se někdo usmyslel transakci nepovolit. Takové chování je zejména u otevřených blockchainů, jakými jsou kryptoměny, ve kterých je počet uživatelů sítě prakticky nekonečný. Do soukromých sítí může zapisovat a nahlížet jen oprávněný uživatel, což je případ využití blockchainu v logistice. Komunikace probíhá šifrovaně, aby ji nezúčastněný pozorovatel nemohl odposlouchávat. Díky decentralizaci a šifrování je blockchain lépe zabezpečen než klasické centrální databáze. Při zničení 99 % celého systému stačí k jeho obnovení pouze jediná kopie databáze.
Shrneme-li hlavní výhody, patří mezi ně:

- **Nevyžaduje zprostředkování** – komunikace je přímá, peer to peer = rovný s rovným. Tím odpadají veškeré zprostředkovatelské poplatky za ověření a přenos transakce. Např. při platbě kartou na internetu nebo v obchodě si celá

řada zprostředkovatelů včetně banky strhne podíl z převáděné částky. Někteří obchodníci tak odmítají platby kartou pro malé částky akceptovat.

- **Důvěra** – komunikace je založená na šifrování a decentralizaci, data tak nemohou být správcem zneužita ve vlastní prospěch. Systém je tak odolný proti hackerským útokům.
- **Spolehlivost** – zde opět hraje roli decentralizace. V případě vyřazení nějaké části uživatelů z provozu databáze poběží dál na všech ostatních strojích. Při obnovení poškozeného účtu tak uživatel získá znovu aktualizovanou kopii.
- **Nezměnitelnost dat** – pokud dojde k ověření transakce všemi členy řetězce, je tato informace navždy zapsaná v historii blockchainu. Přepsání informace v jednom bloku by znamenalo přepsat ji znovu ve všech následných blocích. V některých systémech je to možné, ale operace bývá velmi drahá a povolována pouze ve výjimečných případech.
- **Rychlost změn** – výměn informací proběhne v řádu vteřin. Převedení vlastnického práva je okamžité a není potřeba čekat ne schválení autoritou. [18]

Blockchain je distribuovaná a decentralizovaná databáze, která využívá internet, kryptografii a přenosový protokol. Tyto technologie nejsou nové, ale nové je jejich využití. Vše, co se pomocí této technologie vytvoří, s sebou nese doživotní otisk všech předchozích operací. Díky tomu je zajištěno, že komunikace mezi dvěma subjekty je bezpečná. To platí i za předpokladu, že se dva subjekty neznají a vzájemně si nedůvěřují. Díky této technologii mohou spolu napřímo komunikovat bezpečně, a to bez jakéhokoliv prostředníka. Na fungování celé sítě se nepodílí žádný správce ale přímo sami jeho uživatelé. Každý uživatel tak sám sobě může hlídat bezpečnost, zároveň hlídat ostatní a být hlídán při provádění transakcí. Každý uživatel neboli nod[19], vlastní část kódu a má přístup ke kopii celé databáze. Tato část se nazývá blok a odtud vznikl název blockchain, který naznačuje, že jde o řetězení jednotlivých bloků. Číst v této databázi může každý, ale zápis je povolen až na oprávnění. Oprávnění vzniká na základě konsenzu ostatních uživatelů, kteří se hlasováním podílejí na potvrzení transakce. Funguje to velmi zjednodušeně na principu, kdy se chystáte zaplatit například v restauraci a všichni přítomní hosté včetně personálu by transakci schválili. Informace je poměrně výpočetně náročná. Tato služba s sebou nese pro uživatele veřejného

[18] (https://www.peak.cz/krok-za-krokem-vse-o-blockchainu-na-co-jste-se-mozna-bali-zeptat/, 2019; https://www.peak.cz/krok-za-krokem-vse-o-blockchainu-na-co-jste-se-mozna-bali-zeptat/, 2019)
[19] NOD= aktuální kopie databáze na počítači uživatele s vlastní částí kódu.

blockchainu odměnu v podobě tokenů dané sítě. Tento token je určitá část kódu známá pod pojmem Bitcoin nebo Etherem. Jde o označení pro kryptoměny. Technologie blockchainu je totiž na technologii kryptoměn založena. Liší se pouze v tom, že obsahem databáze není digitální měna, ale přepravovaná věc. Na podstatě fungování Bitcoinu lze tedy ukázat princip pro fungování logistického blockchainu.

Bitcoin

Bitcoin (BTC) je virtuální internetový a volně obchodovatelný prostředek směny. Patří mezi skupinu kryptoměn. Bitcoinem lze platit převážně na internetu a už i v některých obchodech.[20] Převážně slouží jako spekulativní a investiční nástroj s vysokou votalitou. Tato virtuální měna je založena na koncepci blockchainu, který jí zajišťuje provoz. Měnu tak nikdo nemůže vlastnit a tím přímo ovládat. Každá mince má svou jasnou nezaměnitelnou podobu, kterou nelze nijak falšovat ani duplikovat. Díky ověřování každé transakce sítí uživatelů by byl případný pokus o podvod odhalen a transakce by nebyla uskutečněna.

Množství dostupných Bitcoinů je od samého počátku známé. Jedná se o množství možných řešení na základě jednoho algoritmu. [21]

Problematika investic do Bitcoinů nespočívá pouze v jeho velké votalitě, tedy rozkolísanosti, ale také v jeho zabezpečení. Každý bitcoinový účet má svůj privátní a veřejný klíč. V případě, že by tedy někdo tyto údaje zapomněl, ke svým Bitcoinům se nedostane a ty tak budou ztraceny. Fakticky by nezmizely, ale nebylo by možné je používat. [22]

1.11 Využití blockchainu v logistice

Logistika je odvětví, ve kterém hraje hlavní roli slovo optimalizace. Veškeré procesy se mění tak, aby byly co nejrychleji provedené s co nejnižším náklady. Zároveň se ke všem uživatelům dostávají stejné informace. Tato zdánlivě drobná výhoda má však v globální ekonomice nedozírný přesah. Přínosem je zefektivnění manipulace se zbožím. Současná logistika se potýká s desítkami různých kódů, které je nutné během cesty upravovat a přepisovat reference do jednotlivých sledovacích systémů přepravců a skladů. Zejména v oblasti IT to pak stojí nemalé náklady. To přináší zpoždění a prostor

[20] Například ALZA.CZ přijímá platby v Bitcoinech
[21] (https://www.chytryhonza.cz/9385)
[22] (https://www.chytryhonza.cz/9385)

pro vznik chyb. Celosvětoví logističtí lídři utrácejí miliardy dolarů za hledání způsobů, jak s co nejmenším počtem zdrojů provést co nejvíce transakcí. Záměrně zde používám slovo transakce, protože přeprava věcí z místa na místo zahrnuje spoustu takových malých transakcí. Mám zde na mysli příjem zboží, naskladnění, vyskladnění, nakládku, dočasné uskladnění, převoz atd. Firmy tedy hledají řešení, jak tyto procesy co nejvíce zjednodušit.

"*Dle průzkumu společnosti Maersk může dodávka zboží z východní Afriky do Evropy obnášet až 200 různých interakcí mezi 30 různými organizacemi. Tyto interakce, často prováděné napříč nekompatibilními systémy, představují úzké hrdlo logistiky a mohou vést ke zbytečným ztrátám času a peněz*." [23]

Nejen v logistice stále panuje nedůvěra mezi obchodními partnery a přepravními firmami. V globálním světě často dochází k nákupům on-line, kdy se kupující s prodejcem setká jen virtuálně. Obchodníci vymýšlejí řadu opatření k zajištění obchodu od námořních konosamentů[24] až po bankovní akreditivy. Vždy se jedná o to vytvořit důvěru mezi kupujícím a prodávajícím. V případě, že transakce nedopadne dle očekávání obou stran, kupující nepřijde o zboží a prodávající o své peníze. Transakce mezi prodávajícím a kupujícím je velmi často obalena různými zprostředkovateli, pojišťovnami, které získávají odměnu za zprostředkování obchodu a důvěry mezi jeho stranami. Často tak dochází ke zdržení a vzniku dalších nákladů. Např. vyřízení bankovního akreditivu mezi bankami trvá zhruba tři až šest týdnů.

Dnes dokážou přenos těchto informací mezi partnery nahradit systémy na bázi EDI (Electronics Data Interchange – elektronická výměna dat). Firmy si mezi sebou posílají objednávky ze svého ERP systému (Enterprise Resource Planning – podnikový systém pro plánování a řízení zdrojů) do systému partnera. Základním cílem těchto systémů je zajistit přenos a synchronizaci dat v účetních a skladových softwarech všech partnerů a zprostředkovatelů. Zde nastává zásadní problém s udržením synchronizace dat v reálném čase. Můžeme se zde také setkat s celou řadou možných chyb vzniklých např. odlišnou interpretací dat, rozdílným národním jazykem, nedostatkem polí v databázi nebo poruch při spojení. V centrálně řízeném systému tak nelze ověřit, zda jsou data úplná a zobrazují aktuální stav. Chybí zde "garantovaná verze celé pravdy". Jiný stav totiž může mít u sebe odběratel a jiný dodavatel. Nehledě na to, že existuje celá řada dalších účastníků, kteří data pouze přebírají od jednoho subjektu a ti tak mohou mít

[23](https://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/blockchain-v-retailu-a-logistice.htm;cit 2019-03-23

[24] Konosament – náložný list v námořní přepravě, může být i obchodovatelný na burze

zcela rozdílné informace. V této oblasti existuje celá řada standardů a téměř pro každého zákazníka je třeba vyvíjet nový interface, který zajistí přenos a správnou interpretaci dat mezi systémy objednavatele a dodavatele. To v současné době stojí řadu firem spoustu času a nákladů na zajištění této komunikace.

Organizace GS1 vydává své standardy pro EDI komunikaci. Cílem je zajistit, aby jakýkoliv subjekt mohl prostřednictvím EDI komunikovat s jiným subjektem, bez nutnosti vytvářet náročné a drahé interface mezi partnery. Pokud tedy jeden subjekt odešle například objednávku, měl by ji druhý subjekt bez problému přijmout a údaje správně interpretovat. Standardizace v této oblasti je důležitá, protože ne každý subjekt dokáže převzít data z jiného systému a automaticky je zpracovat. Standardizace stojí na přesném popsání obchodních procesů, zaškolení a implementaci v jednotlivých subjektech a v poradenství pro tuto oblast.

V dalším důsledku není možné provádět automatizované operace jako je např. převedení peněz z účtu při obdržení zboží. Za současného stavu stále obíhají faktury, dochází k ověřování toho, zda zboží skutečně dorazilo. Elektronická komunikace tak pořád urychluje oběh papírových dokumentů jako jsou faktury a dodací listy.

V logistice lze blockchain vytvořit pro všechny partnery, kdy každý z nich uvidí pouze svoji část. Tak lze zaručit, že všichni uživatelé mají ve stejný moment stejné informace ve skladovém nebo sledovacím systému zásilek.[25]

Technologie blockchain se v tomto ohledu zdá naprosto vhodným řešením pro sledování toků během celého přepravního procesu. V momentu vytvoření výrobku by mohl vzniknout jeho universální digitální obraz, který by s sebou nesl celou historii od výroby, přepravy až k zákazníkovi, Některé studie uvádějí dokonce až do jeho recyklace. To dává obrovský přehled o tocích zboží, o jeho životnosti a možnostech jeho využití. Na základě analýzy dat by pak bylo možné lépe plánovat výrobu, přepravu, prodeje a finální recyklaci. To by vedlo k obrovskému zefektivnění celého dodavatelského řetězce, ze kterého by na své úrovni mohli profitovat všichni účastníci.

Tato technologie samozřejmě má svá úskalí. Nikdo nezaručí, že vstupní entita skutečně pochází z ověřeného zdroje. Dále pokud se někdo během toku dopustí krádeže a vyjme entitu ze systému, ztratí se její stopa. V případě, že by účastníci začali systém takto zneužívat, stal by se pouze drahou databází bez dalšího využití. V současné době tedy

[25] (https://www.peak.cz/krok-za-krokem-vse-o-blockchainu-na-co-jste-se-mozna-bali-zeptat/, 2019)

probíhá výzkum využití blockchainu v rámci jednotlivých segmentů, jehož cílem je najít ověřený postup pro vytváření vstupních entit.

V oblasti logistiky se technologie blockchain zabývá Blockchain in Transport Alliance - BITA. Organizace funguje od srpna 2017 a již dnes zahrnuje největší alianci s téměř 500 členy ve 25 zemích. Celkový roční obrat členů tvoří přes 1 bilion USD. Členové jsou především z oblasti nákladní dopravy a logistiky. Aliance se snaží rozvíjet tento koncept a zavádět nové standardy. Základní myšlenkou je odpovědět na velmi jednoduchou otázku: "Kde je moje zásilka v globální ekonomice?" Účelem této technologie je zajistit sledovatelnost zásilky během celého jejího přepravního procesu pro všechny účastníky.

Základní struktura sledovacího procesu má následující části:

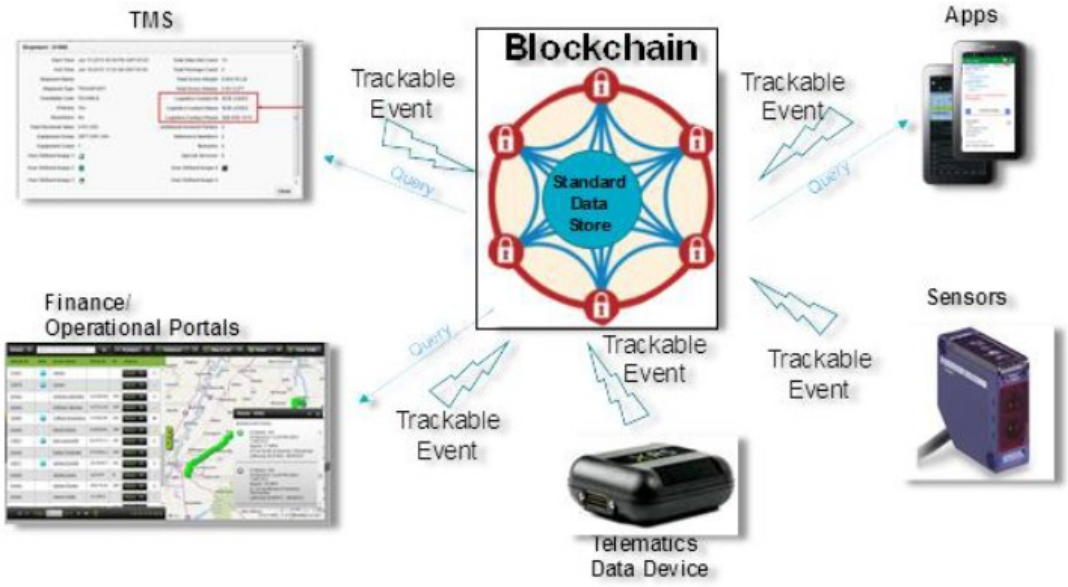
Sledovanou entitu, Změnovou událost (*Trackable Event*), Účastníky události (*Event Participanst*), Druh opatření, (*Measure type*), Rozměry (*Dimensions*) a referenční údaje(*Reference*). Tyto části také definují, co vše obsahuje informace o zásilce. Níže vidíme, jak je taková informace zapsaná v JSON formátu formou stringu, ze které jsou pak čerpané a předávané informace do sledovacího systému.

```
trackableEvent1 = {
  "ID" : "trackableEvent1",
  "name" : "Schedule Pickup",
  "location" : "location123", //link to location where freight will be picked from
  "trackableEntityID" : "trackableEntity123",  // link to entity which is being tracked
  "reportedByID" : "party123",
  "reportedByRole" : "Shipper",
  "participants" : [
    {
      "ID" : "party456",
      "role" : "Carrier"  // Service Provider responsible for moving the freight
    },
    {
      "ID" : "party789",// Operations Supervisor who is handing over freight to Carrier
      "role" : "OperationSupervisor"
    }
  ],
  "performedTime" : "2019-02-11T23:27:57-08:00"
}
```

Obrázek 17Standardizovaný JSON string (zdroj: (Kothari, 2019)

Obrázek ukazuje příklad, jak funguje přeprava založená na systému blockchainu. Různí účastníci si předávají zprávy, ale změna se projeví u všech. Informace ze skladového systému jsou propojeny s účetním systémem. Každá událost nebo změna jsou přenášeny

v přesném časovém sledu do systému jako Sledovatelná událost (Trackable Event). Všechny periferní zařízení jako jsou čidla sledující pohyb a teplotu, údaje ze skladovacích scannerů a aplikace uživatelů vytvářejí řady Sledovatelných událostí, které se uloží do historie blockchainu. Každý účastník systému tak má k dispozici veškeré informace.



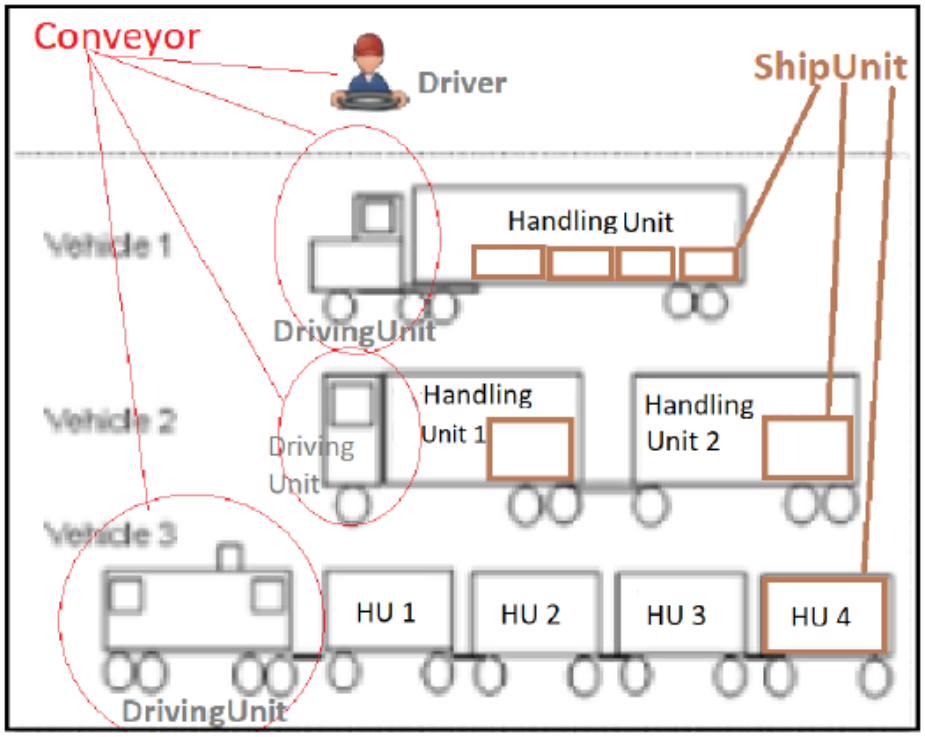
Obrázek 18Struktura logistického blockchainu (Kothari, 2019)

Přeprava věcí z místa na místo z 90 % většinou obsahuje stejné a nebo velmi podobné informace. To dává výchozí stav pro tvorbu blockchainu, jehož struktura by měla být universálně použitelná pro co největší část dodavatelského řetězce. Struktura blockchainu obsahuje základní vstupní entity a události. Přehled základních pojmů, jak jej popsala Block Chain in Logistics Alliance, je popsán níže.

- **Zásilka (shipment)**– skupina objednávek, kterou dá odesílatel k sobě za účelem odeslání do stejné cílové destinace společným dopravním prostředkem. Různé objednávky mohou být spojovány k sobě. Zásilka dokonce může obsahovat objednávky jiného odesílatele, může obsahovat vratky nebo reklamace a pravidelné objednávky. Zásilka tedy představuje pohyb věci z jedné lokality do jiné. Cesta zahrnuje překládky, poplatky spojené s přepravou. Důležité je vytvořit unikátní Identification Detail (ID) dané zásilky a uložit informace o rozměrech, váze apod.
- **Přepravní jednotka (ship unit)** – zásilka může obsahovat množství přepravních jednotek, které mohou být sledované zvlášť. Je to nejmenší možná samostatně sledovatelná část. Po určitou část přepravy však mohou

být sledovány i pohromadě. Zásilka je tedy logický soubor různých přepravních jednotek. Každá jednotka má své ID, ale obsahuje informaci o nadřazené jednotce – zásilce. Přepravní jednotkou může být např. 1 ks samostatně prodejného zboží v kartonu nebo na paletě.

- **Přepravník (conveyor)**– za přepravník je považováno cokoli, co dokáže samostatně hýbat s jednotkou. Obvykle tedy vozidlo, pracovník, nakladač, zakladač apod. Vše, co má vlastní pohon nebo lze nějak vyčlenit z přepravní soupravy se nazývá Přepravní jednotka.
- **Manipulační jednotka (Handling Unit)** – jedná se o část přepravního prostředku, ve kterém se převáží nebo dočasně skladují přepravní jednotky. Jedná se o nejmenší možnou přepravitelnou jednotku jako je paleta, box, kartonový obal.



Obrázek 19 Struktura jednotek v blockchainu, Zdroj: (Kothari, 2019)

Každá přepravní jednotka může být sledovaná zvlášť stejně jako různé přepravní jednotky mohou být sledovány pohromadě jako jeden celek.

- **Účastník –** společnost nebo osoba, která vstupuje do přepravy – Může to být odesílatel, příjemce a přepravní společnost.
- **Zdroj –** člověk, zařízení nebo stroj, které zajistí přepravu a manipulaci nákladu.

- **Dokument – informace**, která doprovází zásilku během přepravy, obsahuje informace o odesilateli, příjemci, dodání, celní informace apod.
- **Link –** datová stopa vedoucí od jedné události k druhé, která je zaznamenaná ve struktuře blockchainu tzv. "ledger" – "kniha operací". Stručně ho lze nazvat jako klíč mezi dvěma databázovými soubory.
- **Sledovatelná událost –** (trackable event) - je definována jako uložení informace z přepravy do databáze. Informace jsou takového druhu, že jejich pomocí lze zjistit stav a polohu zásilky.
- **Sledovatelný subjekt (trackable entity) –** je cokoliv, co lze v blockchainu sledovat, jako jsou zásilky, přepravní jednotky, přepravníky atd. Každý subjekt v sobě obsahuje unikátní ID, ve kterém lze dohledat stopu k další nadřazené nebo podřízené jednotce. Sledovatelná událost se tak propíše do všech manipulačních a přepravních jednotek.

Účastnici přepravy mají předem definovaná uživatelská práva a role. Tím je zabezpečeno to, kdo může informace pouze číst, editovat a zapisovat. Každá zpráva, která je v rámci blockchainu vytvořena, má předem definovanou třídu, strukturu a význam. Při zadávání a čtení dat je tedy nutné držet se této posloupnosti.

Každý poskytovatel blockchainové technologie má trochu odlišný přístup k tomu, co označuje za přepravní a manipulační jednotku. Typy sledovatelných událostí se mohou různě měnit v závislosti na parametrech daného blockchainu. Zároveň do přepravy vstupují neplánované události, jako jsou zpoždění, poškození, stávky a nepokoje, které mohou přepravu zpozdit či dokonce úplně znemožnit. Struktura tedy musí být dostatečně robustní, aby si s nepředvídanými okolnostmi dokázala poradit. Je nutné zajistit jejich správnou interpretaci, aby se informace o zásilce neztratila.

Využití technologie blockchain je celá řada. V tomto odstavci bych chtěl zmínit základní možnosti, kdy může být tato technologie využita. [26]

- **Oblast pojišťovnictví** – na základě informace zadané ověřenou autoritou do systému je možné zajistit okamžité plnění kompenzace vyplývající z pojištění. Příklad: Cestující u letecké společnosti má nárok na výplatu kompenzace, pokud má jeho spoj více než tříhodinové zpoždění. Letiště tedy zadá do systému informaci o zpoždění a všem cestujícím je tak automaticky poskytnuta kompenzace. Např. dostanou ihned na svůj účet částku

[26](https://www.peak.cz/krok-za-krokem-vse-o-blockchainu-na-co-jste-se-mozna-bali-zeptat/)

odpovídající zpoždění. Tohle je samozřejmě jen příklad a nelze předpokládat, že by s tím v reálu letecké společnosti automaticky souhlasily, protože by jim rapidně narostly náklady na zpožděné lety. Technologie by však přinesla nemalé úspory na straně pojišťoven, kdy by došlo ke snížení nákladů na administrativní sílu, zmenšila by se chybovost lidí zpracovávajících jednotlivé případy. Pojišťovna by snáze prováděla audit a vyhodnocení rizik. Její fungování by bylo více transparentní.

V České republice vzniklo sdružení Blockchain Connect | Czech Aliance na podporu a rozvoj blockchain technologií. Mezi jeho členy patří technologický gigant IBM, auditorská společnost Pricewaterhouse Cooper´s, advokátní kancelář Squire Patton Boggs a technologický inkubátor pro blockchain Adel. (https://www.adelphoi.io/)

2 Zajištění aktivního coldchainu pomocí IoT

Ve své diplomové práci se budu v praktické části zabývat logistickými operacemi distributora léčiv. Cílem práce bude popsat proces expedice zboží a sledování teploty během přepravy pomocí IoT. Představím technologické řešení zahrnující internet věcí, aplikace pro smartphony a sledování teplot on-line.

Výchozím parametrem práce bude tzv. FMD – Falsificate Medicine Directive, která od února 2019 zavádí pro výrobce a distributory nové povinnosti v oblasti výroby a distribuce léčiv. Zejména se jedná o značení produktů 2D kódem a ověřování pravosti léku na předpis oproti údajům v Národním registru.

Slovo coldchain můžeme přeložit jako teplotně řízený dodavatelský řetězec. Přeprava s regulovanou teplotou je využívaná při distribuci produktů podléhajících rychlé zkáze, jako jsou potraviny a květiny. Sledování teplot během přepravy je zásadní u přepravy syrového masa, mléka a ryb. Další oblastí jsou druhy zboží, u nichž musí být dodržena předepsaná teplota skladování i během přepravy, aby zůstaly zachovány vlastnosti přepravovaných látek. Jedná se o různé chemické látky a především některé léky, u nichž může být nedodržení teplot doslova kritické. Například inzulín, který si diabetici aplikují přímo do podkoží, nesmí zmrznout. Při pobytu v mrazu by došlo ke změně struktury jeho krystalické mřížky, což by na první pohled nebylo znatelné, ale jeho účinná látka by nemusela vůbec účinkovat. Dalším problémem je převoz vakcín, které se také musí převážet chlazené, aby se zachovaly jejich správné účinky, dlouhá

použitelnost a trvanlivost. Jednotliví výrobci samozřejmě výrobky testují a dávají doporučení, jak s látkou naložit v případě překročení teploty. Obecným trendem v poslední době je právě tzv. aktivní coldchain, ve kterém lze sledovat pohyb zboží a jeho teplotu od výrobce až po spotřebitele. Výrobci chtějí zajistit, aby jejich léky měli vždy požadované parametry. Jako praktickou část této práce bych chtěl představit koncepci teplotně řízeného logistického řetězce. Využít bych k tomu chtěl právě sledování teploty pomocí IoT a technologii blockchain pro zajištění přenosu dat mezi účastníky dodacího cyklu. Cílem tedy bude zachytit pohyb a teplotní stopu sledovaného léku napříč celým dodavatelským řetězcem.

V současné době je možné zajistit teplotu pouze od subjektu k subjektu. Předchozí subjekt, například dodavatel nebo výrobce, předá následnému článku teplotní výpis ze skladování a přepravy. V současné době jsou používaná různá zařízení od různých výrobců, která zaznamenávají a ukládají teplotu. Většina takových systémů však pracuje odděleně a těžko se přiřazuje ke konkrétnímu produktu. To, jestli byl daný produkt v době měření skutečně společně s čidlem, ze kterého je podaný teplotní výpis, můžeme pouze předpokládat. Jednoznačná informace o teplotě skladování od výroby až po spotřebu neexistuje. Informace se nikam centrálně neukládají a tak v každé části dodavatelského řetězce je uložena pouze část informace, která je však do celého řetězce nepřenositelná.

K zajištění nepřerušovaného toku informací je potřeba zajistit jednoznačný identifikátor léku, kontinuální systém monitorování teploty a databázi, která bude informace ukládat, přenášet a zpracovávat. V dalších kapitolách se tedy pokusím nastínit koncept a problematiku takového řešení.

2.1 Současná koncepce logistiky léčiv

Fungování a struktura logistického řetězce, který zásobuje trh léky, je velmi obdobná jako například u rychlo obrátkového zboží.

Zásadní odlišností jsou však legislativní nároky, dodržování hygienický a bezpečnostních norem. V neposlední řadě musí být celý řetězec vybaven kontinuálním systémem sledování teplot. Zejména v oblasti bezpečnosti je rok 2019 zlomový i pro Českou republiku. Od 9. února platí nařízení Evropské komise o povinných ochranných prvcích pro humánní léčivé přípravky. Tato obsáhlá směrnice je často označována souhrnným pojmem FMD – Falsificate Medicine Directive – Nařízení proti padělání

léčiv. Toto nařízení ukládá výrobcům označovat každé balení léku dodávaných na trh v EU ochrannými prvky proti padělání.

Směrnice vyžaduje, aby balení léčivých přípravků podléhajících omezení výdeje na lékařský předpis obsahovala ochranné prvky (tj. jedinečný identifikátor nebo sériové číslo uvedené na každém balení spolu s prostředky k ověření manipulace s nimi).

FMD produkty je možné na první pohled vizuálně rozpoznat tak, že na svrchním obalu léku najdeme 2D kód a pouhým okem čitelné identifikátory.

Tento kód obsahuje čtyři důležité identifikátory:

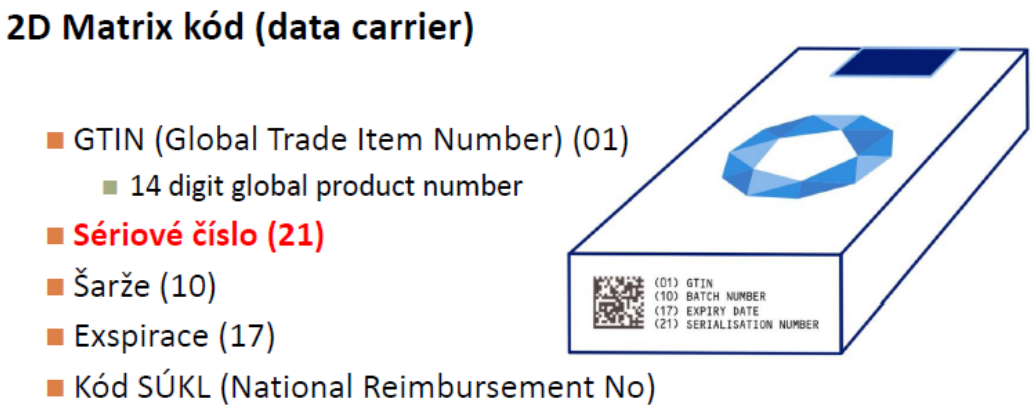
GTIN (Global Trade Item Number) (01) - 14místné identifikační číslo produktu.

Sériové číslo (21) – každé balení léku dostane při výrobě jedinečné výrobní číslo.

Šarže (10) – obsahuje informace o výrobní dávce, z které lék pochází.

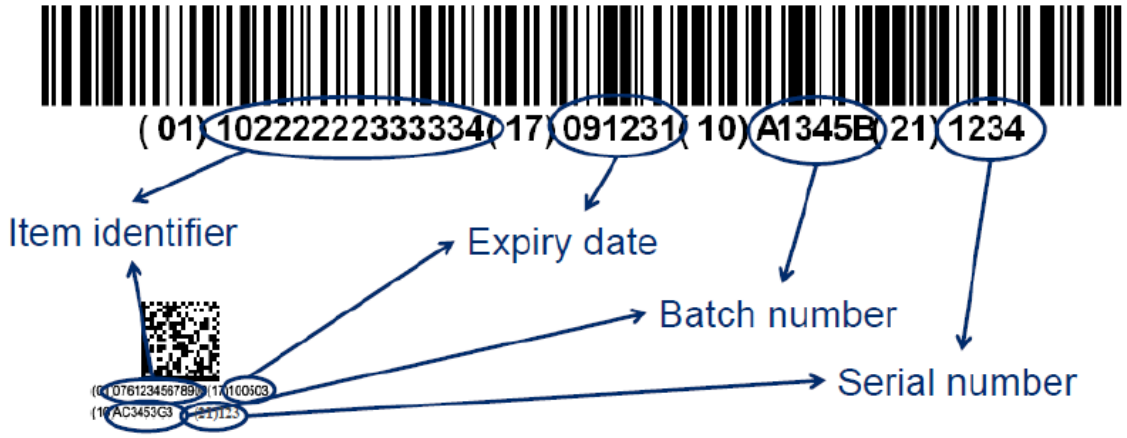
Exspirace (17) – označuje datum, do kdy může být lék používán.

Kód SÚKL (National Reimbursement No) – nepovinné pole, registrační číslo přidělené Státním ústavem pro kontrolu léčiv.



Obrázek 20 Příklad 2D kódu na obalu léku (Zdroj: vlastní zpracování

Nosičem této informace je 2D kód, tzv. data matrix. Ten obsahuje lidským okem čitelnou informaci zakódovanou do jedné věty oddělené číslem, náležející dané sekvenci. Datový kód, uložený v data matrixu, obsahuje velmi dlouhý údaj.



Obrázek 21 Obsah 2D kódu (Zdroj: GS1 CZ)

Tento druh kódu je vhodný ke čtení kamerovou 2D čtečkou. Ta může být umístěna na pracovním stole nebo na výdejním automatu.

Obrázek 22 Kamerové čtečky (Zebra: Zdroj GS1.org)

Výhodou tohoto řešení je možnost rychlého strojového čtení údajů. Zakódování informace pomocí 2D kódu zabírá velmi malé místo na obalu.

Obrázek 23 Porovnání velikosti čárového kódu a data matrixu (Zdroj: GS1.org)

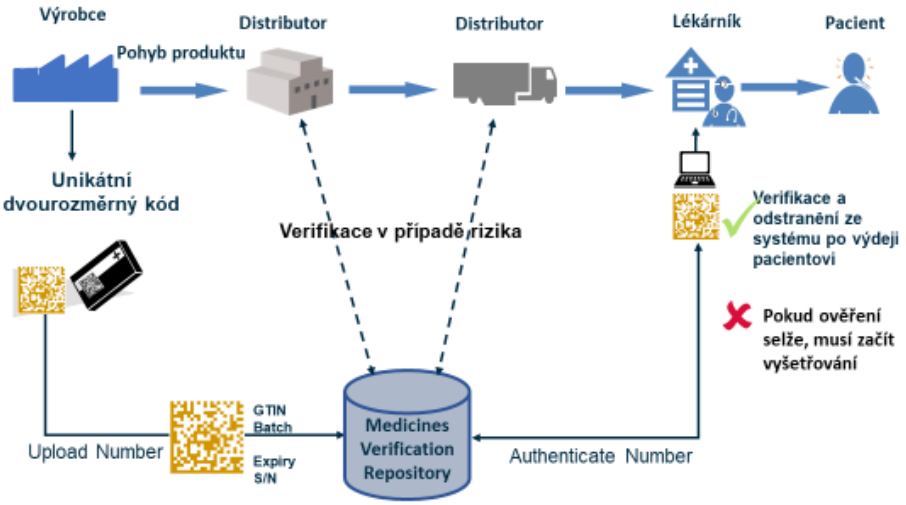
Nevýhodou 2D kódu je fakt, že pracovník skladu nebo lékárník při výdeji musí každý jednotlivý produkt ověřit zvlášť. Nelze tedy provést hromadný výčet všech kódů najednou. Zejména u malého zboží, jakým jsou léky, to může být problém. Povinnost,

kdy ověřovat a kdy neověřovat pravost léku, je touto vyhláškou přesně stanovena. Vyhláška tak předurčuje logistické operace, které je nutné provádět.

Dalším ochranným prvkem je bezpečnostní přelepka (Tamper stamp – ochrana proti neoprávněnému zásahu). V případě porušení této známky existuje riziko, že přípravek uvnitř balení mohl být vyměněn za jiný nebo padělán.

Obrázek 24 Ochranná přelepka (Zdroj: GS1 CZ)

V celém dodavatelském řetězci od výroby po maloobchod jsou rozděleny povinnosti jednotlivých subjektů, které se týkají tzv. FMD operací. Schéma řetězce je popsáno na obrázku níže. Po celou dobu musí být dodrženy správné teplotní podmínky během skladování a přepravy.



Obrázek 25 Schéma logistického toku při distribuci léčiv (Zdroj: https://czmvo.cz/cs/)

a) **Povinnosti na straně výrobce** - výrobce musí být zaregistrován a schválen pro výrobu léčiv v EU. Na základě této registrace obdrží číselnou řadu, kterou používá pro označování svých výrobků. Tato sada obsahuje kód výrobku – ve standardu GS1 označovaný jako GTIN. Dále obdrží unikátní číselnou řadu pro číslování každého vyrobeného balení, které je uvolněno do prodeje. Toto číslo je v momentu výroby nahráno do Evropské databáze.

b) **Povinnosti distributora** – distributor je povinen ověřovat pravost kódu léčiva v těchto případech:
   - Pokud je zboží vráceno z lékárny.
   - Obdrží-li zboží od distributora, který není výrobcem, držitelem registračního rozhodnutí nebo distributor, který nemá přímou smlouvu s výrobcem.

   Ověřování pravosti kódu není vyžadováno při přepravě zboží mezi sklady distributora, pokud nedojde k prodeji.

   Velké množství operací však vzniká při vyřazení (tzv. decommision) léku. Jedná se o případy vývozu mimo EU, zničení léků, zasílání vzorků či odeslání vzorků na humanitární účely.

Ve výše uvedených případech je nutné vzít doslova každé balení do ruky a ručně sejmout kód pomocí scanneru. Operace trvá zlomek vteřiny, ale v případě, že potřebujeme sejmout kód několik tisíců kusů, zde nastává problém. K času samotného ověření a návratu informace z databáze se připočítávají úkony jako vybalení a zabalení. Pokud vezmeme v potaz tento vzorec, dostaneme se do velmi nepříznivých čísel.

$$\frac{p.t}{q.c} = T$$

Počet kusů - p
Průměrný čas na zpracování jednoho kódu - t
Počet zpracovaných kódů za hodinu 1 pracovníkem - q
Počet pracovníků - c
Čas potřebný ke zpracování informace - T

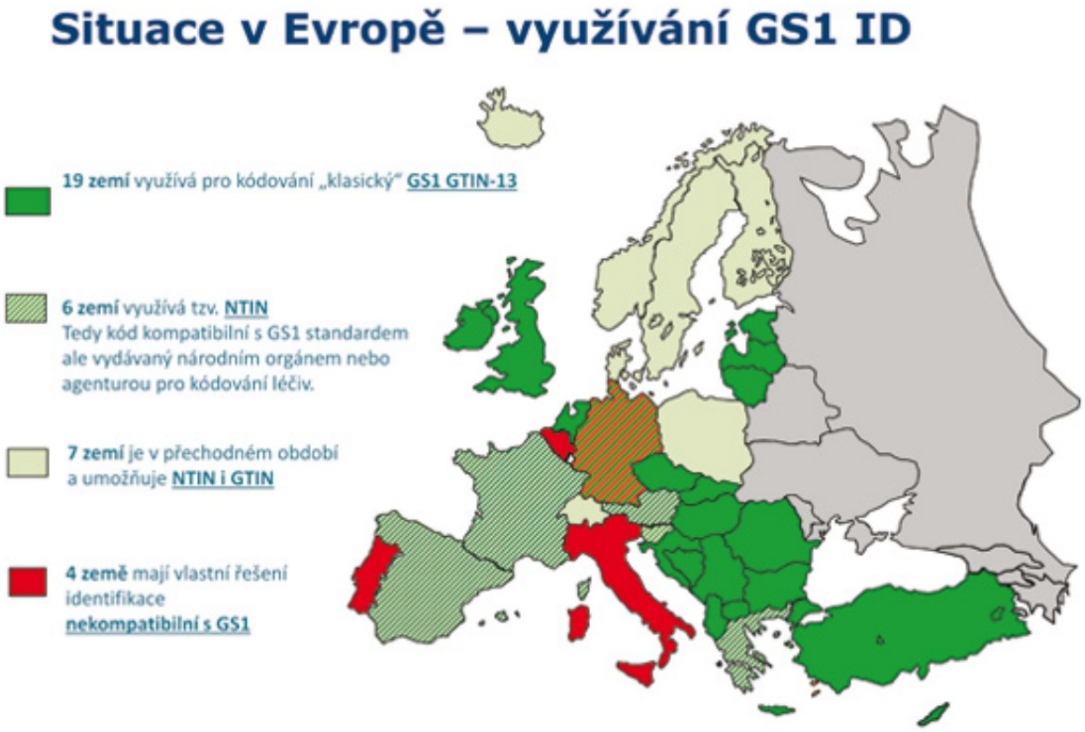
Po celou dobu musí být dodrženy správné teplotní podmínky během skladování a přepravy. Tyto všechny povinnosti s sebou nesou nemalé náklady, které zůstávají na bedrech distributorů s nemožností tyto náklady připočítat do prodejních cen. Trh je totiž regulovaný a cena se řídí úhradovými vyhláškami.

Další problematickou oblastí z hlediska balení a identifikace je nejednotnost systému značení na obalech v rámci EU. Několik zemí používá vlastní systém. Nastává tak problém při sledování pohybu zboží na evropském trhu. Často se stává, že kód léku není nahraný v národní databázi daného státu a nastává pak problém s tím, jak postupovat při výdeji pacientovi. Pokud kód není nalezen v databázi, má se za to, že se jedná o

padělek. Ten musí být nahlášen statní autoritě zajišťující dozor nad pohybem léčiv na trhu a přípravek musí být zlikvidován. Co když se ale ukáže, že data výrobku byla omylem nahraná v jiné zemi a došlo ke zlikvidování např. celé šarže v hodnotě několika desítek možná i stovek miliónů Eur?

Problematika centrálně řízené databáze při ověřování léčiv.

Současně použitá technologie tento problém nedokáže řešit jinak než přes centrální autoritu. Dokazování takových incidentů je zdlouhavé a složité. Může docházet i k prodlení s dodávkami léčiv v případech výpadků či hackerských útoků. Neexistuje odolná centrální databáze, která by v případě výpadku byla schopna nahradit nefungující část. V případě, že v Evropském uložišti nahrají data do uložiště jiného státu, data jsou prakticky neověřitelná. Příslušný distributor musí zažádat Evropské uložiště, které musí zjistit, kde se daný kód nachází. Dochází pak k ověřovacímu řízení, zda došlo k chybě v nahrání dat, či byly léky přesunuty do jiného státu záměrně, například za účelem lepší prodejní ceny nebo vyšší úhrady od zdravotní pojišťovny. Každá země má svůj vlastní seznam léků na předpis. Je tedy velmi obtížné zjistit, který lék bude na předpis vydáván a který ne. To má za následek, že mezi léky s ochrannými prvky se budou dále vyskytovat ty bez ochranných prvků. Další nevýhodou evropského systému je nejednotnost typů používaných kódů. Přehled jednotlivých typů je vidět níže.



Obrázek 26 Využívání systému GS1 v Evropě (Zdroj: GS1)

3 Koncept sledování teploty během přepravy

Požadavky zákazníků na úroveň služeb se neustále zvyšují. V rámci konkurenčního boje je nutné rozvíjet nové přístupy. Cílem praktické části této práce je navrhnout koncept sledování teploty během přepravy při distribuci léčiv. Hlavním úkolem je získat detailní informace o teplotě během přepravy s přiřazením teplotního výpisu ke konkrétní objednávce.

V současné době ve většině zemí existují nařízení, která distributorům léčiv přikazují dodržovat pravidla pro skladování a přepravu léčiv. Odborně se tato problematika nazývá správná distribuční praxe (SDP) na kterou dohlíží a kterou kontroluje Státní ústav pro kontrolu léčiv. Smyslem nařízení je zajistit správné hygienické a teplotní podmínky při distribuci léčiv. Současná praxe je taková, že řada distributorů již nějakým způsobem systém sledování teplot řeší. Data jsou však od sebe oddělená a je obtížné na tento teplotní řetězec navázat. Archivace teplotních výpisů pak probíhá formou uchování záznamů z čidel. Zjistit tak teplotu během celého procesu skladování a přepravy je velmi obtížný kol. Bylo by nutné oslovit všechny dopravce a distribuční sklady, aby ke konkrétnímu léku a šarži doložili teploty během celého jeho skladování. Za současných podmínek je to neřešitelné. Všechny databáze jsou oddělené a není tak možné informaci z více zdrojů spojit dohromady. Překážky v kontinuálním přenosu teploty jsou různé, zejména se jedná o jiné typy databází s jinak uspořádanými daty. Dále zde hraje roli bezpečnost a zabránění zneužití dat.

Při současném stavu technologických možností je nutné brát ohledy na požadavky z různých stran.

a) **Požadavky trhu -** zákazníci chtějí být informovaní.
   - Monitorování času a místa doručení.
   - Umožnit sledování pohybu a včasnosti dodání zásilek (tracing).
   - Sledování teploty během přepravy.
   - Teplotní výpisy při doručení.
   - Potvrzení o doručení.

b) **Požadavky na kvalitu -** zákaznické audity + kontroly SÚKL
   - Monitorování přepravy zboží.
   - Chybovost přepravy.
   - Teplotní výpisy.

c) **Vlastní potřeby dodavatele**

- Sledování efektivity.
- Nastavení hodnocení výkonu a systému odměňování.
- Správné rozvržení distribuční sítě a nastavení dodacích termínů.
- Sledování nákladů na přepravu.
- Vyhodnocování chybovosti a zlepšování procesů.

3.1 Přeprava zboží

Přeprava zboží je přímo závislá na čase přijetí objednávky. V tento moment dostane objednávka své pořadové číslo a je lokalizovaná na konkrétní trasu. Začátek procesu dopravy jsem záměrně stanovil na přijetí objednávky. Tam dle mého názoru požadavek na dopravu vzniká. Od tohoto bodu je tedy na pracovnících skladu a dopravy, aby zajistili včasné dodání správného množství, ve správném čase, na správné místo. Tento proces nese označení metoda just in time. Pro lepší názornost jsem připravil schéma a popis celého procesu. Ve své práci se však budu detailně věnovat části od expedice až po dodání zboží k zákazníkovi. Zde je právě možné uplatnit prostředky internetu věcí a získat tak online cenné informace.

Popis procesu dodání objednávky k zákazníkovi:

1. Odběratel

   Každý odběratel má stanovené trasy a časy pro doručení. Při odeslání objednávky se systém snaží najít nejdřívější platnou trasu vzhledem k času přijetí objednávky.

2. Předobjednávka (preorder)

   Objednávka po přijetí zde čeká na zpracování. Dochází k ověření v databázi, zda je objednané zboží na skladě. Tento proces je často řešen zároveň s odesláním objednávky tak, aby nedocházelo k prodlení. Odběratel má předem přehled o druzích a počtech dostupného zboží. Potvrzená objednávka je v určeném čase podle směn jednotlivých pracovišť propuštěna do skladu.

3. Objednávka

   Při vytvoření objednávky dojde k automatickému přiřazení na trasu podle nastavené lhůty dodání. V tomto případě se čas určuje

pomocí kritéria čas přijetí objednávky a nejbližší platné trasy. Příklad: odběratel má nastaven čas pro zadání objednávky každý pracovní den do 15 hodiny. V případě, že objednávku pošle do 15 hodin, dostane nejbližší trasu následující den ráno. V případě, že objednávka dorazí později, přesouvá se doručení na další možný den. Po potvrzení objednávky dojde k jejímu rozpadu na jednotlivé sektory ve skladu. Tam pracovník nebo automat zajistí vychystání správného druhu a množství zboží pro danou objednávku.

4. Vychystání

   Vychystání zboží je provedeno do otevřených obalů. Zde je zboží označeno logistickou etiketou s určením data a názvu trasy, čísla objednávky a názvu odběratele. Zboží z různých sektorů pro jednu objednávku je dopravované vnitropodnikovou dopravou na místo výstupní kontroly. Důležité je oddělit zejména zboží s jiným teplotním režimem skladování.

5. Výstupní kontrola

   Na výstupní kontrole dojde k ověření správného druhu a počtu kusů pro daný přepravní obal objednávky. Každá objednávka může být složena z více přepravních obalů nesoucí stejné číslo objednávky, ale mají různá pořadová čísla obalů. Po odsouhlasení stavu je obal uzavřen a zapečetěn speciální lepící páskou, plombou nebo svařovací páskou.

6. Expedice

   V této oddělené části skladu dochází k roztřídění zboží podle teplotních režimů na rozvozové trasy. Zboží na trasu je tak připraveno na určeném místě pro usnadnění nakládky.

7. Kontrola převzatých kusů

   Řidič před zahájením jízdy dostane přehled odběratelů na dané trase společně s kusovým množstvím zboží. Provede kontrolu, zda počet obalů na přehledu trasy souhlasí s tím, co je připraveno k expedici. Vytiskne si potřebné dokumenty a potvrdí převzetí zboží k přepravě.

8. Nakládka do vozidla

Před naložením vozidla řidič kontroluje, zda má přepravní prostor ve vozidle požadovanou teplotu pro expedici. V případě, že jsou podmínky splněny, začne zboží nakládat na vozidlo v pořadí FILO – First In Las Out – první dovnitř; poslední ven. Nakonec do chladicího boxu přidá chlazené zboží.

9. Přeprava zboží k zákazníkům

   Po naložení vozidla řidič zahájí jízdu pomocí mobilní čtečky. Tím dojde ke změně statusu všech naložených zásilek na expedováno a spuštění výčtu teplot na trase. Čtečka hlásí průběžný stav teplot na trase a upozorňuje na odchylky během jízdy.

10. Předání zboží a potvrzení o doručení

    Při předání řidič naskenuje čárový kód na předávacím listu, čímž dojde k zaznamenání času doručení zboží u zákazníka. Zároveň se pro předané zboží zastaví sledování teploty, které běží od okamžiku naložení. Ve sledovacím systému je pak možné získat přesný teplotní výpis.

11. Převzetí vráceného a reklamovaného zboží

    Řidič převezme od zákazníka prázdné vratné obaly, vrácené zboží a reklamace. Ke zboží musí zákazník vystavit předávací protokol, na kterém uvede důvod reklamace, počet kusů a objednávku, ke které se vše vztahuje. Řidič naskenuje reklamační protokol a společně se zbožím ho dopraví zpět v požadovaném teplotním režimu na distribuční centrum.

12. Ukončení jízdy a návrat na depo

    Po doručení všech objednávek řidič ukončí v mobilní aplikaci trasu, potvrdí počet doručených odběratelů a zastaví teplotní monitoring dané trasy.

Jako téma praktické části své práce jsem si vybral navrhnutí konceptu sledování teploty během přepravy pomocí internetu věcí. Budu se tedy věnovat pouze části, která začíná od bodu 8. a končí v bodu 12. Předešlá část přepravy je sledována stabilními teplotními čidly ve skladu. Pro spojení celého cyklu by bylo možné využít technologie blockchainu, která by zajistila sledování teploty a pohybu během celého procesu skladování.

3.2 Identifikace léku pomocí FMD kódu při vychystání

V souvislosti se zavedením FMD chtějí farmaceutické firmy sledovat přesnost výdeje léčiv až na detail konkrétní krabičky k zákazníkovi. Zde je tedy prostor pro využití 2D skenerů a technologie blockchain. Každá krabička má svůj jasný identifikátor v podobě data matrixu s unikátními údaji. Při výdeji by došlo k jeho sejmutí a na úrovni databáze by došlo ke spojení informace, kdo si tento daný kus objednal. Tato informace by byla připravena na odeslání. V případě doručení léku by se změnil vlastník léku z distributora na nového odběratele. Tato událost by vznikla jako nový blok, který se váže k dané krabičce.

Na trhu existuje celá řada automatů, které dokážou významně urychlit proces vychystání jednotlivých řádků pro konkrétní objednávky. Řádkem rozumíme počet kusů stejné položky pro jednu objednávku zobrazené právě na jednom řádku z celé objednávky.

Tyto automaty mohou být jak policové, tak s dopravním pásem. V tomto příkladu uvedu automat, který je ve tvaru písmene A na jehož stranách jsou ve sloupcích umístěny zásobníky pro jednotlivé produkty. Uprostřed pomyslného áčka se nachází dopravní pás, na nějž padají jednotlivé produkty pro jednotlivé objednávky. Na páse se tvoří hromádky pro jednotlivé objednávky s dostatečnou mezerou, aby nedocházelo ke smíchání různých objednávek. Na konci dopravníku padají do připravené přepravky.

Obrázek 27 Vychystávací automat typu A (Zdroj: foto)

Obrázek 28 Dopravní pás uvnitř automatu (Zdroj: foto)

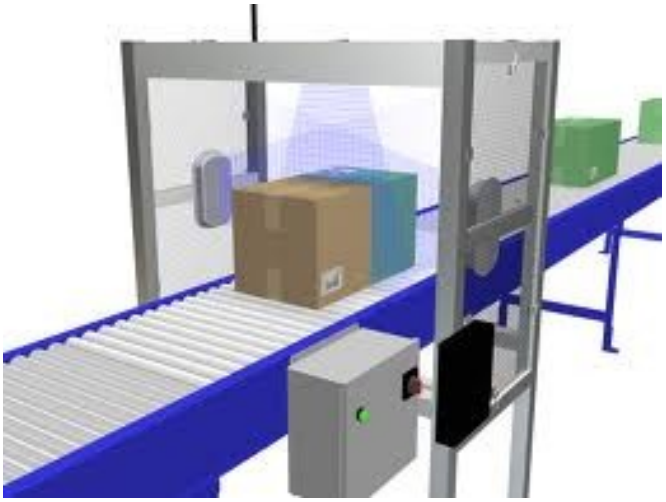
V místě, kde dochází k vyložení krabičky s lékem na pás je prostor pro přidání 2D vysokorychlostní kamery. Kamera by při výdeji zaznamenala příslušný data matrix vydané krabičky a tuto informaci uložila do databáze. Na úrovni databáze by pak informace putovala přes číslo přepravky až ke konkrétnímu dodacímu listu na objednávce. Z dodacího listu by pak bylo možné vyčíst jméno odběratele, ale také teplotní informace k danému balení léku během přepravy. Popis, jak se dostane informace o dodacím listu do teplotního řetězce, je popsán níže.

Obrázek 29 Na konci pásu padají léky do přepravky (Zdroj: foto)

3.3 IoT systém pro sledování teplot

Základním předpokladem pro sledování teploty během přepravy je informační systém, který zajistí přenos informace o čísle přepravky ke konkrétnímu dodacímu listu konkrétní objednávky. Podle tohoto klíče je pak zajištěn nepřetržitý tok informací v řetězci. Každá přepravka má nálepku s unikátním pořadovým číslem, které je vepsané jak v podobě čárového kódu, tak RF tagu. To umožnuje sledovat cestu přepravky jak na pásovém dopravníku, tak i mimo něj pomocí RFID brán, při cestě na expedici. Při naložení do vozidla tak dojde k ověření, zda a kam byly vyexpedovány všechny přepravní obaly, které byly k objednávce vytvořeny.

Obrázek 30 Přepravní kontejner s RF tagem (Zdroj: Alfaplastik. s.r.o.)



Obrázek 31 Příklad RFID brány na expedici (Zdroj: http://www.cie-group.cz/)

3.3.1 Spojení příslušné objednávky s číslem přepravy

Každá objednávka se skládá z několika přepravek, které jsou přepravované na trase. Trasa nese své kódové označení. Pro rozlišení tras pro jednotlivé dny se používá jako klíč datum trasy a unikátní číslo jízdního příkazu. Toto číslo je generováno automaticky při požadavku na tisk. K němu se z databáze přenášejí informace o vozidle a řidiči, který trasu odvezl. Pod číslem jízdního příkazu lze dohledat objednávky odběratelů na dané trase. K nim pak lze vztáhnout teplotní výpis z přepravy.

Tabulka 2 Přehled uzavřených jízdních příkazů

Pobočka	Trasa	Jízdní příkaz	Dat Odjezd	Start	Konec	Zast.	Řidič	RZ
PRAHA	ŘÍČANY	4210727209	26.04.2019 8:53	PÁTEK 09:01	PÁTEK 10:41	11	jmeno_prijm	6C04218
PRAHA	PRAHA1	4210592204	26.04.2019 6:38	PÁTEK 06:38	PÁTEK 14:25	14	jmeno_prijm	3AY7701
PRAHA	TEPLICE	4211471139	26.04.2019 13:41	PÁTEK 13:48	PÁTEK 15:42	19	jmeno_prijm	2AX1653
PRAHA	PRAHA6	4210648639	26.04.2019 12:44	PÁTEK 12:48	PÁTEK 13:16	7	jmeno_prijm	6P45728
PRAHA	KOLÍN	4211466146	26.04.2019 13:37	PÁTEK 13:52	PÁTEK 16:35	26	jmeno_prijm	2SE1254
PRAHA	MĚLNÍK	4211470285	26.04.2019 13:39	PÁTEK 13:44	PÁTEK 14:42	11	jmeno_prijm	9U04512

Vysvětlení jednotlivých sloupců tabulky:

Pobočka – označení skladu, ze kterého se realizuje přeprava

Trasa – uspořádání odběratelů pro dopravní obsluhu

Jízdní příkaz – unikátní číslo, které identifikuje danou přepravu

Dat. Odjezd – datum a čas odjezdu na trasu

Start – zahájení trasy v mobilní aplikaci pro dopravu

Konec – ukončení trasy v mobilní aplikaci pro dopravu

Zast. – počet zastávek= odběratelů na trase

Řidič – příjmení a jméno řidiče

RZ – registrační značka vozidla

Čidlo – sériové číslo čidla, které se používá pro měření teplot

Databázovým dotazem je propojena vazba jízdním příkazem a trasou, podle které lze dohledat jaké zboží bylo převáženo a v jakém časovém rozmezí probíhala přeprava konkrétního dodacího listu. V tabulce níže nalezneme detail trasy PRAHA1 se 14 zastávkami.

Tabulka 3 Detail jízdního příkazu s údaji o zákaznících

Pobočka	Jízdní příka	RZ	Trasa	Řidič	Datum Trasy	Čas odjezdu	Čas vykládky	Název odběratele	DL číslo
PRAHA	4210592204	3AY7701	PRAHA1	jmeno_prijm	26.04.2019	26.04.2019 6:38	26.04.2019 10:05	Odběratel 1	10183571/2019
PRAHA	4210592204	3AY7702	PRAHA1	jmeno_prijm	26.04.2019	26.04.2019 6:38	26.04.2019 10:25	Odběratel 2	10184248/2019
PRAHA	4210592204	3AY7703	PRAHA1	jmeno_prijm	26.04.2019	26.04.2019 6:38	26.04.2019 10:45	Odběratel 3	10183938/2019
PRAHA	4210592204	3AY7704	PRAHA1	jmeno_prijm	26.04.2019	26.04.2019 6:38	26.04.2019 11:05	Odběratel 4	10183957/2019
PRAHA	4210592204	3AY7705	PRAHA1	jmeno_prijm	26.04.2019	26.04.2019 6:38	26.04.2019 11:25	Odběratel 5	10183955/2019
PRAHA	4210592204	3AY7706	PRAHA1	jmeno_prijm	26.04.2019	26.04.2019 6:38	26.04.2019 11:45	Odběratel 6	10184839/2019
PRAHA	4210592204	3AY7707	PRAHA1	jmeno_prijm	26.04.2019	26.04.2019 6:38	26.04.2019 12:05	Odběratel 7	10184711/2019
PRAHA	4210592204	3AY7708	PRAHA1	jmeno_prijm	26.04.2019	26.04.2019 6:38	26.04.2019 12:25	Odběratel 8	10183897/2019
PRAHA	4210592204	3AY7709	PRAHA1	jmeno_prijm	26.04.2019	26.04.2019 6:38	26.04.2019 12:45	Odběratel 9	10182564/2019
PRAHA	4210592204	3AY7710	PRAHA1	jmeno_prijm	26.04.2019	26.04.2019 6:38	26.04.2019 13:05	Odběratel 10	10184728/2019
PRAHA	4210592204	3AY7711	PRAHA1	jmeno_prijm	26.04.2019	26.04.2019 6:38	26.04.2019 13:25	Odběratel 11	10184264/2019
PRAHA	4210592204	3AY7712	PRAHA1	jmeno_prijm	26.04.2019	26.04.2019 6:38	26.04.2019 13:45	Odběratel 12	90002997/2019
PRAHA	4210592204	3AY7713	PRAHA1	jmeno_prijm	26.04.2019	26.04.2019 6:38	26.04.2019 14:05	Odběratel 13	10184118/2019
PRAHA	4210592204	3AY7714	PRAHA1	jmeno_prijm	26.04.2019	26.04.2019 6:38	26.04.2019 14:25	Odběratel 14	10183950/2019

Vysvětlení jednotlivých sloupců tabulky:

Pobočka - označení skladu, ze kterého se realizuje přeprava

Jízdní příkaz - unikátní číslo, které identifikuje danou přepravu

RZ - registrační značka vozidla

Trasa -uspořádání odběratelů pro dopravní obsluhu

Řidič - příjmení a jméno řidiče

Datum Trasy - datum a čas odjezdu na trasu

Čas odjezdu - zahájení trasy v mobilní aplikaci pro dopravu

Čas vykládky - čas doručení zboží v mobilní aplikaci pro dopravu

Název odběratele - odběratel, který si objednal zboží

DL číslo – číslo dodacího listu konkrétní objednávky

3.3.2 Databáze vozidel a řidičů

Součástí systému musí být podrobná evidence vozidel a řidičů. Databáze musí obsahovat informace o vozidlech a umístěných teplotních čidlech. Zároveň musí existovat seznam řidičů, kteří vozidlo řídí. Kombinace řidiče a značky vozidla slouží k potvrzení jízdního příkazu. Podle registrační značky vozidla jsou pomocí databáze dohledána teplotní čidla, která jsou umístěna v nákladovém prostoru. Z těchto čidel je pak přiřazen teplotní výpis ke zboží a trase.

Tabulka 4 Databáze vozidel

Pobočka	RZ	Dopravce	Vozidlo Kat.	Typ Vozidla	SN čidlo	Typ čidla	Chl. Jednotka
PRAHA	6C04818	Nazev_1	L3H2	Ford Transit	9012414	ELT-1	V300
PRAHA	6C04397	Nazev_2	L2H2	Fiat Ducato	9012415	ELT-1	Thermoking
PRAHA	7C94438	Nazev_3	L3H2	Citroen Jumper	9012416	ELT-1	V350
PRAHA	6C04398	Nazev_4	L2H2	Fiat Ducato	9012417	ELT-1	V350
PRAHA	7C94514	Nazev_5	L3H2	Citroen Jumper	9012418	ELT-1	V350
PRAHA	7C92943	Nazev_6	L3H2	Ford Transit	9012419	ELT-1	Konvekta
PRAHA	8C38459	Nazev_7	L3H2	Citroen Jumper	9012420	ELT-1	V300
PRAHA	6C04696	Nazev_8	L3H2	Ford Transit	9012421	ELT-1	V350
PRAHA	5C11636	Nazev_9	L2H2	Ford Transit	9012422	ELT-1	V200
PRAHA	6C04284	Nazev_10	L3H2	Peugeot Boxer	9012423	ELT-1	V350
PRAHA	7C54011	Nazev_11	L2H2	Ford Transit	9012424	ELT-1	Konvekta
PRAHA	8C42761	Nazev_12	L3H2	Peugeot Boxer	9012425	ELT-1	V300
PRAHA	6C69719	Nazev_13	L3H2	Ford Transit	9012426	ELT-1	V350
PRAHA	7C94515	Nazev_14	L3H2	Citroen Jumper	9012427	ELT-1	V350
PRAHA	6C62262	Nazev_15	L2H2	Fiat Ducato	9012428	ELT-1	V350

Vysvětlení jednotlivých sloupců tabulky:

Pobočka - označení skladu, ze kterého se realizuje přeprava
RZ – registrační značka vozidla
Dopravce – název dopravce
Vozidlo Kat. – kategorie dle velikosti vozidla
Typ Vozidla – výrobní označení
SN čidlo – sériové číslo teplotního čidla
Typ čidla – výrobní označení teplotního snímače
Chl. Jednotka – označení chladícího/topícího agregátu instalovaného ve vozidle

Poslední databází je seznam řidičů, kteří mají oprávnění vykonávat rozvoz zboží. Každý řidič může potvrdit trasu na více vozidlech. Z tohoto důvodu je nutné vést evidenci vozidel a řidičů zvlášť.

Tabulka 5 Databáze řidičů

Řidic Aktivní	Řidic Pobočka	Řidic Jméno	Řidic Příjmení	Řidic Dat 1 Skol
A	PRAHA	Jmeno1	Prijm1	09.08.2005
A	PRAHA	Jmeno2	Prijm2	05.01.2010
A	PRAHA	Jmeno3	Prijm3	09.08.2005
A	PRAHA	Jmeno4	Prijm4	05.01.2005
A	PRAHA	Jmeno5	Prijm5	01.04.2000
A	PRAHA	Jmeno6	Prijm6	05.01.2016
A	PRAHA	Jmeno7	Prijm7	14.05.2016
A	PRAHA	Jmeno8	Prijm8	15.06.2013
A	PRAHA	Jmeno9	Prijm9	12.11.2018

Vysvětlení jednotlivých sloupců tabulky:

Řidic Aktivní – informace, zda může být řidič nasazen do provozu

Řidic Pobočka – označuje pobočku řidiče

Řidic jméno

Rudic příjmení

Řidic Dat 1 Skol – datum, kdy byl řidič proškolen a mohl zahájit práci

3.3.3 Sledování průběhu přepravy

Monitoring průběhu přepravy bude proveden pomocí mobilní aplikace pro operační systém Android. Aplikace bude schopná zaznamenat a přenést informace o průběhu přepravy do cloudové služby. Základním požadavkem je funkčnost služeb i v offline režimu. Parametry trasy budou pomocí cloudového rozhraní nahrány do aplikace v mobilním zařízení. Nutnými podmínkami pro provoz v terénu jsou možnost pracovat i v offline režimu. Úkony na trase, které budou provedeny bez připojení na GSM budou uloženy pro pozdější odeslání. Aplikace musí umět pracovat i s platností tras a mít možnost ověřit autorizovaného řidiče. Dalším požadavkem je možnost vzdálené správy administrátorem, tedy možnost, provádět všechny aktualizace a správu mobilního zařízení vzdáleně. V současné době existuje celá řada zařízení od různých výrobců, nabízející stejné služby, jako mají klasické smartphony.

Základním požadavkem na zařízení jsou následující funkce.

- Operační systém Android = nezávislost aplikace na hardware
- Datová SIM (4G, LTE) = přenos dat přes internet do cloudu

- 2D Scanner (čtení QR kódů a data matrixů)
- Technologii NFC pro ovládání modulu pro měření teplot
- Dostatečná výdrž baterie a odolnost
- Dobíjení ve vozidle
- Vzdálená správa a aktualizace zařízení
- Uživatelský komfort – zařízení tohoto typu lidé již běžně používají
- Přijatelná pořizovací cena
- Možnost výměny nebo servis

Na dnešním trhu je jich na výběr celá řada od různých výrobců. Jako příklad zde uvádím několik zařízení od společnosti Zebra (dříve Symbol). Tyto přístroje splňují podmínky pro náročný provoz.

Obrázek 32 Zařízení Zebra MC36, TC56, TC75 (Zdroj: www,zebra.com)

3.3.4 Přenos teplot během přepravy

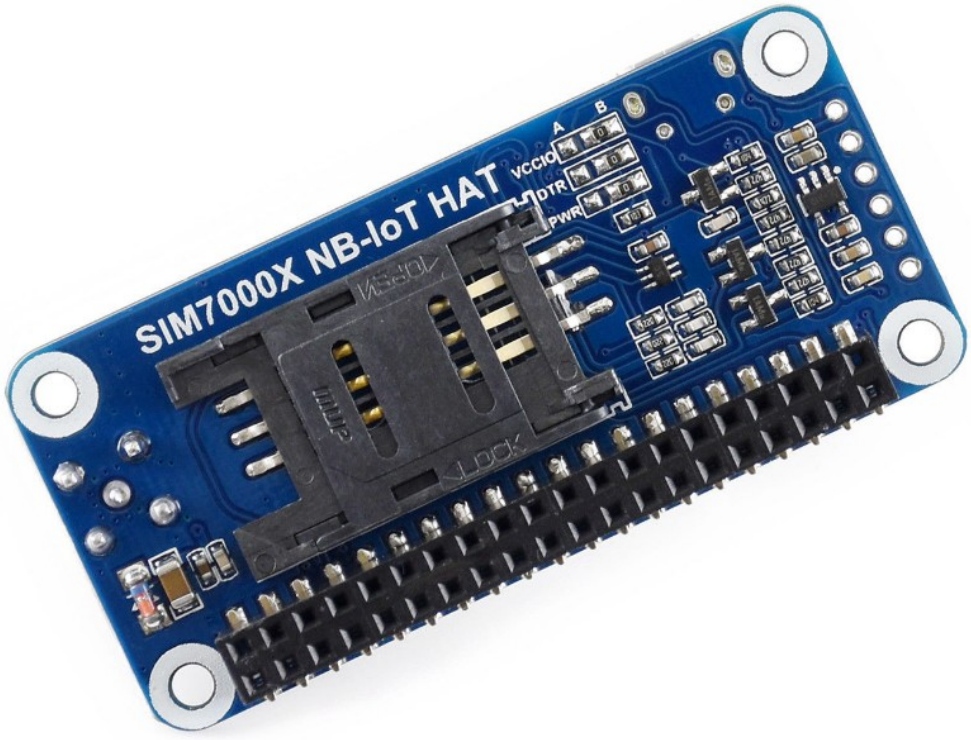
Pro přepravu zboží v teplotním režimu je nutné vozidla vybavit isotermickou vestavbou a klimatizační jednotkou. Klimatizace zajistí optimální přepravní podmínky v nákladovém prostoru ať už pro chlazené zboží (2-8°C), či přepravu ve standardním režimu (15-25°C). V tomto případě však nákladový prostor obsahuje přepravní termobox, aby bylo možné přepravovat oba teplotní režimy současně. Přenosu teplot na centrální uložiště zajišťuje modul pracujíc v síti NB IoT - WS NB-IoT/eMTC/EDGE/GPRS/GNSS HAT for Raspberry Pi SIM7000C. Přístroj sbírá údaje

z termoboxu a z čidla umístěného v nákladovém prostoru a odesílá je v pravidelných minutových intervalech do cloudového uložiště.

Obrázek 33 Pohled do nákladového prostoru vozidla s aktivním termoboxem

Přenos teplot z vozidla do centrálního uložiště je zajištěn pomocí modulu umístěném v termoboxu, který odesílá data pomocí SIM karty do internetové sítě. Výhodou NbIoT sítě je možnost volby buď 2G mobilní sítě, nebo sítě NBIoT. Tato síť má tak mnoho výhod a pro použití do vozidel rozvozové služby je nejvhodnější. Umožňuje totiž přenášet data na veliké vzdálenosti, s čímž ostatní sítě mají problém. Největší dosah má síť LoRa kolem 40 km, ale pro potřeby přenosu dat v rámci celé České republiky i Slovenska to jiná síť neumí zajistit. Data jsou účtována jako běžný datový tarif. Zde nezáleží tolik na rychlosti jako u klasického mobilního internetu, ale více je kladen důraz na výdrž baterie a spolehlivost přenosu. Neomezený sběr dat zajistí detailní přehled o teplotě v obou prostorech během přepravy. Na obrázku níže je modul, který může být přidán k jakémukoliv rozhraní. Obsahuje USB a HDMI vstup pro datové přenosy. Lze k němu připojit i GPS čidlo pro zjišťování polohy. Přijemným zjištěním je, že modul lze pořídit na Ebay do 1000 Kč.

Obrázek 34 Modul pro odesílání dat WS NB-IoT/eMTC/EDGE/GPRS/GNSS HAT for Raspberry Pi SIM7000C (Zdroj: https://www.ebay.com/itm)



Obrázek 35 Pohled na uložení SIM karty v modulu SIM 7000X NB-IOT HAT (Zdroj: https://www.ebay.com/itm)

3.3.5 Mobilní aplikace pro monitorování průběhu přepravy

Pro zaznamenávání úkonů na trase a přehledu o teplotě během přepravy je každý řidič vybaven mobilní čtečkou s aplikací pro dopravu. Aplikace by měla být co nejvíce univerzální, aby ji bylo možné provozovat na libovolném zařízení. Mobilní čtečky, které se používaly například s operačním systémem Windowsphone nedovolovali spustit aplikaci na jiném zařízení. Výhodou platformy Android OS je její obecná známost a možnost provozovat ji na více druzích zařízení. Hlavní činnosti mobilní aplikace pro monitorování průběhu dopravy lze rozdělit do několika skupin:

a) Činnosti před zahájením jízdy

- **Přihlášení řidiče do systému** - nutná autorizace řidiče přes heslo a uživatelské jméno.
- **Spárování mobilní čtečky s teplotním čidlem v chladicím boxu** – řidič má ve vozidle chladicí box s NB IoT čidlem, se kterým musí být čtečka spárovaná, kvůli správnému přiřazení teplot. Po každém přihlášení do aplikace je tedy nutné ověřit sériové číslo komunikačního modulu boxu (dále jen ID boxu).
- **Import dat z ERP systému přes interface** s údaji o trase do čtečky. Řidič obdrží datovou podobu svého jízdního příkazu s detailem odběratelů, počtu kusů obalů a čísla dodacích listů.
- **Nakládka** – řidič při nakládce načte data do čtečky a nakládá již vychystané objednávky. Počet obalů a dodacích listů je předem znám. Nakládka je ukončena načtením posledního obalu.
- **Potvrzení odjezdu na trasu** – při odjezdu stiskne řidič tlačítko START, čímž je spuštěn výčet teplot z čidla v nákladovém prostoru a zároveň trasa dostane čas odjezdu.

b) Činnosti během přepravy

- **Informace o teplotě v nákladovém prostoru vozidla během přepravy**
  Vozidla jsou vybavena systémem pro monitorování teploty během přepravy. Rozvážíme zboží ve dvou teplotních režimech **cold** 2-8 °C a **ambient** 15-25 °C. Naměřené informace jsou každou minutu přenášeny na server pomocí GSM komunikátoru zabudovaného v chladicím boxu. Data o teplotě musí být během přepravy přenášena do čtečky, aby byl řidič informován a mohl reagovat na

teplotní výkyvy. V případě překročení teplotního limitu u jedné, či obou sledovaných skupin teplot, musí být řidič upozorněn alarmem se zvukovou signalizací a chybovou hláškou.

- **Informace o poloze** předává mobilní pomocí GPS lokátoru. Data jsou průběžně odesílána do cloudového uložiště pomocí sítě GSM.

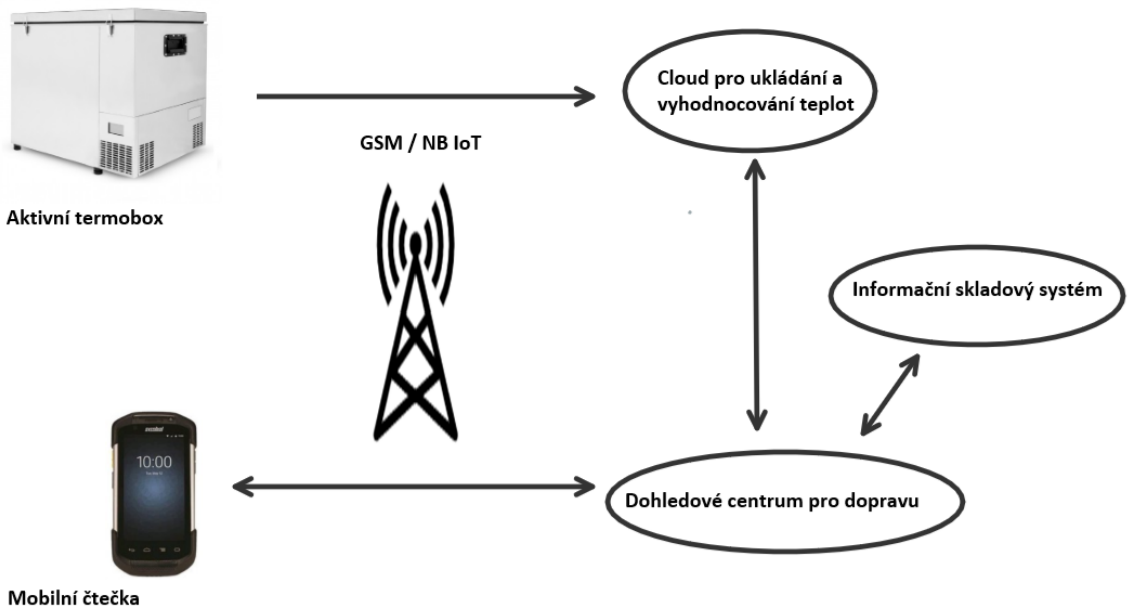
c) Činnosti při dodání zboží na adresu

- **Doručení** – při dojezdu na místo řidič načte čárový kód na dodacím listu a tím zaznamená čas dojezdu. V tento moment je vytvořen záznam o doručení, který obsahuje datum, čas a polohu z GPS vozidla. V databázi jsou pak tyto údaje spojené s údajem o teplotě.
- **Teplotní výpis na displeji čtečky** při doručení zboží. Řidič stiskem tlačítka může ukázat teplotní průběh přepravy od nakládky až po čas doručení. Na displeji čtečky zvolí Teplotní výpis, který ukáže **čas odjezdu na trasu** a **čas dojezdu;** maximální a minimální teploty pro režim **ambient** nebo **cold**. V případě zájmu může dát pokyn na server pro odeslání teplotního výpisu emailem.
- **Potvrzení o doručení** - V případě, že příjemce odsouhlasí teplotní režim, může řidič zahájit vykládku. Načítá jednotlivé obaly dle nastavené konfigurace a nechá si podepsat dodací listy a předávací protokoly. Po posledním načteném obalu je přeprava ukončena statusem – doručeno v pořádku. Systém řidiče při skenování obalů upozorní chybovou hláškou, pokud dojde k vyložení nesprávného obalu na nesprávné adrese.
- **Nedoručená zásilka -** V případě, že je adresát nezastižen, je třeba nějakým způsobem zadat tuto informaci do systému pomocí čtečky. Zboží zůstane jako nedoručené, po návratu na depo je s ním naloženo dle instrukcí zákazníka (opakovaný závoz, storno, apod.). Vše následně dořešuje zákaznický servis se zákazníkem.
- **Poškozené zboží během přepravy** - příjemce může převzít se statusem doručeno poškozené nebo odmítnuto. Zde je třeba zadat komentář důvod odmítnutí (poškozeno, teplota, neobjednáno, doručeno pozdě, jiné + vypsat důvod).

- **Evidence vrácených obalů** – na každé dodací adrese je třeba vyzvednout zapůjčené vratné obaly. Evidence přijatých obalů je prováděna automaticky pomocí typu obalu dodaných na adresu. Saldo obalů má k dispozici každý řidič, buď automaticky při dojezdu na adresu, nebo vyhledáním adresy v seznamu (pro případ, že by je vyzvedával jiný řidič než ten, který zboží přivezl). Na displeji čtečky má řidič k dispozici přehled salda obalů. Vrácené obaly zaeviduje na místě pomocí sejmutí čárového kódu přepravek nebo zápisem jejich počtu do aplikace. V případě, že přepravka obsahuje RF čip, je možné provést vyčtení přepravek pomocí mobilní čtečky se RF snímačem.
- **Evidence vráceného "stahovaného" zboží a reklamací** - občas se z trhu musí stáhnout nějaká šarže léku = vratka (nařizuje SÚKL). Distributor má povinnost tyto léky od lékáren vybírat, ačkoliv se nejedná o jím dodané zboží. Řidič by měl od lékárny obdržet průvodní list pro vratku s čárovým kódem vygenerovaným systémem v lékárně. Další možností je sejmutí data matrixu, pokud se jedná o FMD produkt nebo běžného GTIN kódu na obalu zboží. Načtením kódu provede identifikaci všech kartónů přijatých na adrese. Data se přenesou do cloudového uložiště a později do ERP do složky pro evidenci vratek a reklamací. Při dojezdu na depo řidič použije aplikaci pro vyložení vratek. To znamená, že každý vrácený kus načte kódem a vrátí do určené zóny.
- **Reklamace** - podobný postup jako vratka - rozlišeno pouze tím, že reklamace musí být 24 hodin předem nahlášena, obzvláště pokud se jedná o chlazené zboží. K reklamaci je nutné dodat reklamační protokol opět s identifikačním čárovým kódem. Řidič sejme kód reklamačního protokolu a uloží zboží odpovídajícího teplotního režimu do vozidla. Předá na distribučním centru stejně jako v případě vratky.

3.3.6 Zpracování informací o teplotě z čidel

Zpracování odeslaných teplot probíhá pomocí následujícího schématu. Aktivní termobox zaznamenává pomocí čidla naměřené hodnoty v boxu a v nákladovém prostoru vozidla. V pravidelných intervalech je odesílá do cloudového uložiště, kde dochází ke zpracování naměřených údajů a jejich vyhodnocení. Schéma komunikace mezi zařízeními je na obrázku níže.



Obrázek 36 Schéma přenosu teplot z přepravy do informačního systému

Vstupní data do celého systému zajišťuje aktivní termobox a mobilní čtečka.

a) **Aktivní termobox** je mobilní lednice napájená pomocí 12/24V z elektrické sítě vozidla. Zařízení má vlastní kompresor a vyhřívání, pomocí něhož dokáže zajistit požadovanou teplotu v zimním i v letním období. Měření probíhá s přesností na desetinu stupně Celsia. Režim tohoto boxu má několik fází funkčnosti, jejichž stav je odesílán spolu s naměřenými teplotami na cloudové uložiště. S0_Náběh – box se temperuje na požadovanou teplotu; S1_Box aktivně temperuje vnitřní prostor na požadovanou teplotu; S2_Box pouze měří teplotu okolního prostředí. Přepínač mezi stavy S1 a S2 je umístěn na boxu a řidič jej zvolí před vyjetím na trasu. Stav S0 předchází stavu S1, do kterého se box automaticky přepne po dosažení požadované teploty. Mezi boxem a cloudem pro vyhodnocení teplot probíhá jednosměrná komunikace. Box pouze vysílá data a nedostává informace zpět z cloudu.

b) **Mobilní čtečka** slouží k zaznamenání úkonů na trase a k zobrazení teploty během přepravy. Řidič po zahájení trasy odešle informaci do dohledového centra, které vydá pokyn k zasílání teplot zpět na čtečku. Při vykládce zboží je změřen čas od zahájení do vyložení. Tím je definovaná doba přepravy, která se zobrazí na teplotním výpisu. Čtečka provozuje obousměrnou komunikaci, při které nějaké informace dostává a nějaké odesílá.

Informace o teplotě jsou na straně Dostat_informaci (GET_INFO)

Teplota během přepravy je na čtečku zasílána ve zvoleném intervalu. Aktualizace probíhá formou tzv. push notifikací, které nesou příznak, zda teplota v prostoru odpovídá nastaveným kritériím.

Přehled o teplotě hlásí čtečka pomocí zvuku a podbarvení teplotního údaje na displeji zařízení. Stav V1_Teplota ve stanovených mezích; V2_ Teplota překročila nastavenou mez; V3_Teplota výrazně nastavila překročenou mez. Nastavení doby a hodnoty pro jednotlivé stavy lze měnit v cloudu pro vyhodnocení teplot.

Teplotní výpis – je možné provést buď ukázáním maximální a minimální teploty během přepravy přímo na obrazovce čtečky nebo na vyžádání zaslat výpis zákazníkovi na email. Veškeré tyto služby zajišťuje dohledové centrum pro dopravu.

Informace o úkonech na trase, které jsou popsané v kapitole Mobilní aplikace pro monitorování průběhu přepravy, jsou na straně Odešli_informaci (POST_INFO).

c) Cloud pro ukládání a vyhodnocování teplot

Na této úrovni probíhá databázové zpracování teplotních údajů z aktivních termoboxů. Přijaté teploty jsou ukládány v databázi, kde zároveň probíhá jejich vyhodnocování. Na základě nastavených kritérií pro daný termobox jsou ke každému údaji z teplotního čidla ukládány údaje o času pořízení a stavové příznaky dle uživatelského nastavení. Zejména je nutné nastavit limity pro Stav V1_Teplota ve stanovených mezích; V2_ Teplota překročila nastavenou mez; V3_Teplota výrazně nastavila překročenou mez. Z tohoto cloudu jsou data exportována do dohledového centra pro dopravu. Box zároveň vysílá informace o svém stavu S0-2, které se ukládají k teplotám. Z nich je pak možné vyčíst v jakém stavu byl box v době havárie.

d) Dohledové centrum pro dopravu

Na tomto místě se propojují informace ze tří kanálů. Skladový informační systém sem zasílá jízdní příkazy, počty obalů a jednotlivé dodací listy. Do

skladového systému jsou posílány informace o doručení jednotlivých objednávek. Mobilní čtečky odtud získávají jízdní příkazy, počty obalů a jednotlivé dodací listy. Zároveň jsou odsud odesílány teplotní informace z konkrétního boxu pro konkrétní čtečku. Probíhá zde obousměrná komunikace s cloudem pro vyhodnocování teplot. Součástí dohledového centra je uživatelský infopanel. Uživatel má možnost v reálném čase vidět, které trasy právě odstartovaly a sledovat průběh doručení a informace o teplotě online. Do tohoto panelu jsou promítané stavy boxu a stavy teplot z cloudu pro vyhodnocení teplot.

V1_Teplota ve stanovených mezích – zelená barva
V2_ Teplota překročila nastavenou mez – oranžová barva
V3_Teplota výrazně nastavila překročenou mez – červená barva
Údaj zcela chybí – červená barva + vykřičníky (!!!)

Řazení údajů v tomto reportu je podle priorit.
Trasy ukončené čtečkou se nezobrazují. Zobrazená trasa dostane příznaky podle následujících priorit. Jednotlivá kritéria se mezi sebou vynásobí. Nejvyšší číslo z daného řádku se zobrazí nahoře v tabulce. Smyslem je, aby uživatel viděl problematické přepravy jako první a mohl tak začít reagovat na incidenty.

Stav	Hodnota	Popis
NO DATA	5	Data nedorazila
ČAS OD TEĎ > 15 MIN	5	Teplota je starší než
COLD HAV	4	Teplota mimo meze
COLD ALARM	3	Teplota mimo meze
AMBI HAV	3	Teplota mimo meze
AMBI ALARM	2	Teplota mimo meze
TEPLOTA V NORMÁLU	1	Žádoucí stav
ČAS OD TEĎ < 15 MIN	1	Žádoucí stav

Dohledové centrum pro dopravu	05.03.2019 0:00		Pobočka	PRAHA

COLD+AMBI Aktivní trasy s chlazeným a ambientním zbožím

Uzavření	Trasa	Odjezd	Jizdni prikaz	Zastávka	BOX	COLD	AMBIENT	ČAS	RZ	ŘIDIČ
10:05	KOLIN	11:07:55	10	Název1	9012414	12,5	35,6	23:57	6C04818	jmeno
10:10	PRAHA1	10:58:37	11	Název2	9012415	14,7	24,7	23:55	6C04397	jmeno
10:15	MELNIK	10:58:45	12	Název3	9012416	8,6	20,4	23:51	7C94438	jmeno
10:20	SVITAVY	11:05:28	13	Název4	9012417	!!!	!!!	!!!	6C04398	jmeno
10:25	PRAHA6	11:21:17	14	Název5	9012418	4,4	18,2	23:47	7C94514	jmeno
10:30	BEROUN	11:53:53	15	Název6	9012419	4,8	17,1	23:52	7C92943	jmeno
10:35	KRALUPY	13:02:37	16	Název7	9012420	5,2	16	23:49	8C38459	jmeno
10:40	ŘÍČANY	!!!	17	Název8	9012421	5,6	14,9	23:48	7C91372	jmeno
10:45	NERATOVICE	!!!	18	Název9	9012422	7,8	33,6	23:57	7C89801	jmeno
10:50	PRAHA10	11:51:28	19	Název10	9012423	6,4	!!!	23:47	8C38460	jmeno
10:55	PRAHA5	11:43:55	20	Název11	9012424	6,8	11,6	23:57	7C88230	jmeno

Tabulka 6Dohledové centrum pro dopravu

Vysvětlení jednotlivých sloupců tabulky:

Uzavření – čas tisku přepravních dokladů

Trasa – název trasy

Odjezd – čas zahájení jízdy

Jízdní příkaz – číslo jízdního příkazu

Zastávka – poslední vyložený odběratel

BOX – číslo boxu

COLD – teplotní údaj pro přepravní režim 2-8 °C

AMBIENT – teplotní údaj pro přepravní režim 15-25 °C

ČAS – přijetí údaje o teplotě

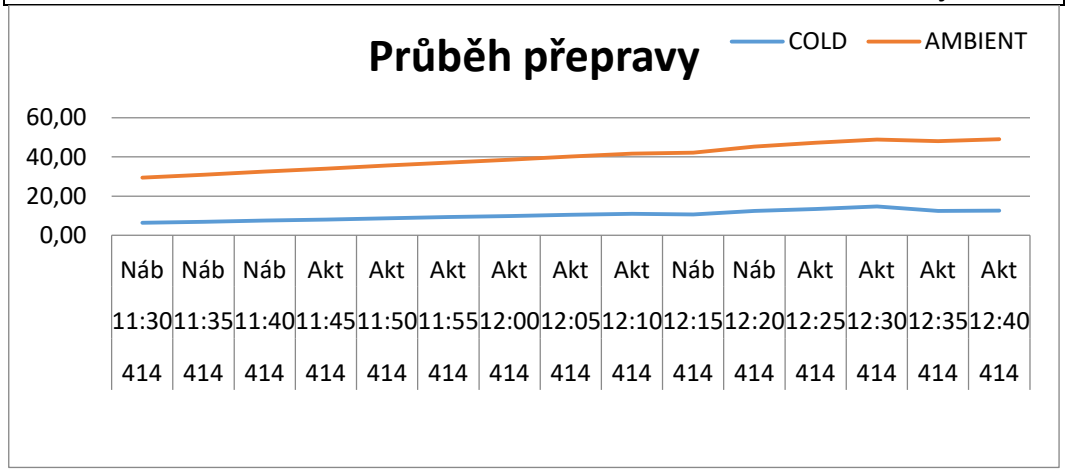
RZ – registrační značka vozidla

ŘIDIČ – jméno a příjmení řidiče

Nedílnou součástí obrazovky pro online monitoring tras a teplot je systém pro záznam teplotních odchylek. Každá trasa je zaznamenaná ve formátu čas začátku a konce, seznam odběratelů a teplota zaznamenaná během přepravy. Při dotazu na teplotní výpis je tedy možné vyhledávat podle data a názvu trasy, čísla jízdního příkazu, odběratele nebo dokladu. Systém pomocí databázového dotazu zobrazí požadované hodnoty. Výpis je možné uložit do formátu PDF a odeslat pomocí emailu zákazníkovi. Informace o průběhu přepravy obsahuje graf s teplotními údaji. K jednotlivým dokladům je přenesena informace ze skladového systému o teplotním režimu, ve kterém má být

zboží přepravováno. V případě, že doklad obsahuje LED – zboží musí být převáženo v režimu 2-8°C. V dohledovém centru pak dojde k vyhodnocení, zda byla teplota od začátku trasy do vyložení danému odběrateli v požadovaných mezích. Pokud ano, zobrazí se OK, pokud nebyla, zobrazí se příznak, zda se jednalo z pohledu kvality pouze o alarm – ALM nebo byla teplota výrazně překročena do stavu havárie – HAV. V případě, že je zboží už předáno, zobrazí se čas předání. Pokud je ještě na trase, zobrazuje se ve stavu na cestě.

Uzavření	BOX	Trasa	Odjezd	Jizdni prikaz	RZ	ŘIDIČ
11:05:00	9012414	KOLIN	11:07:55	10	4AN0005	jméno



Pob	Doklad	Odběratel	LED	DOJEZD	Teplota COLD	Teplota AMBI
PR	900058/18	Apatyka	ANO	na cestě	N/A	N/A
PR	900057/18	Apatyka	NE	na cestě	N/A	N/A
PR	900047/18	Apatyka	NE	na cestě	N/A	N/A
PR	900056/18	Apatyka	ANO	na cestě	N/A	N/A
PR	900058/18	Mojepharma	ANO	12:05	HAV	HAV
PR	900057/18	Mojepharma	NE	12:05	OK	OK
PR	900056/18	Mojepharma	ANO	12:05	HAV	HAV
PR	900047/18	Mojepharma	NE	12:05	OK	OK
PR	200040/18	Mojepharma	NE	12:05	OK	OK
PR	900058/18	Tvojepharma	ANO	11:56	ALM	ALM
PR	900057/18	Tvojepharma	NE	11:56	OK	OK
PR	900047/18	Tvojepharma	NE	11:56	OK	OK
PR	900056/18	Tvojepharma	ANO	11:56	ALM	ALM

Tabulka 7 Informace o průběhu přepravy

Vysvětlení jednotlivých sloupců tabulky:

Pob - pobočka

Doklad - číslo dokladu

Odběratel - název

LED - režim přepravy

DOJEZD	- čas doručení
Teplota COLD	- stav teploty
Teplota AMBI	- stav teploty

e) Informační skladový systém

Pro úplnost informací je potřeba zajistit přenos informací zpět do skladového systému. Každá objednávka musí dostat příznak o stavu doručení všech dodacích listů. Status je rozlišován na úrovni expedováno, doručeno a nedoručeno. Ke všem těmto fázím by bylo pak možné získat informaci o teplotě během přepravy. Ve skladovém informačním systému není informace uložena celá, ale pouze její status. Status určuje, zda byla teplota a termín dodání dodržen. Odsud je pak možné data přenášet dále do blockchainu. Na tento výstup pak může být navázán účetní systém a další funkce.

Závěr

Hlavním přínosem sledování přepravy v reálném čase je zvýšení bezpečnosti a zabránění možným škodám ještě dříve, než dosáhnou kritické hodnoty. Vývoj a následná výroba léků je velmi nákladná činnost a z tohoto důvodu hledají výrobci spolehlivé dodavatelské řetězce, které zajistí, aby jejich produkty neutrpěly během cesty újmu. Internet věcí nám dává možnost přehledu a získávání informací, které dosud nebyly možné. Dříve bylo nutné vše archivovat ručně v papírové podobě. Informace tak byly obtížně dostupné, a ne zřídka se stávalo, že chyběly úplně.

Dnes už díky IoT a technologiím blockchainu stačí informaci zachytit a její uchování a zpracování může proběhnout automaticky. Stroje mezi sebou budou vyrábět informační a komunikační sítě s možnostmi, které naleznou využití napříč všemi odvětvími. Dnes existují překážky v logistickém řetězci, kterými mohou být stejné informace zapsané v jiné podobě. Do budoucna po zavedení standardů by již neměl být problém poslat s jednou etiketou zásilku z Evropy do USA přes několik přepravních společností. Lze si představit i situaci, kdy budou existovat vyhledavače nejlevnějšího a nejrychlejšího spojení podobně jako je tomu dnes u letenek. Různé vyhledávače dokážou spojit lety leteckých společností tak, aby na sebe navazovali, ale cena byla co nejnižší. Informace o poloze, teplotě a dalších provedených akcí bude možné sbírat z různých čidel pracujících v různých komunikačních sítích.

Lze očekávat, že velké technologické společnosti jako je IBM, Samsung a Siemens budou rozvíjet oblasti internetu věcí a ten se tak bude dostávat blíže do života obyčejných lidí. Internet věcí budeme stále častěji nacházet v domácí elektronice, v autech a na našich pracovištích. Kyber-fyzikální systémy nás tak budou čím dál tím více obklopovat.

4 Použité zdroje

1. BENEŠ, P. (02. 02 2016). Projekty a technologie pro chytrý svět. [Článek], Sdělovací technika, spol s.r.o., 02. 02 2016. - ISSN 0036-9942.
2. ČAPEK, D. (Prosinec 2017). Big data slouží ke zefektivnění přepravního řetězce. Systémy logistiky. Praha : Economia, a.s., Prosinec 2017. - Ročník XXII. - 12.
3. ČERNÝ, M. (Prosinec 2018). SSCC: Harmonizace evropských balíkových přeprav na dosah. GS1 Info. Prosinec 2018. - číslo 54.
4. ČUJAN, Z. (2012). Obalová technika a identifikace. Přerov: Vysoká škola logistiky o.p.s. v Přerově, ISBN 978-80-87179-18-5.
5. GROS, I. (2016). [Kniha]Velká kniha logistiky, Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, ISBN, 8070809523; 9788070809525
6. HRSTKA, J. (03 2016). Vize připojené silniční infrastruktury a připojených aut. Sdělovací technika. [Článek], Sdělovací technika.
7. KAGERMANN, H., WAHLSTER, W., & HELBIG, J. (02.04.2019). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 [Online] Získáno 03. 11 2017, z Final report of the Industrie 4.0 Working Group: http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf
8. KOPP, J. (2017). Analýza trendů v podnicích s důrazem na průmysl 4.0, Vysoká škola ekonomická v Praze.[diplomová práce]
9. KOTHARI, B. (27. 02 2019). BiTAS Tracking Framework Data Profile. Získáno 23. 03 2019, [Online] z https://www.bita.studio/standards.
10. KRÁL, J. (2006). Senzory v mechatronických soustavách. [Část knihy]V L. a. MAIXNER, Mechatronika. Brno: Computer Press. ISBN 80-251-1299-3
11. MAŘÍK, V. (2016). Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku. Praha: Management Press, ISBN 978-80-7261-440-0
12. ROSULEK, M. (30. 03 2019). [Online] btctip.cz. Načteno z https://btctip.cz/jak-blockchain-zmeni-budoucnost-internet-of-things/

13. Blog IBM. (02. 04 2019). [Online] , Získáno z www.ibm.com: https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2018/12/what-are-the-use-cases-for-blockchain-tech-in-healthcare/
14. GS1, Čárové kódy a identifikace. [Online] Získáno 10. 02 2019, z Old.gs1.cz.org: http://old.gs1cz.org/carove-kody/
15. GS1, Stručná historie čárových kódů ve světě. [Online] Získáno 07. 02 2019, z http://old.gs1cz.org/o-nas/o-gs1-czech-republic/historie-kodu-ve-svete/
16. CTU.CZ, [Online] Získáno 02. 04 2019, z https://www.ctu.cz: https://www.ctu.cz/cislovaci-plan-verejnych-datovych-siti,
17. Chytryhonza.cz, Načteno z https://www.chytryhonza.cz/9385. [Online] Získáno 15. 04. 2019.
18. Peak. cz, [Online] Získáno 22. 03 2019, z https://www.peak.cz/krok-za-krokem-vse-o-blockchainu-na-co-jste-se-mozna-bali-zeptat/.
19. Peak.cz, [Online] Získáno 10. 04 2019, z zhttps://www.peak.cz/technologie-blockchain-a-kouzla-s-ni-v-oblasti-logistiky/.
20. Systémy online.cz, [Online], Získáno 25. 03. 2019, z https://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/blockchain-v-retailu-a-logistice.htm.
21. Trinstruments.cz, [Online], Získáno 06.04.2019, z http://www.trinstruments.cz/bezdratovy-iot-sigfox-teplomer-a-vlhkomer-s-vestavenym-cidlem-comet-w3810

4.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 Schéma inteligentního senzoru 18
Obrázek 2 Příklady bezdrátových snímačů, pracujících v síti SigFox 18
Obrázek 3 Schéma přenosu informace pomocí Sigfox v síti Comet. 19
Obrázek 4 Volkswagen MARTA Augmented Reality Service Support..... 20
Obrázek 5 Testovací prostředí pro VR od SAP 21
Obrázek 6 Schéma využití MQTT sítě 27
Obrázek 7 Schéma vzdáleností přenosu dat podle jednotlivých frekvencí 28
Obrázek 8 GTIN-13 32
Obrázek 9 GS1 Data Matrix 32
Obrázek 10 QR Code 33
Obrázek 11 SSCC 33
Obrázek 12 Ukázka jednodruhové SSCC etikety 34
Obrázek 13 Schéma logistického toku s využitím systému GS1 36
Obrázek 14 Princip RFID 37
Obrázek 15 Rozdělení UHF frekvencí ve světě 38
Obrázek 16 RFID brána s UHF pásmem 39
Obrázek 17 Standardizovaný JSON string 45
Obrázek 18 Struktura logistického blockchainu 46
Obrázek 19 Struktura jednotek v blockchainu 47
Obrázek 20 Příklad 2D kódu na obalu léku 51
Obrázek 21 Obsah 2D kódu 52
Obrázek 22 Kamerové čtečky 52
Obrázek 23 Porovnání velikosti čárového kódu a data matrixu 52
Obrázek 24 Ochranná přelepka 53
Obrázek 25 Schéma logistického toku při distribuci léčiv 53
Obrázek 26 Využívání systému GS1 v Evropě 55
Obrázek 27 Vychystávací automat typu A 60
Obrázek 28 Dopravní pás uvnitř automatu 61
Obrázek 29 Na konci pásu padají léky do přepravky 61
Obrázek 30 Přepravní kontejner s RF tagem 62
Obrázek 31 Příklad RFID brány na expedici 62
Obrázek 32 Zařízení Zebra MC36, TC56, TC75 67

Obrázek 33 Pohled do nákladového prostoru vozidla s aktivním termoboxem 68
Obrázek 34 Modul pro odesílání dat WS NB-IoT/eMTC/EDGE/GPRS/GNSS HAT for Raspberry Pi SIM7000C (..... 69
Obrázek 35 Pohled na uložení SIM karty v modulu SIM 7000X NB-IOT HAT 69
Obrázek 36 Schéma přenosu teplot z přepravy do informačního systému..... 73
Obrázek 37 RFID čip pro Decathlon 86

4.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 Přehled frekvencí pro RFID 38
Tabulka 2 Přehled uzavřených jízdních příkazů 63
Tabulka 3 Detail jízdního příkazu s údaji o zákaznících 64
Tabulka 4 Databáze vozidel 65
Tabulka 5 Databáze řidičů 66
Tabulka 6 Dohledové centrum pro dopravu 76
Tabulka 7 Informace o průběhu přepravy 77

4.3 Seznam příloh

Příloha č. 1 Typový příklad využití RFID - Decathlon……..86
Příloha č. 2 Typové příklady využití blockchain……88
Příloha č. 3 Aktuality z internetu……....91

Příloha č. 1 Typový příklad využití RFID - Decathlon

Názornou ukázkou fungování obchodního řetězce, který kompletně využívá RFID technologie je francouzský obchod se sportovními potřebami DECATHLON. Firma je jedním z největších celosvětových prodejců. Každý rok prodá přibližně 600 milionů produktů ve své síti více než 900 prodejen v Evropě, Africe, Jižní Americe a Asii. Hlavním cílem společnosti bylo dostupnost produktů a předcházení situacím, kdy prodavač nemůže najít požadované zboží. Vedení společnosti se tedy rozhodlo nasadit RFID čipy na všechny jejich výrobky. Jak se později ukázalo, bylo to dobré rozhodnutí už jen díky zrychlení odbavení zákazníků na pokladně. DECATHLON zahájil implementaci čipů v roce 2013 ve výrobních závodech produkující výrobky jejich značky. Bylo nutné vybavit všech 40 distribučních center novými technologiemi a všechny prodejny potřebnou technologií. Čip implementovaný během výroby tak zajistí cestu výrobku až do cílové prodejny. Výrobky jsou sledovány během celé cesty, což poskytuje velmi dobrou zpětnou vazbu o logistických tocích. Problém v takovém případě tvoří produkty, které nemají označení z výroby. Ty jsou dodatečně označovány čipy až v jednom z distribučních center.

Decathlon používá pro označení produktů ostatních dodavatelů na zakázku vyvinuté štítky Tageos 100 % o velikosti 54 x 34 mm vyrobené z papíru EOS-300 Monza R6-P RFID. Štítek je dodáván formou oboustranné nálepky. Jedna strana je prázdná a určená pro potisk informací. Druhá strana je určená pro čtení optickou čtečkou či pouhým okem.

Obrázek 37RFID čip pro Decathlon (zdroj: http://www.wikiwand.com/en/Radio-frequency_identification)

Pro účely označování produktů vyvinuly speciální způsob tisku štítků, které jsou uloženy v krabicích po 8000 kusech. Do tiskárny jsou založeny dvě krabice, u kterých je pouze odstraněno víko a spuštěna tisková úloha pro 16 000 štítků s vlastním kódem.

Pro načítání jsou využívány mobilní čtečky a čtecí tunely, které zajistí, aby se správné zboží dostalo na správné místo ve správném čase. Vyskladnění a umístění zboží do regálů je také zajištěno pomocí RFID. Velkým přínosem je tato technologie zejména v oblasti inventarizace zboží. Zaměstnanci v prodejnách provádí několikrát denně skenování všech sektorů s cílem zjistit, zda nedochází ke krádežím. Technologie čipů není všemocná. Přenosu signálu mezi přijímačem a vysílačem může bránit např. kov. Někdy jsou tedy při krádežích využívány hliníkové fólie, které mohou signál přerušit. Z hlediska bezpečnosti je tato technologie lepší než klasické označení zboží čárovým kódem, na které se stejně musí přidávat RF čip.

Odbavení zákazníka na pokladně probíhá také celé najednou. Všechny produkty jsou umístěny do koše u pokladny, ve kterém je čtecí zařízení. Dojde k načtení všech kódů a po zaplacení k vymazání čísel zboží z databáze neprodaných výrobků z prodejny. Zákazník, který provedl platbu, tak může opustit prodejnu bez obav ze spuštění alarmu na bezpečnostním rámu u východu.

Jako hlavní výhodu ve využití technologie vidím snížení časové náročnosti na jednotlivé operace.[27]

[27] Zdroj: https://www.cisper.nl/decathlon-uses-rfid-to-identify-millions-of-items-worldwide/

Příloha č. 2 Typové příklady využití blockchain

Případ č. 1: Sledovatelnost léčiv - Případy použití ve zdravotnictví
Padělání je významným problémem ve farmaceutickém průmyslu (týká se zejména USA). Zde jsou některé údaje odhalené organizací pro financování výzkumu v oblasti zdraví:

- 10 až 30 % léčiv prodávaných v rozvojových zemích je padělaných;
- Trh s padělanými léky stojí 200 miliard dolarů ročně;
- Internetový prodej padělaných léků představuje 75 miliard dolarů celkového trhu;
- Většina padělaných léků se vyrábí buď v Indii, nebo v Číně;
- Od roku 2014 bylo po celém světě paděláno asi 60 různých léčiv a přípravků značky Pfizer;
- WHO odhaduje, že 16 % padělaných léků obsahuje nesprávné složky, zatímco 17 % obsahuje nesprávné množství nutně nutných složek.

Hlavním problémem s falešnými léky není fakt, že jsou falešné, ale spíše že se mohou kvantitativně a kvalitativně lišit od originálního produktu. Mnozí z nich totiž nemají aktivní složky, o nichž tvrdí, že mají. To může být zvláště nebezpečné pro pacienty, kteří užívají padělaný lék, protože nebude léčit nemoc, kterou má léčit.

Kromě toho, pokud jsou složky a dávky odlišné, může produkt vyvolat neočekávané vedlejší účinky, které mohou vést k smrti. Z ekonomičtějšího hlediska představuje padělání léků roční ztrátu ve výši 10,2 miliardy eur pro evropský farmaceutický sektor a 37700 pracovních míst je ztraceno, protože výrobci zaměstnávají méně lidí, než by tomu bylo v případě, že by falešné léky neexistovaly.

Produkt IBM Blockchain

Hlavní charakteristikou technologie blockchain, která je užitečná pro sledovatelnost léků, je bezpečnost. Každá nová transakce přidaná do bloku je neměnná a časově označená, takže je snadné sledovat produkt a zajistit, aby informace nemohly být změněny.

Blockchain může být veřejný nebo soukromý. Aby se zajistila autentičnost a sledovatelnost léků, musí být společnosti, které registrují produkt do blockchainu, důvěryhodné. Proto jsou logické pouze soukromé blockchainy kontrolované centrálním subjektem, aby bylo zajištěno, že padělky nebudou registrovány. Přístup společnosti k „lékovému bloku“ by proto byl důkazem, že léky, které produkují, jsou autentické.

Farmaceutické společnosti rozhodují, kteří aktéři dodavatelského řetězce působí jako producenti. Mohou to být výrobci, distributoři nebo maloobchodníci. V závislosti na postavení v dodavatelském řetězci by každá osoba mohla mít různá práva: laboratoře mohou registrovat léky, zatímco velkoobchodníci mohou pouze ověřovat transakce.

Když se vyrábí lék, je vytvořen hash, který obsahuje všechny relevantní informace o produktu. Pokaždé, když se lék přesune od jednoho subjektu k druhému (např. od výrobce k distributorovi), informace jsou uloženy na bloku, což usnadňuje sledování léku (v Evropě je dnes zavedeno FMD).

Jedním z hlavních problémů v dnešní době je, že neexistuje žádný soulad mezi systémy používanými ke sledování léků. Zúčastněné strany v dodavatelském řetězci mají neúplnou informaci o původu a určení produktů, které dostávají. Představte si dodavatelský řetězec jako puzzle, kde každý hráč vlastní kousek skládačky.

Většinu času je těžké dát puzzle dohromady, což umožňuje falešnému léku vstoupit do řetězce a dostat se k pacientovi. S technologií blockchain je každý kus puzzle uložen bezpečným způsobem, přičemž každý účastník přidává kus puzzle, jak lék prochází v rámci dodavatelského řetězce. V každém kroku je možné vidět celou sestavenou skládačku a mít důvěryhodnou představu o historii výrobku.

Kromě toho, pokud je zjištěn problém a musí být odebrána závadná dávka z trhu, technologie blockchain usnadňují společnosti najít své výrobky, a tudíž se vyvarovat jakýchkoli komplikací.

Technologie Blockchain napomáhají dvěma hlavním otázkám, pokud jde o sledovatelnost léků: v první řadě umožňuje společnostem sledovat své produkty v dodavatelském řetězci a vytvořit vzduchotěsný okruh, nepropustný pro padělky. Za druhé umožňuje zúčastněným stranám, a zejména laboratořím, přijmout opatření i v případě problému a zajistí jejich přesnou lokalizaci.[28]

Případ č. 2 – Spolupráce IBM a Maersk při sledování námořních kontejnerů

Cílem projektu, který je již několik let v plném provozu, byl systém pro bezpapírové sledování kontejnerů ve všech destinacích, kde Maersk působí, s digitalizací celého procesu jejich odbavování.

Zásadní výhodou je naprostá transparentnost informací o stavu a pozici každého kontejneru všem zúčastněným stranám (dodavatelé, dopravci, celní orgány, banky, přístavní autority, pojišťovny a odběratelé).

Zároveň jde o velice bezpečný způsob jejich sdílení, kdy každá zúčastněná strana má k dispozici pouze pro ni určenou část informace. Elektronická forma dopravních dokumentů zabraňuje jejich falšování a zmenšuje prostor pro chyby nebo účelové modifikace (například v případě zpoždění termínů dodání s navazujícími sankcemi).

Důvěryhodnost vložených informací je díky použité technologii přitom taková, že pouhá existence záznamu v blockchainu je dostačující důvod (důkaz) pro pokračování navazujících kroků logistického procesu, bez nutnosti dokládání dané skutečnosti a stavu kontejneru pomocí papírového dokladu.[29]

[28]https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2018/12/what-are-the-use-cases-for-blockchain-tech-in-healthcare/

[29] Citace on-line [30-03-2019], web https://www.peak.cz/technologie-blockchain-a-kouzla-s-ni-v-oblasti-logistiky/

Příloha č. 3 Aktuality z internetu

IBM a Samsung chtějí společně naplnit vizi **ADEPT**, kdy jednotlivá zařízení budou autonomně funkční právě pomocí decentralizované sítě internetu věcí. To může také znamenat, že zařízení nejen ohlásí zaznamenanou poruchu, ale dokáží samy vše zorganizovat tak, aby tato porucha byla opravena. V současné chvíli nepotřebujeme větší inteligenci od jednotlivých zařízení, potřebujeme je jen propojit, aby mezi sebou mohly efektivně a bezpečně komunikovat. Jakmile se tak stane, naše životní úroveň se posune o úroveň výše. https://www.slideshare.net/_hd/ibm-adept

Filament je startup (podpořený investicí od Verzion Ventures a Samsung Ventures), který poskytuje IoT hardware a software pro zemědělství, průmyslovou výrobu, těžbu a zpracování ropy. Obrovskou výhodou je funkčnost v jakkoli odlehlém prostředí, které nemá přístup k mobilnímu či WiFi připojení (ropné plošiny, plantáže daleko od moderní civilizace, atd.). https://filament.com/

Startup TilePay zareagoval na problematiku sdílení osobních údajů netradičně. Umožňuje uživatelům připojit jejich IoT a prodávat svá data. Trh s informacemi se díky IoT neuvěřitelně rozšiřuje a do budoucna bude platit více než kdy jindy, že informace jsou peníze. https://angel.co/tilepay-1

Budoucnost IoT

Blockchain představuje nepochybně slibný článek do naší budoucnosti internetu věcí, avšak zároveň neustále vznikají nové otazníky, zda vše bude fungovat tak, jak inženýři a inovátoři předpokládají a jejich teorie predikují. Je potřeba si uvědomit, že jsme stále v ranném stádiu vývoje blockchainu a změna bude postupná ("postupně a pak náhle"). https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2018/12/what-are-the-use-cases-for-blockchain-tech-in-healthcare/

Autor (vypracoval)	Pavel Zourek
Název DP	Koncept internetu věcí v logistice
Studijní obor	Logistika
Rok obhajoby DP	2019
Počet stran	*69*
Počet příloh	3
Vedoucí DP	doc. Dr. Ing. Oldřich Kodym
Oponent DP	
Anotace	Představení základních pojmů z oblasti průmyslu 4.0. Rozdělení kyber-fyzikálních systémů. Vysvětlení pojmu internet věcí a představení bezdrátových sítí pro jeho provoz. Identifikace zboží pomocí čárových kódů a RFID. Představení nařízení proti padělání léčiv pomocí data matrixu. Vysvětlení pojmu blockchain a jeho využití v logistice. Koncepce pro sledování teplot a průběhu přepravy v reálném čase. Možnosti využití dat v blockchainu.
Klíčová slova	Průmysl 4.0, Kyber-fyzikální systémy, Internet věcí, senzory, identifikace zboží, Falsificate Medicine Directive (FMD), blockchain.
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	