

Vysoká škola logistiky o.p.s.

Koncept Internetu věcí v logistice

(Bakalářská práce)



Vysoká škola
logistiky
o.p.s.

Zadání bakalářské práce

student **David Kolmaš, DiS.**

studijní program Logistika
obor Informační management

Vedoucí Katedry bakalářského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v bakalářském studijním programu určuje tuto bakalářskou 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 chytrého senzoru pro sledování vybraných fyzikálních vlastností. Navržené řešení zhodnotit.

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.

Bakalářskou 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: 35 – 40 normostran textu

Seznam odborné literatury:

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

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

Mařík, V. a kol.: Průmysl 4.0 - Výzva pro Českou republiku. Management Press 2016, ISBN:
978-80-7261-440-0

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Dr. Ing. Oldřich Kodym

Datum zadání bakalářské práce:

31. 10. 2018

Datum odevzdání bakalářské práce:

4. 5. 2019

Přerov 31. 10. 2018



Ing. et Ing. Iveta Dočkalíková, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivan Hlavoň, CSc.
rektor

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská 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 bakalářskou 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 bakalářské 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 bakalářská 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 bakalářské 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 bakalářské práce, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 4. 5. 2019

.....

podpis

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat doc. Dr. Ing. Oldřichu Kodymovi za odborné vedení a dohled nad mou prací, možnosti osobních konzultací a jeho čas. Dále také všem respondentům, kteří mi poskytli k mé práci potřebné informace a podklady.

Anotace

Účelem této práce je seznámit se s problematikou nástupu elektrotechniky a logistiky. Pochopit tak důležitost a možnosti tzv. čtvrté průmyslové revoluce, která je řešeným tématem posledních let a nabízí možnosti šířící se všemi obory včetně logistiky. U všech těchto oborů uplatníme nové technologie, ať už v robotizaci, virtuální realitě, či co se sběru dat týče. Jsou zde vysvětleny jednotlivé problematiky týkající se Internetu věcí a jeho využití, možnosti komunikace v této síti a využití senzorů v průmyslovém odvětví IoT. Rozbor jednotlivých senzorů a jejich parametrů a pochopení funkce tříosého gyroskopu, je klíčové pro praktický výstup této práce. Tím je aplikace senzoru MPU-6050 v logistice.

Klíčová slova

Průmysl 4.0, Internet věcí, senzor, manipulační jednotka

Annotation

The purpose of this thesis is to get acquainted with the problems of the onset of electrical engineering and logistics. Understand the importance and possibilities of the fourth industrial revolution, which is a hot topic of recent years. For all these fields, we apply new technologies in robotics, virtual reality, or in data capture for any subsequent use. Here are explained individual issues related with Internet of Things and its use. Possibilities of communication in this network and utilization of sensors in IoT. The subsequent analysis of individual sensors and their parameters, including the understanding of the function of the three-axis gyroscope, is crucial for the practical output of this thesis which is application of MPU-6050 sensor in logistics.

Keywords

Industry 4.0, Internet of Things, sensor, handling unit

Obsah

Úvod	10
1 Logistické pojmy a procesy.....	11
1.1 Fáze logistiky	11
1.2 Terminologické minimum.....	13
1.2.1 Logistický řetězec	13
1.2.2 Synergický efekt	13
1.2.3 Logistický systém	14
1.2.4 Logistický management.....	14
1.2.5 Logistické cíle.....	14
1.2.6 Logistické náklady.....	15
1.2.7 Zákazník.....	15
1.2.8 Manipulační jednotka	15
1.2.9 Logistické služby	16
1.3 Logistické procesy	16
2 Průmysl 4.0.....	18
2.1 Čtyři průmyslové revoluce	18
2.2 Národní iniciativy reagující na 4. průmyslovou revoluci.....	19
2.3 Koncept průmyslu 4.0	20
2.4 Analýza velkých dat.....	22
2.5 Autonomní roboti	23
2.6 Cloudové úložiště.....	23
2.7 Rozšířená realita.....	24
2.8 Technologie používané v průmyslu 4.0	24
3 Užití senzorů v logistice, vzájemná komunikace a fyzikální vlastnosti	25
3.1 Komunikace v IoT.....	26

3.1.1	Modely komunikace v IoT.....	26
3.1.2	Protokoly pro komunikaci v IoT.....	28
3.1.3	Komunikace serveru s vnitřní a vnější sítí.....	28
3.2	Mikrosystémy a senzory	28
3.2.1	Parametry senzorů.....	28
3.2.2	Senzory MEMS.....	29
3.3	Gyroskopický senzor a akcelerometr	30
3.3.1	Princip gyroskopu	30
3.3.2	MEMS gyroskopy.....	32
3.4	Užití senzorů v logistice.....	33
4	Realizace zapojení senzoru MPU-6050 a jeho využití v logistice	34
4.1	Model manipulační jednotky.....	35
4.2	Vývojová platforma Arduino UNO	35
4.3	Senzor MPU-6050.....	37
4.4	Zapojení senzoru MPU-6050 k platformě Arduino UNO.....	38
4.5	Knihovna Wire a zdrojový kód v prostředí Arduino IDE.....	40
4.6	Výstupní data Arduino IDE	42
4.7	Naměřené hodnoty	43
4.7.1	Výchozí hodnoty.....	43
4.7.2	Hodnoty při naklonění	45
4.8	Návrh použití výstupních dat senzoru MPU-6050 v logistice	49
4.8.1	Komunikace s vnější a vnitřní IP sítí	50
4.8.2	Uložení do databáze.....	50
4.8.3	Software pro logistické firmy	51
	Závěr	52
	Soupis bibliografických citací	53
	Seznam zkratk a značek	55

Seznam ilustrací a tabulek	56
---	-----------

Úvod

Tématem této bakalářské práce je uvedení do základní terminologie logistiky, logistických procesů a činností. Nástup čtvrté průmyslové revoluce, takzvaného Průmyslu 4.0, jeho koncept a s ním související rozvoj IoT. Přehled využití chytrých senzorů v logistice a robotice a popis jejich fyzikálních vlastností.

V našem případě aplikace chytrého senzoru na přepravované zboží při logistických procesech. Praktickým výstupem jsou tak zpracované hodnoty gyroskopického senzoru připevněného k manipulační jednotce obsahující zboží citlivé na změnu polohy během jeho skladování či přepravy. Manipulační jednotkou je myšlena například paleta, nebo nákladní kontejner. Ten při manipulaci může být vystaven nechtěným, či rizikovým polohám.

Návrhem na použití tzv. „chytrého senzoru“ pro tyto rizikové manipulační jednotky se tak dostáváme k ověření funkčnosti tohoto zařízení na našem modelu. Data přenesená senzorem MPU-6050 přes platformu Arduino UNO do osobního počítače jsou zpracována v prostředí Arduino IDE. Výstupní hodnoty jsou pak jedněmi ze vstupních hodnot pro další zpracování a vývoj systému propojujícího všechny manipulační jednotky dané logistické společnosti a jejich monitoring.

1 Logistické pojmy a procesy

Logistika je dle různých definic uváděna jako:

„Posláním logistiky je vytvářet předpoklady a starat se o to, aby byly k dispozici správné materiály, ve správném čase, na správném místě, se správnou jakostí a s příslušnými informacemi, a to s přijatelným finančním dopadem.“ [1, s.12]

„Logistika se zabývá pohybem zboží a materiálů z místa vzniku do místa spotřeby a s tím souvisejícím informačním tokem.“ [2, s.1]

Dle evropské normy je logistika definována jako:

„Logistika je plánování, provádění a kontrola pohybu a rozmístění lidí a/nebo zboží a podpůrných aktivit, spojených s takovýmto pohybem a rozmístěním, v systému organizovaném k dosažení určitých cílů.“ [8]

1.1 Fáze logistiky

Logistika se začala rozvíjet v padesátých a šedesátých letech minulého století díky prosperitě střední třídy v Americe. Začala se přesněji plánovat průmyslová výroba za podpory finančních zdrojů a rozvíjela se tak i infrastruktura. Logistika se tak soustředila zejména na procesy, které byly spojené s distribucí materiálu a zboží. Začaly se zohledňovat celkové náklady při posuzování logistických procesů a jejich efektivnosti. To vedlo k reorganizaci způsobů logistických procesů. Nárůst sortimentu i poptávky po něm tak vedlo k nadproporciálnímu zvyšování zásob.

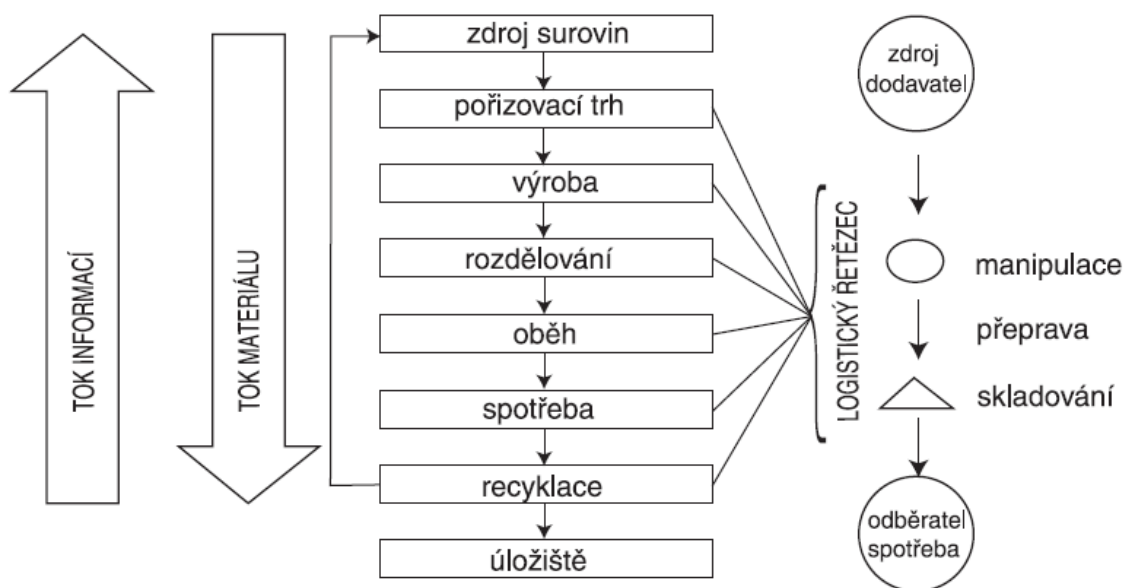
Druhá fáze nastává při recesi na trhu v Americe, kde na trh vstupuje mezinárodní konkurence. Společnost byla rozdělena na chudnoucí nižší třídu a bohatnoucí vyšší. Firmy mohly buď propagovat nižší cenu a zvýšit tak produktivitu a prodávat zboží nižší třídě, nebo určitou inovací zaujmout vyšší třídu za pomoci logistiky. Logistika se tak stala důležitou pro distribuci, výrobu a zásobování. Trh následně ovládl trend s rostoucími nároky na kvalitu a výběr zboží, díky tomu začaly firmy být flexibilnější co se týče výroby a samotných výrobků za účelem uspokojení zákazníka.

Nástupem počítačů se začaly analyzovat toky surovin v reálném čase, tvořily se objednávky a byly tak výrazně sníženy veškeré náklady co se týče skladování, přepravy a samotné distribuce zboží.

Logistika je využívána v konkurenčních bojích. Firmy se snaží co nejefektivněji reagovat na potřeby zákazníků. V posledním desetiletí minulého století tak vzniká za pomoci nutnosti integrace dílčích funkcí Integrovaná logistika. Klade se důraz na tok zboží od výroby až k zákazníkovi. Vzniká tak koncept zvaný The Total Supply Chain.

Dodavatelský řetězec a jeho správa je tak označení pro strukturu a činnost dodavatelského řetězce dodavatel/výrobce/distributor/prodejce/zákazník. Čímž zlepšuje jeho schopnosti reagovat na potřeby zákazníka. Příkladem může být zkrácení času dodání, či změny instrukcí během dodání. [3]

Obr. 1.1 Logistický řetězec



Zdroj: [15]

1.2 Terminologické minimum

Terminologické minimum logistiky zpracovává Evropský výbor pro normalizaci a Evropskou logistickou asociaci. [4]

1.2.1 Logistický řetězec

Logistický řetězec je jedním ze základních pojmů logistiky. Může se tak označovat dynamické propojení trhu spotřeby, trhu materiálů, surovin a ostatních věcí vycházejících od požadavků zákazníka a vázající se tak na finální výrobek ním požadovaný.

Integruje tak všechny dodavatele, zprostředkovatele a odběratele do jednoho celku. V tomto případě hovoříme o plně integrovaném logistickém řetězci.

Jedná se o „*posloupnost přeměn, pohybů nebo umístění přidávajících hodnotu*“ [4]. Například o vhodném umístění skladů, či jakoukoliv jinou činnost související s urychlením nebo zefektivněním toku zboží.

Logistické či dodavatelské schopnosti jsou v dnešní době čím dál více důležité, stejně jako námi požadovaný výrobek, či jeho bezpečná přeprava. Logistický řetězec je tak tvořen všemi těmito subjekty a poskytovateli logistických služeb za společným cílem zvýšení kvality přepravy nám nabízeného zboží.

V našem případě zanesením přidané hodnoty monitoringem a sběrem dat pro upozornění na nebezpečné, neúmyslné, nebo nevhodné pohyby s manipulační jednotkou, ve které, či na které je zboží převáženo. Manipulační jednotku můžeme v našem případě chápat například jako paletu plnou zboží, které může být přepravováno pouze ve vertikální poloze.

1.2.2 Synergický efekt

Synergický efekt je celkový efekt systému, který vzniká vzájemným působením mnoha jeho částí a jejich synchronizací, samoorganizací a optimalizací, a vede tak k jeho zjednodušení. Je kvalitativně odlišný od efektu, který by vznikl při pouhém součtu dílčích efektů. Izolovaná řešení jednotlivých článků řetězce tak nevedou k dosažení synergického efektu. [4]

1.2.3 Logistický systém

Logistický systém je množina systémů definovaná na jednom určitém logistickém objektu. Logistický systém můžeme považovat za dynamický. Jeho vlastnostmi jsou zejména samoorganizace a samooprava. Objekt se chová jako celek, je tedy možné definovat na něm i několik systémů, ovšem s ohledem na jeho složitost. [4]

Logistický systém obsahuje vnitřní, hraniční a řídicí prvky. Množinou všech prvků systému je tak univerzum systému, což je množina hraničních prvků oddělujících systém od jeho okolí.

Subsystémy logistického systému jsou soubory či množiny článků systému zastávající stejnou funkci v několika různých řetězcích. Jsou rozděleny dle využití na subsystémy:

- technicko-technologické subsystémy - zde vznikají funkce na umístění logistických zdrojů, probíhá zde zejména změna místa pasivních prvků, jako jsou například budovy či dopravní komunikace,
- komunikační subsystémy - soustavy technických prostředků a zařízení (výpočetní technika),
- informační subsystémy - využívají se pro zpracování, přenášeni a uchovávání informací pro potřeby řízení systému,
- řídicí subsystémy - mají smíšený dynamický systém uskutečňující proces řízení.

1.2.4 Logistický management

Logistickým managementem rozumíme vytváření a praktické uplatňování logistického systému tak, aby všechny toky probíhaly co nejplynuleji, nejrychleji a nejehospodárněji.

Rozlišujeme také řízení logistiky a řízení logistikou, přičemž řízení logistiky probíhá uvnitř logistického systému, zato řízení logistikou je strategie zaměřená na zisk výhody oproti konkurenci. [4]

1.2.5 Logistické cíle

Každý z cílů má svá rizika a jejich identifikací můžeme předejít náchylnosti řetězce jako celku. Touto problematikou se zabývá takzvaný supply chain risk management. Logistické cíle tak dělíme na vnitřní a vnější.

1.2.6 Logistické náklady

Jsou to náklady spojené s výkony a disponibilitou logistických zařízení. Udávají tak celkové náklady na celý řetězec nebo na jeho dílčí procesy.

1.2.7 Zákazník

Zákazník je nejdůležitějším pojmem logistiky. Je jím každý článek logistického řetězce, který objednává nebo odebírá zboží, práci, či služby tohoto řetězce. Konečnému zákazníkovi se tak přizpůsobuje pokud možno celý logistický řetězec. Zákazníky tedy dělíme na:

- externí zákazníky – konečné,
- interní zákazníky – navazující proces v logistickém řetězci.

1.2.8 Manipulační jednotka

Manipulační jednotkou rozumíme jakýkoliv materiál schopný tvořit jednotku schopnou manipulace bez dalších úprav. Manipulujeme s ní tedy jako s jedním kusem.

Manipulační jednotky jsou rozděleny do tří řádů:

Manipulační jednotka 1. řádu:

- hmotnost do 15ti kg,
- bedny, přepravky,
- ruční způsob manipulace.

Manipulační (přepravní) jednotka 2. řádu:

- hmotnost do 5t,
- složena z více jednotek prvního řádu,
- palety, malé kontejnery,
- manipulace vysokozdvíhnými vozíky, zakladači, jeřáby.

Přepavní (manipulační) jednotka 3. řádu:

- hmotnost do 30,5t,
- složena z jednotek druhého řádu,
- velké kontejnery,
- manipulace jeřáby, dopravníky, zdvižnými plochami.

1.2.9 Logistické služby

Provoz distribučních skladů s kompletní obsluhou a individualizované služby poskytovatelů, které jsou přímo určeny pro klienty, úzce souvisí v logistice s tzv. Outsourcingem.

„Outsourcing obecně je přenesení vedlejší činnosti klienta na externího poskytovatele služeb, motivované soustředěním klienta na hlavní činnost (jeho zeštíhlením), resp. snahou dostat se rychle nebo bez nepřiměřených nákladů na světovou úroveň. Vyžaduje zpracování strategie, ujasnění vztahů s budoucím poskytovatelem a zvážení možných rizik.“ [4, s.29]

V našem případě outsourcing bude znamenat přenesení dopravy manipulačních jednotek plných zboží částí logistického řetězce. Outsourcingová firma se tak bude navíc starat o bezpečnost manipulační jednotky, kterou přepravuje.

1.3 Logistické procesy

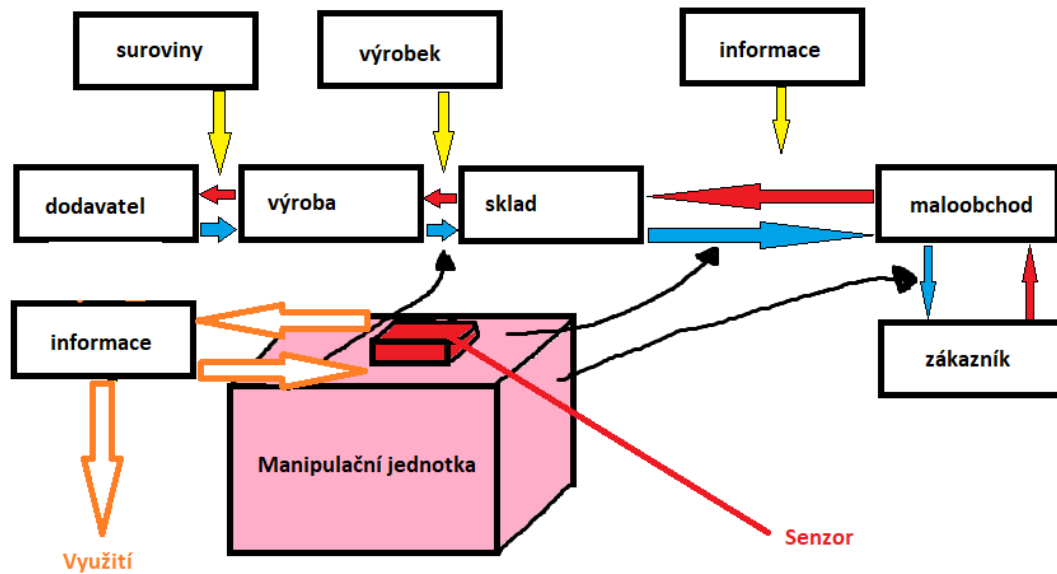
V této práci se pojem logistický proces rozumí proces, během kterého probíhají logistické činnosti související s manipulací s manipulační jednotkou v logistickém toku. Jsou to procesy, které představují například v praxi pracovníky, funkce, technologie apod.

Dělí se tak do tří základních subsystemů:

- subsystem distribuce výrobku,
- subsystem řízení výroby,
- subsystem zásobování.

Z hlediska jejich funkce je také možno logistické procesy dělit na činnosti služeb zákazníkům, dopravy a přepravy, řízení zásob, komunikace, skladování a manipulace. Při toku manipulační jednotky řetězcem tak hovoříme o subsystému zásobování.

Obr. 1.2 Logistické procesy



Zdroj: vlastní zpracování

2 Průmysl 4.0

Čtvrtá průmyslová revoluce v Česku, tzv. Národní iniciativa Průmysl 4.0, původně německy Industrie 4.0., je název pro první vizi německé vlády z Hannoverského veletrhu v roce 2011. Tato revoluce začala v různých světových ekonomikách snahou o udržení jednotlivých států na světových trzích. [5]

Začínají se představovat komplexní řešení vyvolávající změny. Probíhá tak automatizace, digitalizace či robotizace. Průmysl prochází revolucí a dopad těchto změn je obrovský. Mluví se tak o čtvrté průmyslové revoluci.

V rámci této bakalářské práce bude téma Průmyslu 4.0 směřováno k využití chytrých senzorů v logistice. Zejména k bezpečné a kontrolované přepravě zboží logistickým řetězcem od výrobce k zákazníkovi.

2.1 Čtyři průmyslové revoluce

Za vznikem první průmyslové revoluce stojí mechanické stroje. Tyto stroje zvyšují svou produktivitu a je tak umožněna takzvaná dělba práce. Vznikající manufaktury zaučují nové nekvalifikované dělníky. Poptávka na trhu je nenasytná. Hledají se způsoby, jak stroj pohánět jinak, než manuálně. Roku 1785 James Watt představuje parní stroj, který ve společnosti působí převrat a stává se tak symbolem první průmyslové revoluce. Rozvíjí se také tkalcovství. Edmund Carwright přichází roku 1784 s prvním mechanickým tkalcovským stavem. Dřevěné stroje jsou nahrazovány kovovými. Vznik strojírenství je výrazným impulzem k pokračující industrializaci společnosti. Roste poptávka po železné rudě a hutnictví a povozy nahrazuje železnice.

Druhá průmyslová revoluce se upíná k roku 1879, kdy Thomas Alva Edison vynalézá žárovku a svět se rozsvěcuje. V českých zemích bylo elektrické světlo představeno na výstavě v Praze roku 1891.

O počátek třetí průmyslové revoluce se zaslouhuje Charles Babbage, který vynalézá první stroj na řešení složitějších výpočtů, a to již v první polovině devatenáctého století. První počítač ovšem sestrojil až Konrad Zuse. Počítač je pojmenován Z1. Následoval Z3 pracující v dvojkové soustavě a provádějící až 50 operací za minutu.

Čtvrtá průmyslová revoluce - USA začíná pracovat na počítačové komunikační síti nezávislé na ústřednách. V roce 1987 se tato síť prosazuje jako internet. Přichází digitální plánování logistiky, automatizace výroby a celkový digitální rozmach. V tomto Internetu věci přicházejí firmy, které budou vyrábět efektivněji a reagovat na potřeby zákazníka. Nastává rozvoj informačních technologií a telekomunikace. [6]

2.2 Národní iniciativy reagující na 4. průmyslovou revoluci

Francouzská vláda spustila v květnu 2015 vlastní iniciativu s názvem „Industrie du Futur“. [5]

V roce 2018 proběhl veletrh BE 4.0, SALON INDUSTRIES DU FUTURE, který navštívilo přes 3500 návštěvníků a prezentovalo se zde asi 230 vystavovatelů. Proběhlo zde více než 50 přednášek o klíčových průmyslových problémech čtvrté průmyslové revoluce.

V „Industrie du Futur“ se definovalo devět strategií s propagací programů:

- nových zdrojů energie a materiálů,
- smart cities,
- ekomobilita,
- doprava zítřka,
- zdravotnictví budoucnosti,
- správa dat,
- inteligentní přístroje,
- digitální bezpečnost,
- zdravé stravování.

„Industrial Internet Consortium“, které v roce 2014 založila pětice nadnárodních firem v USA, klade důraz na vytvoření otevřených standardů, podporu výzkumu, vývoje a praktických aplikací průmyslového internetu. Velký důraz je také kladen na vzájemné jištění systémů a jejich bezpečnost.

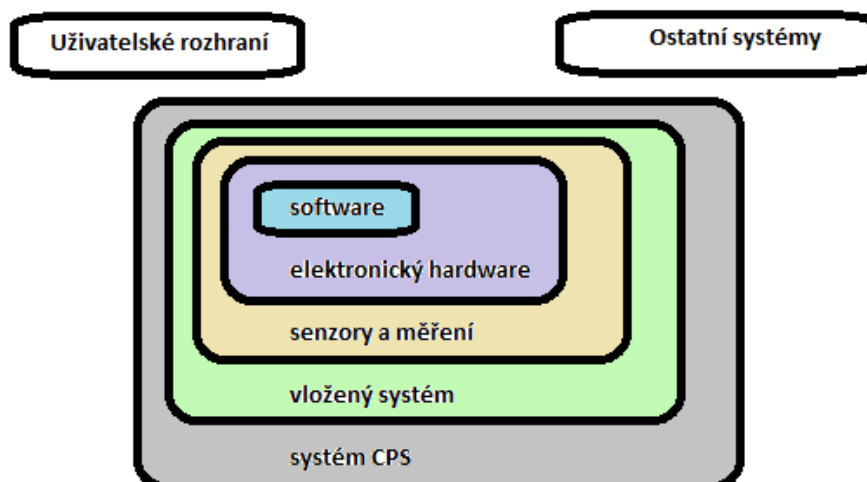
Čínská vláda zahájila program „Made-in-China 2025“ podobný německému „Industrie 4.0“ a soustřeďuje se tak na prioritní segmenty, jako jsou:

- pokročilé informační technologie,
- letecký průmysl,
- výroba automatizovaných obráběcích strojů,
- výroba robotů,
- železniční doprava,
- ochrany práv duševního vlastnictví,
- rozvoj lidských zdrojů.

2.3 Koncept průmyslu 4.0

Jako koncept průmyslu 4.0 můžeme chápat přeměnu výroby ze samostatných, ačkoli automatizovaných jednotek, na zařízení, která jsou plně integrovaná a sama se tak optimalizují. Není tedy již třeba úplného dohledu nebo přímé práce člověka na daném zařízení. Vznikají tak globální sítě, které jsou založené na tzv. CPS (Cyber-Physical Systems). Tyto systémy jsou stavebními prvky inteligentních továren. Součástí jsou senzory, stroje, IT systémy propojené pomocí internetu, které jsou schopny samy sebe přizpůsobovat změnám podmínek.

Obr. 2.1 CPS



Zdroj: vlastní zpracování

Vznikají tak i chytré produkty, které jsou jednoznačně lokalizovatelné a identifikovatelné. Tyto chytré produkty budou obsahovat senzory pro měření polohy, pohybu, teploty, či jiných fyzikálních vlastností. Data ze senzorů tak budou zaznamenávána v reálném čase a ukládána do databází nebo jiného firemního softwaru. Firmy či zákazníci pak tedy budou mít všechny dostupné informace o svém produktu, nakládání s ním a jeho přepravě dostupné online.

Tři pilíře průmyslové integrace [5]:

- 1. Vertikální integrace** je založena na provázání řídicí struktury prodávajícího a rozumně se tak spojení automatizace s vývojem informačních systémů přímo v daném podniku.
- 2. Horizontální integrace** protíná celý dodavatelský řetězec a jeho články řadí do řetězce od dodavatele, přes výrobce, až po distribuci zákazníkovi. Tok informací celým řetězcem a jejich monitoring výrazně zlepšuje flexibilitu celého procesu a dlouhodobě tak snižuje náklady.
- 3. Inženýrské procesy** jsou odvětvím horizontální integrace založené od samotného plánování, životnosti, vývoje a testování produktu, až po služby související s produktem již vlastněným zákazníkem. Výsledkem je tak získání zpětné vazby od zákazníka a optimalizace nadcházejících procesů.

Propojení vertikálních procesů v inteligentní firmě horizontálně tak bude značit systémy, které budou reagovat v reálném čase na okamžité změny poptávky po daném produktu. Firmy se tak budou přizpůsobovat jednotlivým požadavkům zákazníka a řešit jeho požadavky individuálně.

Charakteristikami inteligentní továrny tedy jsou [5]:

- optimalizace díky vertikálně i horizontálně integrovaným IT systémům,
- nahrazení izolovaných výrobních jednotek jednotkami plně automatizovanými,
- reálné prototypy výrobků, či jiné návrhy jsou řešeny za pomoci virtualizace,
- vzájemná komunikace jednotlivých zařízení, které jsou schopna řídit proces výroby,
- tvořit autonomní rozhodnutí za zvýšením efektivity celého výrobního procesu,

- samostatná optimalizace autonomních vozíků v závislosti na převáženém produktu,
- závislost výrobního zařízení na parametrech vyráběného produktu.

Tyto změny tak mohou řešit globální problémy, jakými jsou nedostatek surovin na daných místech, či energetické zefektivnění dané oblasti. Bude oprostěno od fyzicky těžkých prací a prací rutinních, což by mělo mít za následek prodloužení doby, po kterou je schopen člověk vykonávat své zaměstnání.

Z jiné strany může také tento koncept představovat nové inovace v péči o zákazníka. Využití a integrace sociálních sítí a analýzy elektronických dat uživatele v systémech **CRM** (Customer Relationship Management) tak ústí k možnostem nabídky určitého produktu zákazníkovi prostřednictvím elektronického obchodu a reklam.

Motivací pro využití možností průmyslu 4.0 tak může být zvýšení produktivity práce a snížení deficitu lidských zdrojů. Jedním z faktorů pro přechod firmy na koncept Průmyslu 4.0 může být také konkurence, která již tento koncept využívá.

2.4 Analýza velkých dat

Narůst objemu dat obsahujících využitelné informace vede k nedostatečným počtům kvalifikovaných zaměstnanců. Zpracování těchto dat slouží především v průmyslu firmám k optimalizaci výroby a služeb s ní související. Zdrojem těchto dat jsou především data z chytrých senzorů či data získaná ze sociálních sítí.

V oblasti logistiky a distribuce se využívá zejména skladových senzorů a propojení dopravních prostředků či manipulačních jednotek s okolím.

Analýza dat tak může obsahovat informace o aktuální poloze, teplotě, hmotnosti, pozice, naklonění či opotřebení převáženého produktu. Ve výrobě tak mohou tato data sloužit k identifikaci opotřebení dané součástky výrobního zařízení nebo upozornění na nedostatek surovin, ze kterých je výrobek vyráběn.

Zpracování velkých dat je řešeno v následujících krocích [7]:

- sběr transakčních, operativních a logovaných dat,
- zpracování dat do vhodné podoby pro analýzy,
- propojení dat mezi systémy,

- pokročilá analýza,
- tvorba modelů,
- využití predikce v obchodních procesech.

2.5 Autonomní roboti

Široké uplatnění robotů v hromadné výrobě představuje zvýšení produktivity. Jejich zavedení do výroby vede k autonomnímu rozhodování při výrobním procesu. U velkých firem se rozvíjí robotizace za zkvalitněním produkce a úspor pracovních sil. Tyto firmy musí však odhadnout tzv. **ROI** (Return On Investment), což značí za jakou dobu a jestli se jim daný přechod a zavedení robotů vyplatí. Nedostatek školených pracovníků na servisování a udržování provozuschopných robotů nese za následek vysokou cenu a potřebu do budoucna školit své zaměstnance v tomto oboru. Jejich potřeba však do budoucna poroste. [5]

2.6 Cloudové úložiště

Se zvýšenými požadavky na ukládání dat rostou řešení a požadavky na jejich bezpečné a rychlé zpracování. Tyto služby nabízí datová centra, která dovedou nabídnout řadu služeb, jako je poskytnutí softwaru a platformy pro provádění komplexních náročných výpočtů.

Těchto úložišť mohou využít, pro růst produktivity a pro optimalizaci nákladů, malé i velké firmy a podniky.

Toto řešení je také vhodné pro firmy, které zpracování, či uložení většího množství dat, nemají na denním pořádku.

Přenos informací ve výrobě tak tvoří náročné požadavky na bezpečnost přenášených dat, tudíž k této sekci patří i samotné zabezpečení a ochrana průmyslových systémů.

Pro běžné uživatele je možnost použití cloudového úložiště od společnosti Google. Google nabízí svým zákazníkům až 15 GB dat pro uložení na tzv. Google Disk. Vybízí k uložení fotek, videí a dalších vysokokapacitních formátů. Jejich marketingovým mottem je „*Prohlížejte si svůj obsah kdekoli*“ [8].

2.7 Rozšířená realita

Anglický pojem **AR** (Augmented Reality) popisuje označení pro obraz reálného světa, který je doplněný o obraz vytvořený počítačem. Tyto vrstvy jsou do sebe implementovány a výsledný obraz pak zobrazuje například při použití fotoaparátu, jak má vypadat plně obsazená část logistického skladu, přičemž je právě prázdná.

Na funkci systému zkombinovat polohu uživatele rozšířené reality a následné dokreslení obrazu jsou zapotřebí kombinace různých senzorů (GPS, gyroskopů, akcelerometrů). Pro přenos je nutné využití některých z možností bezdrátového připojení Bluetooth nebo Wi-Fi.

2.8 Technologie používané v průmyslu 4.0

Vize:

„Předpokládá se, že prvky fyzického světa budou propojeny navzájem prostřednictvím napojení na internet, kde každý takovýto fyzický prvek má svoji individuální IP adresu – pak se hovoří o Internetu věcí (Internet of Things – IoT).“ [5, s.43]

Cílem je vývoj nových hardwarových a softwarových prostředí se systémovou integrací. Tato prostředí se liší pro použití v technologiích, v logistice dopravy, nebo například u běžných lidí v domácnostech. Software či hardware proto musí být pečlivě vybrán na míru pro daného uživatele.

3 Užití senzorů v logistice, vzájemná komunikace a fyzikální vlastnosti

Nastupující technologie IoT je příčinou vzniku sítě propojující přes síť Internet různá zařízení spojována s nástupem Průmyslu 4.0. Tato technologie se prosazuje v různých průmyslových odvětvích, jako jsou automobilový průmysl, strojírenský průmysl, logistika a spotřební elektronika.

Zařízení, která splňují charakteristiku IoT, se tak často nazývají jako „chytrá zařízení“. Jedná se tak o fyzická zařízení osazená elektronikou (měřicími systémy, senzory).

Pro tuto bakalářskou práci bude tato kapitola zaměřena na oblast IoT, která spadá do oblasti logistiky a přepravy produktů od výrobce k uživateli. Bude zde nastíněno využití senzorů a principy jejich vzájemné komunikace prostřednictvím komunikačních protokolů.

Tato kapitola se bude také zabývat využitím gyroskopického senzoru v logistice a objasněním fyzikálních principů gyroskopu jako takového. V konečném případě by tak mohlo jít o masivní použití a napasování senzorů. Například na každou manipulační jednotku jedné logistické firmy, kde by v konečném stádiu bylo použito mnohonásobně více těchto chytrých „Věcí“. Zde však bude tato část přiblížena pouze na funkčnost jednoho senzoru. Kapitola 4 se pak bude zabývat návrhem použití tohoto senzoru, jeho zapojením a zprovozněním.

Oblast iiIoT se zaměřuje zejména na průmyslové prostředí, kde stroje s chytrými senzory pracují v dopravě, průmyslu, či energetice. Objemy dat přenášených mezi jednotlivými částmi chytrých zařízení jsou tak relativně velké. Je dbáno na bezpečnost a nechybovost přenosu a zpracování dat. Následné selhání by mohlo mít významný vliv na ohrožení reputace společnosti využívající tuto technologii, či dokonce ohrozit lidské životy.

Oblast ciIoT je zaměřena zejména na koncové uživatele. Zařízení využívající chytré senzory jsou z oblasti spotřební elektroniky a patří mezi ně také inteligentní spotřebiče, jakou jsou například chytrá lednice, chytrý koš nebo chytré topení. Data přenášená mezi zařízeními jsou relativně malá. Používáme tak pár senzorů na pár místech v domácnosti.

3.1 Komunikace v IoT

U vývoje systémů IoT musíme dbát na bezchybnou komunikaci jednotlivých zařízení. Architektura sítě je tak základem pro dobré fungování a snadný upgrade systému.

V dnešní době existuje spousta aplikačních protokolů pro komunikaci v sítích M2M či IoT. Výběr aplikačního protokolu ke komunikaci může ovlivnit celkovou funkčnost systému. Kromě standardních komunikačních protokolů je možnost použití signalizačních protokolů. Mezi tyto protokoly patří například protokol fungující na aplikační vrstvě síťového modelu, a to protokol TCP/IP, který je využíván zejména v telefonii.

Chytrý server pak řídí s využitím protokolu připojené prvky či měřicí systémy. Rozumíme tak server, který komunikuje jak s prvky nacházejícími se poblíž serveru, tak s prvky nacházejícími se kdekoli v síti Internet. [9]

3.1.1 Modely komunikace v IoT

Definujeme čtyři modely komunikace [10]:

- komunikace mezi zařízeními,
- komunikace mezi zařízením a datovým centrem,
- komunikace mezi zařízením a bránou,
- komunikace se sdílením dat.

Komunikace mezi dvěma zařízeními D2D (Device-to-Device), popisuje vzájemnou komunikaci chytrých zařízení od stejného výrobce. Tato zařízení jsou mezi sebou propojena a není mezi nimi žádný uzel, server ani brána. Zařízení komunikují zejména přes síť Internet. Typickým příkladem komunikace D2D je například řízení vzduchotechniky za pomoci termostatu.

Nevýhody komunikace D2D jsou nestandardizace jednotlivých zařízení. Tudíž musíme používat zařízení zejména od jednoho výrobce.

Předcházíme tak složitému synchronování a nastavování komunikace mezi dvěma odlišnými zařízeními různých firem.

Požadavky pro komunikaci modelu D2D [9]:

- určení fyzické vrstvy,
- určení správného síťového protokolu,
- přidělení IP adres jednotlivým zařízením,
- definice architektury – client-server, peer-to-peer,
- určení transportního protokolu,
- určení aplikačního protokolu,
- definice datového modelu,
- zabezpečení pro ochranu dat a soukromí uživatele.

Komunikace mezi zařízením a datovým centrem D2C (Device-to-Cloud) značí, že každé zařízení je připojeno k aplikaci provozovatele služby. Aplikace si vyměňuje se zařízením data a zprávy pro řízení. Tento typ komunikace se využívá zejména prostřednictvím Wi-Fi či mobilních sítí 4G. Komunikace se používá v případech, kdy zařízení potřebuje získat informace ze serveru, nebo opačně. U chytrých senzorů je většinou poskytovatel služby zároveň i dodavatelem jednotlivých senzorů. Výrobce taktéž ve většině případů provozuje aplikaci provázanou s těmito zařízeními. Aplikace tak může výrobcí posílat informace o chování uživatele. Ten údaje vyhodnocuje a může tak zákazníkovi nabídnout zpět, například prostřednictvím TV, program šitý na míru.

Komunikace mezi zařízením a bránou D2G (Device-to-Gate) se používá zejména není-li možno využívat komunikaci spojenou s využitím IP. V těchto případech je třeba využití tzv. „Smart Gateway“, která umožňuje vstup do jiných datových sítí. Nevýhodou tohoto modelu je nutný vývoj jedinečného softwaru pro každou vzniklou chytrou bránu.

Komunikace se sdílením dat je rozšiřující možností pro komunikaci D2C. Myšlenkou komunikačního modelu tak je poskytnutí informací třetí straně za účelem obdržení zpětné vazby a údajů z ostatních zařízení.

3.1.2 Protokoly pro komunikaci v IoT

Protokol MQTT je protokol určený ke komunikaci na základě modelu PUBLISH/SUBSCRIBE a informace jsou tak posílány všem, kteří se zaregistrují k odběru těchto informací.

Protokol CoAP je určen pro zařízení komunikující přes Internet s nízkým výkonem a spotřebou. Tuto komunikaci lze snadno integrovat do HTTP a následně tak sledovat data zobrazená ve webovém prohlížeči.

3.1.3 Komunikace serveru s vnitřní a vnější sítí

Ukládání dat do SQL nabízí možnosti ukládat data externě do databází. Zanesením dat do externí databáze pro nás znamená zpětnou kontrolu naměřených hodnot v případné nutnosti ověření dat. Data lze ukládat i do interních databází, ovšem při lokálním výpadku sítě nebudou data možná číst z jiné části sítě.

3.2 Mikrosystémy a senzory

Mikrosystémy a senzory označují množinu mechanických, elektronických či optoelektronických prvků sloužících k detekci různě měnících se fyzikálních veličin v čase.

3.2.1 Parametry senzorů

Senzory jsou charakterizovány parametry. Nahlížíme na ně jako na systém se vstupem $x(t)$ a výstupem $y(t)$, ovšem s pomocnou energií e_p .

Parametry zanesené do rovnice senzoru:

$$y(t) = F(x(t) + e_p(t)),$$

lze tedy říci, že funkce y v čase t je rovna primární funkci funkce $x(t)$ a k ní přičtené pomocné energie pro senzor e_p .

Parametry senzorů se dělí na statické a dynamické.

Statické parametry senzorů:

- převodní charakteristika,
- linearita,

- citlivost,
- přesnost,
- rozlišení,
- selektivita,
- pracovní rozsah.

Dynamické parametry senzorů:

- přenosová funkce,
- frekvenční odezva.

3.2.2 Senzory MEMS

U senzorů MEMS (Micro-ElectroMechanical-System) se používá integrovaných systémů, které používají mechanické i elektrické součásti. Vyrábí se metodou litografie, stejně tak jako se vyrábějí polovodičové nebo jiné součástky dosahující velikosti několika milimetrů.

V průmyslu jsou zejména rozšířené mikrosenzory piezodporové k měření tlaku s křemíkovou membránou.

Technologie MEMS tak umožňuje realizovat deformovatelné členy mikroaktuátorů. Těmi jsou mikronosníky, membrány, mikromůstky, nebo torzní struktury. Deformovatelné členy se využívají ke konstrukci různých typů mikropřepínačů a optických spínačů nebo prvků RF [11].

Firma STMicroelectronics sídlící v Ženevě ve Švýcarsku je světový lídr v poskytování řešení co se týče senzorů MEMS a využití polovodičových řešení při jejich výrobě. Tato firma patří k předním výrobcům integrovaných zařízení, která jsou klíčová pro řízení inteligentních systémů, inteligentních domácností, věcí či měst.

Nabízí tak nejširší škálu senzorů od nízkonapěťových zařízení pro IoT až pro přesné určování polohy v Industry 4.0.

Nabízenými produkty tak jsou:

- akcelerometry s pokročilými funkcemi pro úsporu energie,
- automobilové senzory,

- gyroskopy,
- e-kompasy,
- snímače vlhkosti,
- průmyslové senzory pro kalibraci s vyšším teplotním rozsahem,
- MEMS mikrofony.

3.3 Gyroskopický senzor a akcelerometr

Gyroskopy jsou používány pro měření změn polohy nebo natočení předmětu, na kterém je daný senzor umístěn. Dříve byl gyroskop využíván v mechanickém provedení. Dnes díky integrovanému provedení součástek lze z digitálních gyroskopických senzorů získávat digitální či analogový výstup.

3.3.1 Princip gyroskopu

Gyroskop je obecně určen pro měření úhlové rychlosti, což znamená, jak se měřený objekt otáčí v jednotkách [rad/s].

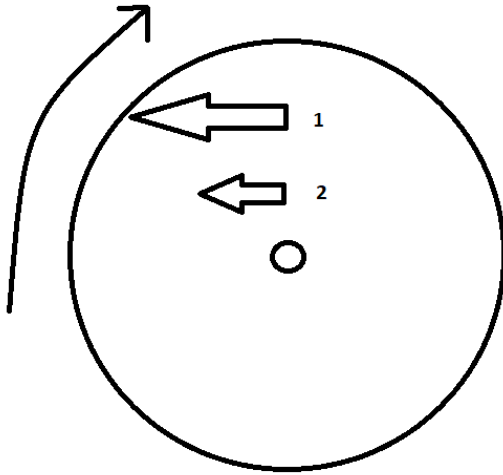
Rotace gyroskopu je znázorňována za pomoci tří os:

- x – svislá, kolmá osa (yaw axis),
- y – příčná osa (pitch axis),
- z – podélná osa (roll axis).

Integrované gyroskopy používají metody principu Coriolisovy síly. Coriolisova síla je setrvačná síla, která působí na tělesa, která se pohybují v soustavě tak, že se mění jejich vzdálenost od osy otáčení. Coriolisova síla tak má kolmý směr ke spojnici tělesa a osy otáčení a působí tak směrem proti směru otáčení soustavy. Můžeme se představit létající talíř roztočený a vyhozený do vzduchu, který se snažíme zachytit v jeho středu špičkou prstu. Při nepřesném kontaktu prstu s dnem letajícího talíře se talíř překlopí. Směr, kam se však talíř překlopí je díky jeho rychlé rotaci opačný, než bychom předpokládali. Druhý způsob je představit si člověka stojícího na otáčejícím se kolotoči viz. Obr. 3.1, pozice 1 a pozice 2.

Coriolisova síla je síla, která působí na libovolný předmět, který se pohybuje rychlostí v v soustavě, která rotuje kolem osy rotace úhlovou rychlostí ω .

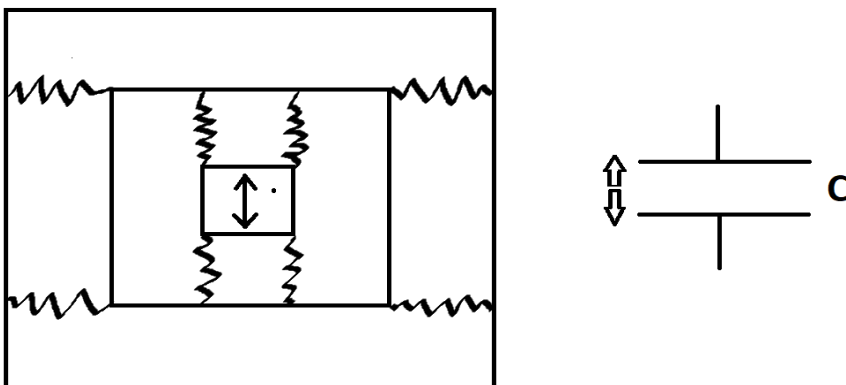
Obr. 3.1 Coriolisova síla



Zdroj: vlastní zpracování

V integrovaných gyroskopech se tak využívá technologie, kde základem je pohybující se (mechanicky rezonující) struktura, která je umístěna a upevněna pomocí pružin. Směr pohybu pak má za následek deformaci a stlačení těchto pružin. Stlačení pružin pak přibližuje či oddaluje měřicí plošky. Ty fungují jako vzduchové kondenzátory a lze tak podle jejich kapacity dopočítat úhlovou rychlost otáčení.

Obr. 3.2 Pružiny v integrovaném gyroskopu



Zdroj: vlastní zpracování

3.3.2 MEMS gyroskopy

MEMS (Mikro-Elektro-Mechanické-Systémy) je označení pro systémy spojující oblast mechanickou s oblastí elektrických signálů. Tyto součástky jsou menší než klasické mechanické součástky a plní stejnou funkci za předpokladu menší váhy, rychlejšího zpracování a vysoké přesnosti. Obsahují elektrické obvody integrované na čipu pomocí polovodičových procesů.

Tyto systémy pak mohou využívat principů, jako jsou piezoelektrický jev, či fotonové jevy v polovodičích.

Mezi hlavní výhody těchto zařízení patří zejména:

- velikost samotných zařízení,
- nízká spotřeba,
- citlivost.

Integrované obvody CMOS u MEMS snímačů vyhodnocují změnu kapacity MEMS struktury a vyhodnocují ho tak na výstupní signál. Při analogovém výstupu probíhá uvnitř čipu digitální zpracování. Poté se změna kapacity jednotlivých kondenzátorů převede na úměrnou rychlost otáčení. Výsledný signál je tedy lineární a analogový. Dále s ním můžeme pracovat za použití různých mikropočítačů nebo mikrokontrolérů.

Příklady pro použití gyroskopů:

- detekce rotačního pohybu,
- měření rotačního pohybu,
- stabilizace předmětů,
- zpřesňování pozice GPS systémů,
- detekce převrácení předmětu.

3.4 Užití senzorů v logistice

Senzory nacházejí v logistice široké uplatnění, a to při užití na samotných výrobních linkách jako detektory či snímače vzdálenosti, nebo při přepravě hotového produktu napříč logistickým řetězcem k cílovému zákazníkovi.

U automatizovaných výrobních linek slouží senzory zejména k usnadnění a plné automatizaci linky a jako klíčové prvky mikrosystémů používané v robotech, či jednotlivých částech výrobní linky.

Rozvoj IoT tak vnáší do těchto procesů další podnět, a to inteligentní propojení všech těchto částí daného systému a jejich vzájemné ovlivňování. Výsledkem pak tedy je vysoká přesnost, efektivita a bezproblémovost při těchto procesech.

Při přepravě produktu logistickým řetězcem mohou být senzory používány ke stabilizaci přepravních prostředků. U dopravních lodí jsou gyroskopické senzory používány zejména pro vyrovnávání stability lodě volně posazené na vodě. Zajišťují tak bezpečnou přepravu produktu.

Gyroskopické senzory jsou také hlavním prvkem v dronech, kde plní různé funkce nezbytné pro realizaci a následný provoz těchto zařízení. Drony tak mohou a začínají být využívány v logistice dopravy. Kurýrní služby tak používají drony zejména na doručování lehkých a méně objemných zásilek a balíků.

Přepravní plošiny a samotné manipulační jednotky mohou být vybaveny gyroskopickými senzory a akcelerometry pro detekci jejich ustálení po vykonaném pohybu.

Gyroskopický senzor jako součást manipulační jednotky tak může být použit například pro sběr dat obsahující hodnoty náklonu manipulační jednotky v daném čase. Tyto informace pak mohou být klíčové pro dodavatele či výrobce při dodání poškozeného zboží zákazníkovi. Lze tak zpětně dohledat, co a kdy se stalo.

4 Realizace zapojení senzoru MPU-6050 a jeho využití v logistice

Pro svou práci jsem zvolil vývojovou platformu Arduino UNO, díky její široké dostupnosti a jednodušší manipulaci při zapojování. Dostupné jsou také Arduino klony nesoucí část názvu –duino. I tak jsem zvolil pro mé testování přes údajně stejnou funkčnost a vyšší cenu originální platformu Arduino UNO.

K Arduino jsem objednal senzor MPU-6050 disponující tři osým gyroskopem a tři osým akcelerometrem. Tento senzor je schopen i měřit teplotu.

Po důkladném zapojení všech komponentů a zkompilování zdrojového kódu, vytvořeného za pomoci prostředí Arduino IDE v jazyku C a za použití knihovny Wire, jsem dostal výstupní surové hodnoty.

Pro výstup naměřených hodnot v čase jsem použil sériový monitor a plotter v prostředí Arduino IDE. Arduino tak musí být po čas měření připojeno přes USB port k osobnímu počítači.

Arduino UNO je nejběžněji používaný typ desky, který využívá pro přenos dat USB. Existuje i Arduino Ethernet, které disponuje stejnou výbavou jako UNO, ovšem místo USB portu se přenáší data po síti.

Naměřené hodnoty náklonu senzoru připevněného v našem případě na krabici (model), představující manipulační jednotku, jsou v tabulkách zpracované a převedené do úhlových stupňů pro následný návrh využití.

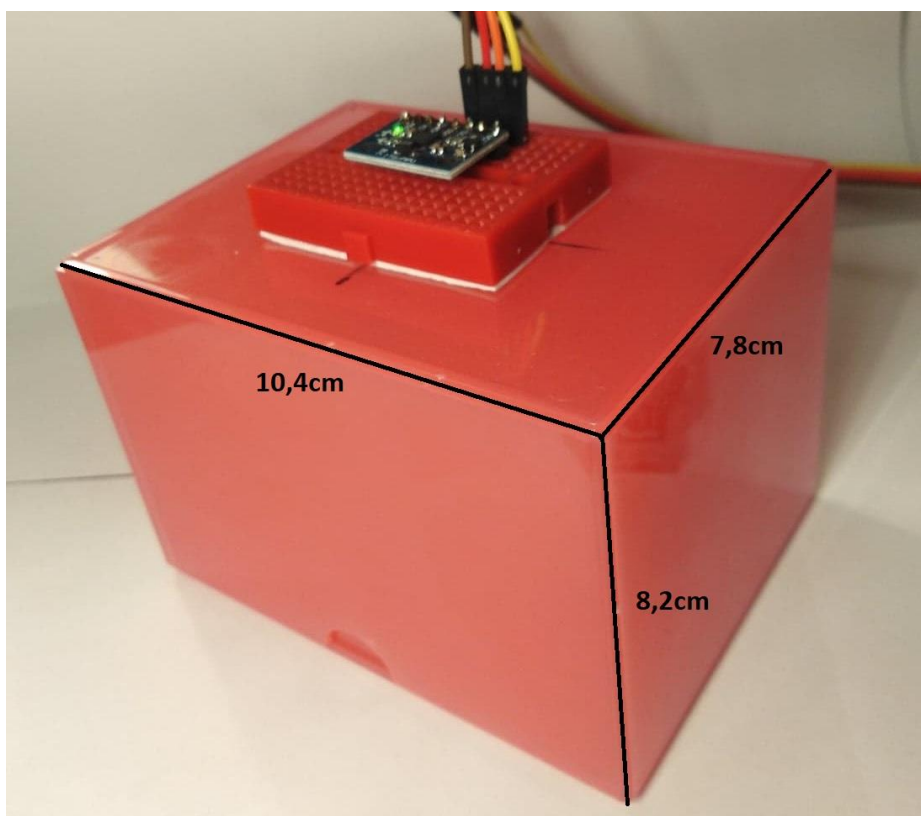
Návrh a jisté úpravy pak mohou představovat celkové využití senzoru MPU-6050 k detekci nevhodného zacházení, či naklánění s přepravovaným zbožím.

Ve finální verzi by tak měl návrh zapojení tohoto senzoru poskytovat informace o zacházení s převáženým zbožím logistické firmě, která má nad daným zbožím zodpovědnost.

4.1 Model manipulační jednotky

Jako model manipulační jednotky jsem použil tvrdou plastovou krabičku ve tvaru kvádra o rozměrech (10,4x7,8x8,2)cm. K tomuto modelu je do středu jeho vrchní strany umístěn senzor. Ten je zapojen na malém nepájivém poli a propojen s platformou Arduino UNO.

Obr. 4.1 Manipulační jednotka s připevněným senzorem



Zdroj: vlastní zpracování

4.2 Vývojová platforma Arduino UNO

Arduino UNO Rev 3 je mikrokotrolérová vývojová deska založená na jenočipovém mikrořadiči od firmy Atmel ATmega328P. Tento vysoce výkonný 8-bitový mikrokotrolér Microchip picoPower AVR RISC kombinuje 32kB paměť ISP s možností čtení při zápisu, obsahuje port SPI, 6ti a 10ti kanálový A/D převodník a pracuje s napětím 1,8-5,5V.

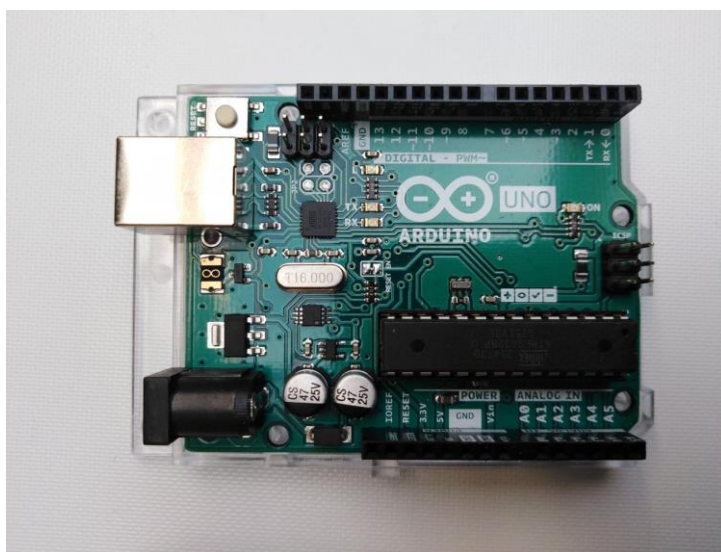
Tab. 4.1 Parametry ATmega328P

Název parametru	Hodnota
Velikost paměti programu	32kB
Rychlost procesoru	20 MIPS/DMIPS
Velikost SRAM	2048 Bytes
Velikost EEPROM	1024 Bytes
Periferní zařízení pro digitální komunikaci	1-UART, 2-SPI, 1, I2C
Časovače	2x 8-bit, 1x 16-bit
Počet koparátorů	1
Teplotní rozsah	-40°C až 85°C
Rozsah provozního napětí	1,8V až 5,5V
Počet pinů	32

Zdroj: [12]

Arduino UNO Rev3 obsahuje 14 digitálních vstupních a výstupních pinů. 6 pinů může být použito jako výstup pro PWM. Obsahuje také 6 analogových vstupů a 16MHz krystal. Připojení k počítači je možno přes USB. Nabízí také ICSP rozhraní a resetovací tlačítko.

Obr. 4.2 Vývojová platforma Arduino UNO



Zdroj: vlastní foto

Tab. 4.2 Parametry Arduino UNO

Název parametru	Hodnota
MCU	ATmega328P
Pracovní napětí	5 V
Vstupní napětí	7-12 V
Maximální vstupní napětí	6-20 V
I/O	14 (6 jako PWM výstup)
Analogové vstupy	6
Proud na pin	40 mA
Paměť FLASH	32 kB
Paměť SRAM	2 kB
Paměť EEPROM	1 kB
Frekvence krystalu	16 MHz

Zdroj: vlastní zpracování dle [13].

4.3 Senzor MPU-6050

Modul GY-521 je deska pro senzor MPU-6050, která je vybavena tří osým gyroskopem a tří osým akcelerometrem. Nachází se zde také digitální pohybový procesor DMP s teplotním čidlem. Procesor digitálního pohybu tak lze použít ke zpracování komplexních algoritmů na desce. DMP tak zpracovává surová data ze senzoru. Hodnoty senzorů se získávají pomocí sériové sběrnice I²C připojenou dvěma vodiči k portu SCL a SDA.

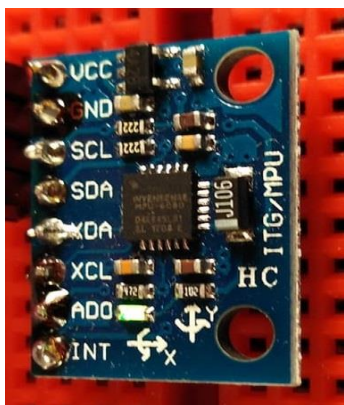
DMP procesor nám sbírá data v reálném čase a poskytuje tak tři hodnoty, které zaznamenávají rotaci kolem os X, Y a Z.

Modul byl dodán bez napájené kolíkové lišty, kterou bylo tedy nutné dopájet a pomocí multimetru se ujistit, že jednotlivé piny jsou vodivé a je tak možnost provést zapojení senzoru na nepájivém poli.

Zapojení modulu GY-521 s 8mi piny:

- VCC (deska je vybavena regulátorem napětí, lze připojit ke zdrojům 3,3V a 5V),
- GND,
- SCL (Serial Clock Line protokolu I2C),
- SDA (Sériová datová linka protokolu I2C),
- XDA (Pomocná data),
- XCL (Pomocné hodiny),
- AD0 (AD0 LOW, adresa I2C desky bude 0x68. AD0 HIGH, adresa bude 0x69),
- INT (Přerušení digitálního výstupu).

Obr. 4.3 Senzor MPU-6050



Zdroj: vlastní foto

4.4 Zapojení senzoru MPU-6050 k platformě Arduino UNO

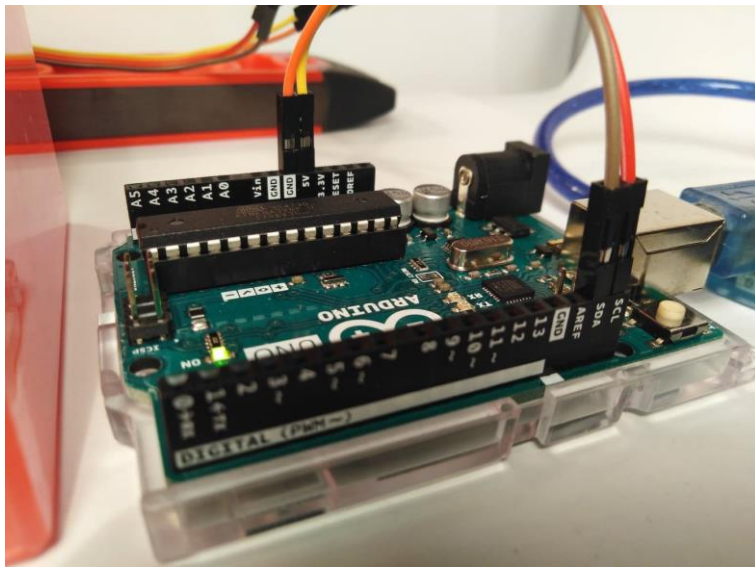
Pro zachycení hodnot rotací os gyroskopu modulu MPU-6050 použijeme jen první čtyři piny. A to piny s označením VCC, GND, SDA a SCL.

Připojíme na nepájivém poli pin s označením VCC k 5V pinu Arduina. Poté spojíme GND pin na modulu s jedním z GND pinů Arduina.

Po proměření funkčnosti vodičů tak můžeme jednotlivé vodiče začít připojovat k platformě Arduino.

Dále nastavujeme I²C sběrnicové spojení mezi modulem senzoru MPU 6050 a Arduinem UNO přes piny SCL a SDA jejich vzájemným propojením hnědým a červeným vodičem.

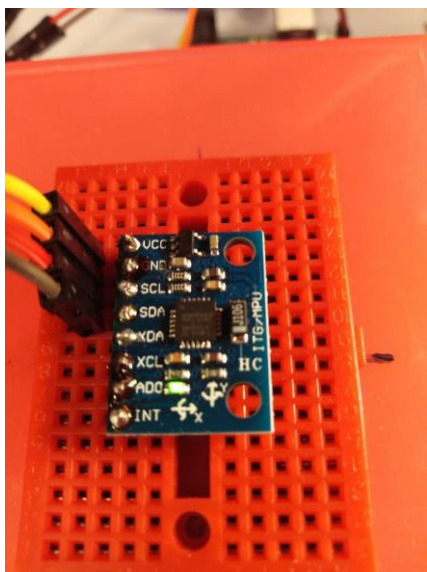
Obr. 4.4 Zapojení senzoru MPU-6050 k Arduino UNO



Zdroj: vlastní foto

K platformě je tak připojen senzor MPU-6050. Platforma Arduino UNO je poté přes USB kabel připojena k osobnímu počítači.

Obr. 4.5 Připojený senzor MPU-6050

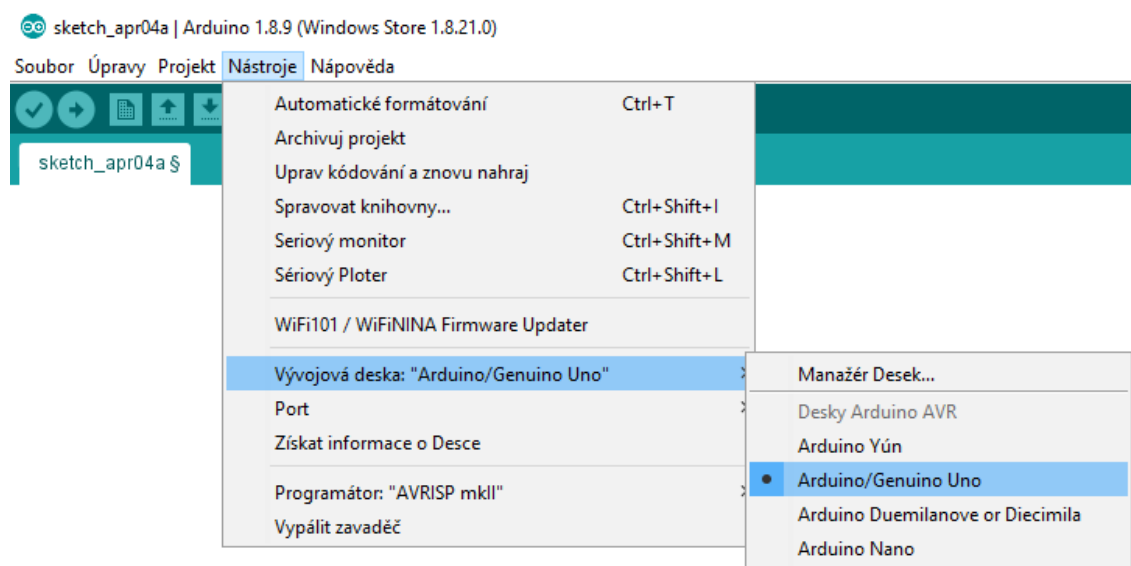


Zdroj: vlastní foto

4.5 Knihovna Wire a zdrojový kód v prostředí Arduino IDE

Pro správnou funkci musíme zvolit námi používanou platformu v prostředí Arduino IDE.

Obr. 4.6 Výběr platformy v prostředí Arduino IDE



Zdroj: vlastní foto

V nástrojích tak spravujeme knihovny a zahrnutím knihovny Wire.h umožňujeme našemu senzoru komunikaci s ostatními zařízeními přes multi-masterovou počítačovou sběrnici I²C na bázi řízení master-slave (řídící-řízený).

Pro oživení senzoru je zapotřebí zdrojového kódu a jeho následné zkompilování do platformy Arduino UNO.

Složení zdrojového kódu:

- deklarace proměnných,
- nastavení počátečních hodnot,
- převodní funkce,
- výstup (funkce print() – „tisk“).

Obr. 4.7 Zdrojový kód v prostředí Arduino IDE



```
sketch_apr04a | Arduino 1.8.9 (Windows Store 1.8.21.0)
Soubor Úpravy Projekt Nástroje Nápověda

#include "Wire.h"
const int MPU_ADDR = 0x68;
int16_t accelerometer_x, accelerometer_y, accelerometer_z;
int16_t gyro_x, gyro_y, gyro_z;
int16_t temperature;
char tmp_str[7];
char* convert_int16_to_str(int16_t i) {
    sprintf(tmp_str, "%6d", i);
    return tmp_str;
}
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    Wire.begin();
    Wire.beginTransmission(MPU_ADDR);
    Wire.write(0x6B);
    Wire.write(0);
    Wire.endTransmission(true);
}
void loop() {
    Wire.beginTransmission(MPU_ADDR);
    Wire.write(0x3B);
    Wire.endTransmission(false);
    Wire.requestFrom(MPU_ADDR, 7*2, true);

    accelerometer_x = Wire.read() << 8 | Wire.read();
    accelerometer_y = Wire.read() << 8 | Wire.read();
    accelerometer_z = Wire.read() << 8 | Wire.read();
    temperature = Wire.read() << 8 | Wire.read();
    gyro_x = Wire.read() << 8 | Wire.read();
    gyro_y = Wire.read() << 8 | Wire.read();
    gyro_z = Wire.read() << 8 | Wire.read();

    Serial.print("aX = "); Serial.print(convert_int16_to_str(accelerometer_x));
    Serial.print(" | aY = "); Serial.print(convert_int16_to_str(accelerometer_y));
    Serial.print(" | aZ = "); Serial.print(convert_int16_to_str(accelerometer_z));
    Serial.print(" | tmp = "); Serial.print(temperature/340.00+36.53);
    Serial.print(" | gX = "); Serial.print(convert_int16_to_str(gyro_x));
    Serial.print(" | gY = "); Serial.print(convert_int16_to_str(gyro_y));
    Serial.print(" | gZ = "); Serial.print(convert_int16_to_str(gyro_z));
    Serial.println();

    delay(1000);
}
```

Zdroj: vlastní zpracování dle [14].

- **Int16_t** - Předpokládáme, že senzor používá 16ti bitové celé číslo, nebo chceme vytvořit celé číslo, které je vždy 16ti bitové.
- **Void setup ()** - Deklarace pro funkci zvanou setup.

- **Serial.begin()** - Nastavuje rychlost přenosu dat v bitech za sekundu (baud) pro sériový přenos dat. Pro komunikaci s počítačem v našem případě použijeme rychlost 9600.
- **Wire.begin ()** - Spustí knihovnu Wire a připojí sběrnici I²C jako master nebo slave.
- **Wire.write ()** - Zapisuje data z podřízeného zařízení v odezvě na požadavek z masteru. (mezi **beginTransmission ()** a **endTransmission ()**).
- **Wire.read ()** - Čte bajt, který byl po volání requestFrom () vyslán z podřízeného zařízení do masteru, nebo byl vyslán z masteru na slave.
- **Serial.print ()** - Vytiskne data do sériového portu jako lidsky čitelný ASCII text. Tento příkaz může mít mnoho podob. Čísla jsou vytištěna pomocí znaku ASCII pro každou číslici.
- **Delay()** – Pozastaví program na dobu udávanou v milisekundách zadanou jako parametr.

4.6 Výstupní data Arduino IDE

Výstupní data získáváme v prostředí Arduino IDE prostřednictvím tzv. sériového monitoru a sériového plotteru. Ze zdrojového kódu tak můžeme vidět, že daná výstupní data z Arduina jsou zaznamenávána v surových hodnotách pro akcelerometr a gyroskop. Mezi nimi se také vyskytuje informace o provozní teplotě čipu a jeho blízkého okolí.

Pro náš případ budeme sledovat zejména hodnoty aX a aY, přičemž ostatní hodnoty jsou v našem případě pouze doplňkové. Mohly by být použity při rozšíření poskytovaných funkcí modulem MPU-6050 Arduinu a napasování použití tohoto senzoru například pro upřesňování polohy GPS, nebo při trasování a rychlosti pohybu daného předmětu.

V našem případě je předmětem manipulační jednotka ve tvaru kvádro obsahující tento gyroskopický senzor a akcelerometr na její vrchní části pro použití při převržení či větším naklonění manipulační jednotky vůči podkladu, na kterém je převážena/skladována.

4.7 Naměřené hodnoty

V případě měření se vyskytují pouze surové hodnoty v řádech tisíců jednotek, namísto námi potřebného údaje o naklonění předmětu – manipulační jednotky v úhlových stupních. Manipulační jednotkou je v našem případě růžová plastová krabice. Tato krabice slouží pouze jako model pro následné využití v praxi.

Naměřené hodnoty jsou zpracovány pomocí výpočtů a tabulek. Snažíme se tak dopočítat pomocí výstupních hodnot, zpracovávaných Arduinem a zobrazených v sériovém monitoru, nebo na sériovém plotteru nové vstupní hodnoty pro návrh využití tohoto senzoru.

4.7.1 Výchozí hodnoty

Po zprůměrování 16ti vzorků jsme došli k výchozím hodnotám:

- $[aX] = 875$ bodů
- $[aY] = -132$ bodů

Tab. 4.3 Výchozí hodnoty os manipulačního zařízení

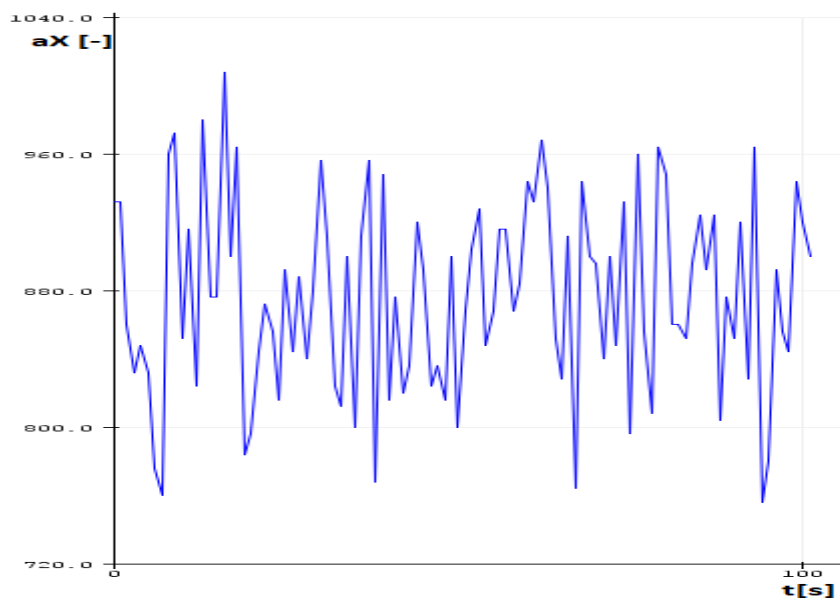
0°	t[s]	aX[-]	aY [-]
	1	752	-204
	2	908	-96
	3	948	-152
	4	904	-60
	5	784	-172
	6	844	-84
	7	1000	-160
	8	908	-104
	9	856	-176
	10	788	-108
	11	896	-52
	12	852	-60
	13	940	-148
	14	868	-204
	15	936	-180
	16	816	-148
	SUMA	14000	-2108
	A	875	-131,75

Zdroj: vlastní zpracování

Výchozí naměřené hodnoty v klidné poloze manipulační jednotky v pozici, kdy se celou svou podstavou dotýká podložky, můžeme zobrazit za použití sériového plotteru.

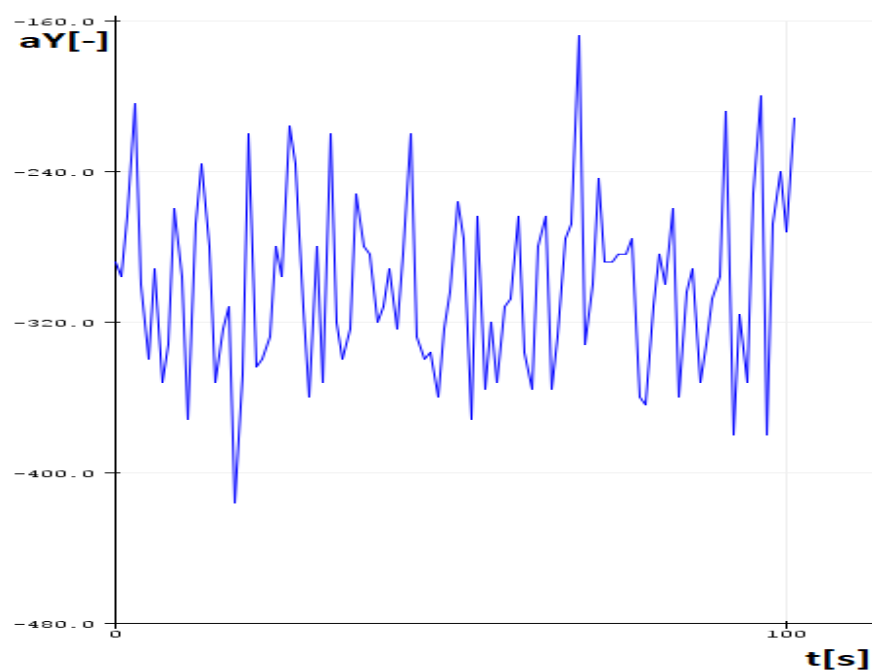
Pro osu aX jsou tak měřeny výchozí hodnoty po dobu 100s. Stejný postup tak volíme i pro osu aY.

Obr. 4.8 Výchozí hodnoty plotteru - osa aX



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 4.9 Výchozí hodnoty plotteru - osa aY

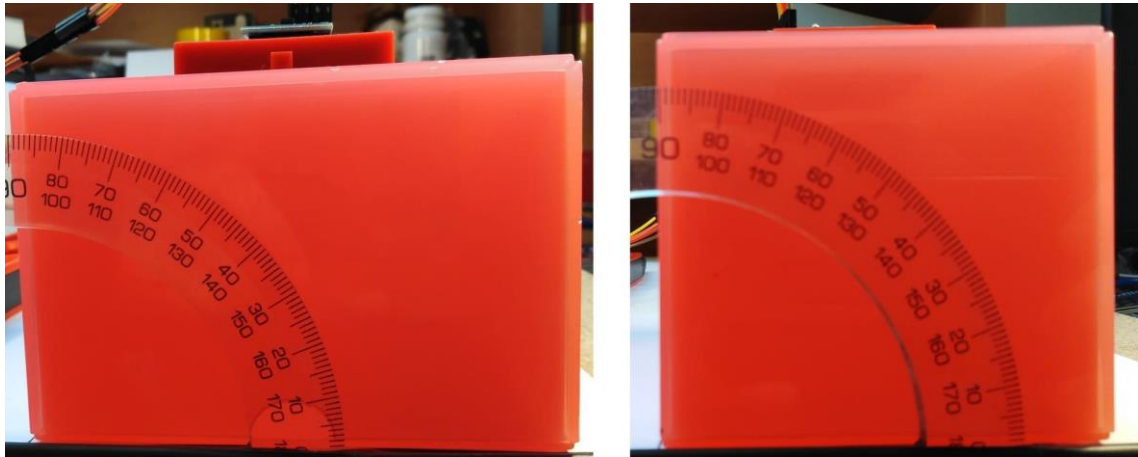


Zdroj: vlastní zpracování

4.7.2 Hodnoty při naklonění

Hodnoty **B1aX** a **B1aY** značí hodnoty měřené senzorem při naklonění modelu manipulační jednotky o 10° vůči podložce na levou stranu. Odtud můžeme matematicky odvodit opačnou hodnotu při naklonění na pravou stranu odečtením rozdílu od výchozí hodnoty.

Obr. 4.10 Výchozí poloha modelu manipulační jednotky – měření aX a aY



Zdroj: vlastní foto

Uvedením modelu manipulační jednotky do polohy, kde svírá podstava s podložkou úhel 10° tak měříme souřadnice v této poloze po dobu 16s. Získáváme tak hodnoty pro následné výpočty.

Obr. 4.11 Poloha modelu manipulační jednotky ($10^\circ, 15^\circ, 90^\circ$) – měření aX



Zdroj: vlastní foto

Měření tak opakujeme pro polohu modelu v poloze, kde svírá podstava s podložkou úhel 15° . Opět hodnoty uvedeme do měření a vypočítáme průměrnou hodnotu.

Obr. 4.12 Poloha modelu manipulační jednotky (10°,15°,90°) – měření aY



Zdroj: vlastní foto

Veškerá tato měření využijeme pro výpočet průměrné hodnoty naklonění podstavy manipulační jednotky o 1° od podložky.

Tab. 4.4 Hodnoty naklonění v ose aX a aY o 10°

10°	t[s]	aX[-]	aY [-]
	1	3608	2780
	2	3672	2728
	3	3692	2664
	4	3648	2728
	5	3544	2660
	6	3504	2768
	7	3656	2684
	8	3712	2736
	9	3580	2708
	10	3556	2776
	11	3672	2760
	12	3728	2748
	13	3672	2760
	14	3628	2720
	15	3700	2696
	16	3568	2716
	SUMA	58140	43632
	B1	3633,75	2727

Zdroj: vlastní zpracování

Hodnota pro náklon o 10° v ose aX od původní hodnoty:

$$H_1(X) = \frac{B1(aX) - A(aX)}{10} = \frac{3633,75 - 875}{10}$$

$$H_1(X) = 275,9$$

Hodnota pro náklon o 10° v ose aY od původní hodnoty:

$$H_2(Y) = \frac{Bl(aY) - A(aY)}{10} = \frac{2727 - (-131,755)}{10}$$

$$H_2(Y) = 285,9$$

Tab. 4.5 Hodnoty naklonění v ose aX a aY o 15°

15°	t[s]	aX[-]	aY [-]
	1	5136	4264
	2	5216	4204
	3	5180	4208
	4	5276	4224
	5	5084	4240
	6	5132	4168
	7	5132	4208
	8	5176	4220
	9	5084	4224
	10	5096	4228
	11	5052	4244
	12	5128	4284
	13	5176	4252
	14	5148	4304
	15	5084	4136
	16	5212	4224
	SUMA	82312	67632
	C1	5144,5	4227

Zdroj: vlastní zpracování

Hodnota pro náklon o 15° v ose aX od původní hodnoty:

$$H_1(X) = \frac{Bl(aX) - A(aX)}{15} = \frac{5144,5 - 875}{15}$$

$$H_1(X) = 284,6$$

Hodnota pro náklon o 15° v ose aY od původní hodnoty:

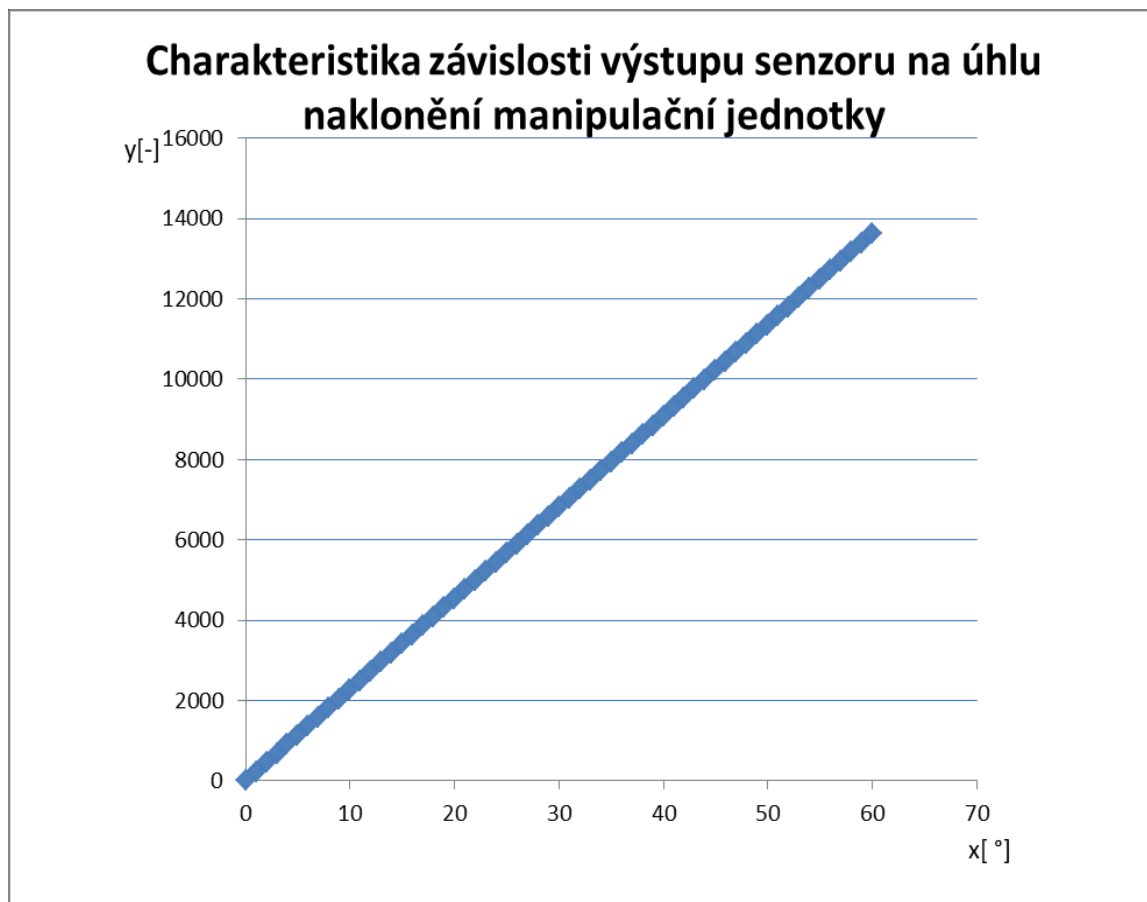
$$H_2(Y) = \frac{Bl(aY) - A(aY)}{15} = \frac{4227 - (-131,755)}{15}$$

$$H_2(Y) = 290,6$$

Můžeme tedy tvrdit, že hodnoty pro osy aX a aY se nám téměř shodují. Měření naklonění manipulační jednotky o 10 a 15 úhlových stupňů od podložky je tedy správné. Z obou měření nám pak vychází, že jeden úhlový stupeň odpovídá přibližně 284 bodům. Měření tak můžeme považovat za úspěšné a naměřené hodnoty považovat jako vstupní hodnoty pro návrh využití senzoru MPU-6050 v logistice.

Průměrná hodnota pro 1° naklonění: $\bar{H} = 284,25$

Obr. 4.13 Závislost výstupu senzoru (aX, aY) na úhlu naklonění



Zdroj: vlastní zpracování

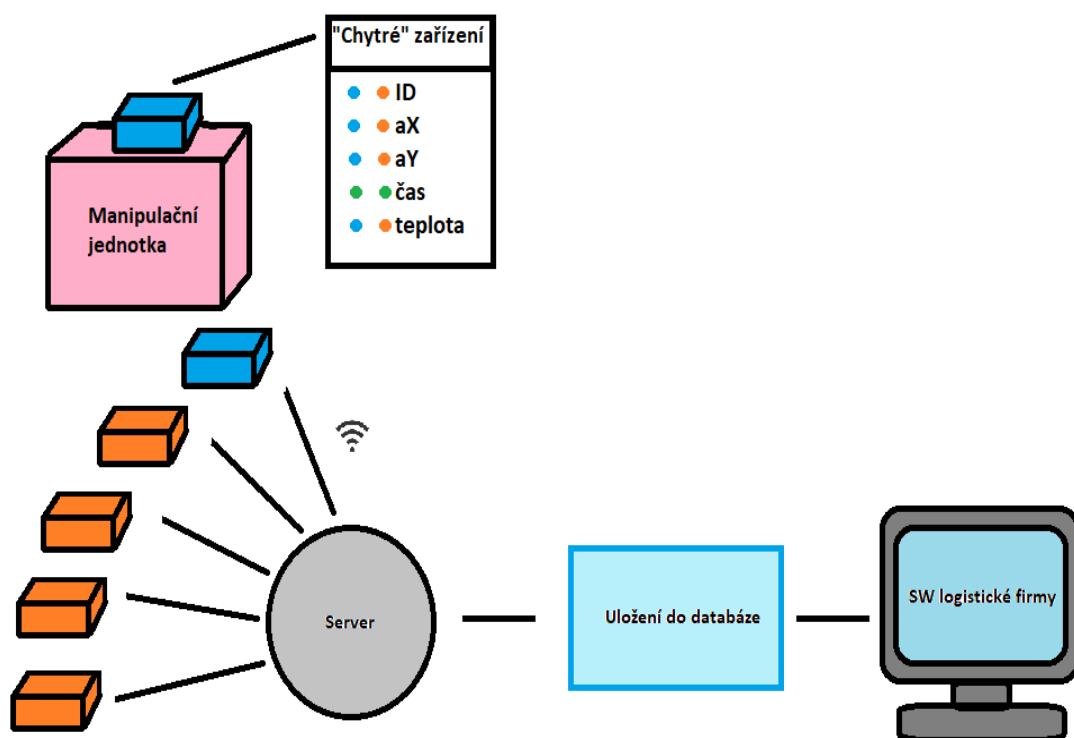
Hodnoty měřené při náklonu 60° a více již nejsou lineárně závislé na předchozích dvou měřeních.

4.8 Návrh použití výstupních dat senzoru MPU-6050 v logistice

Správná aplikace chytrého zařízení na manipulační jednotku a následné nastavení je klíčové pro získání výstupních dat. Výstupní data mohou být následně přenášena přes komunikační kanál na server. Dále prostřednictvím Internetu ukládána do online databáze dané logistické firmy.

Firma tak může data zpracovávat za pomoci SW a kontrolovat tak stav (v našem případě naklonění v čase v osách X a Y) svých manipulačních jednotek, které má v oběhu, v reálném čase.

Obr. 4.14 Návrh použití



Zdroj: vlastní zpracování

4.8.1 Komunikace s vnější a vnitřní IP sítí

Pro komunikaci mezi manipulační jednotkou a následně serverem s vnější i vnitřní IP lze užít přenosových technologií:

- WAN Ethernet,
- LAN Ethernet,
- ADSL/VDSL,
- 4G,
- WLAN 802.11.

Ke komunikaci serveru s vnitřní sítí se používají technologie:

- Wireless M-Bus,
- ZigBee,Z-Wave,
- Bluetooth.

Komunikační protokol na aplikační vrstvě může sloužit pro komunikaci serveru s vnější i vnitřní sítí. Možné protokoly byly rozebrány v předchozí kapitole 3.

4.8.2 Uložení do databáze

Jakmile jsou výstupní hodnoty zpracovány a přeneseny ze senzoru připojeného k Arduino na server, je nutné, aby server umístil tyto hodnoty do online databáze. Každé manipulační jednotce tak bude přiděleno vlastní ID. Pod každým ID manipulační jednotky se tak bude skrývat několik atributů.

Atributy v databázi:

- aX [-]
- aY [-]
- t [°C]

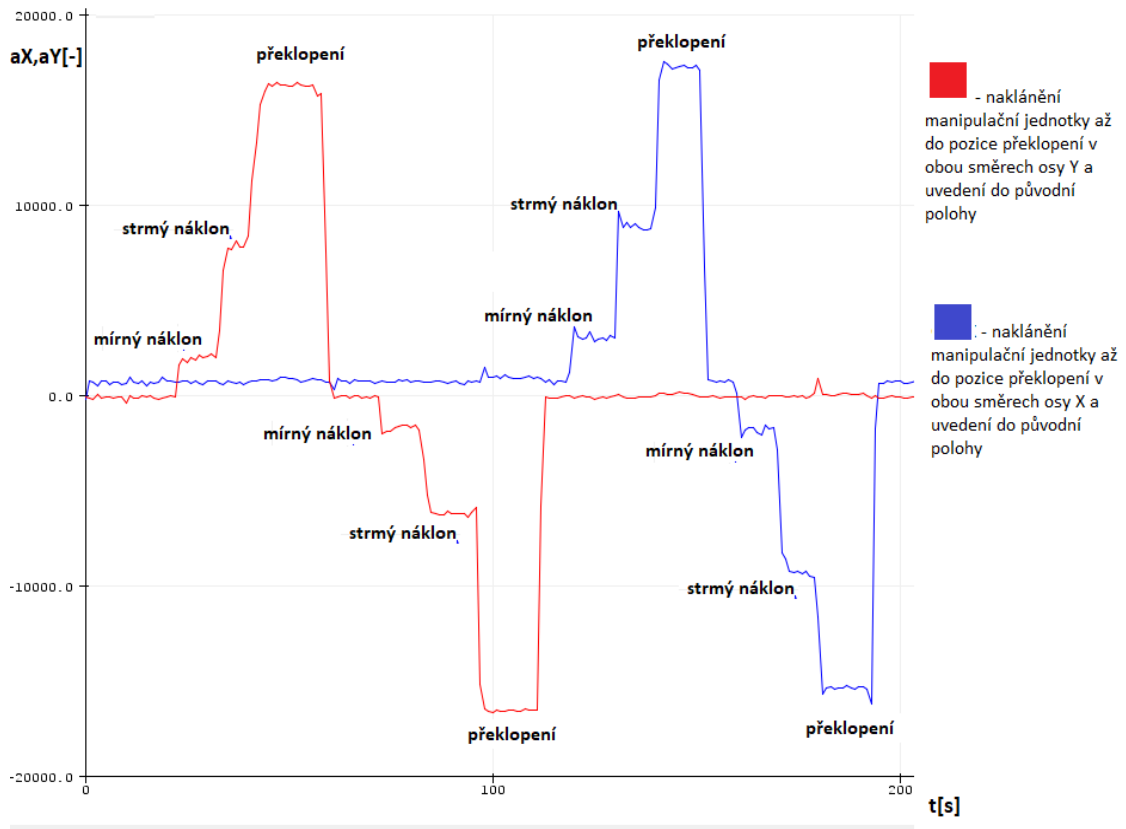
Databáze tak může sloužit pouze pro přehled, či zpětné dohledání jednotlivých hodnot v daném čase.

Atributy jednotlivých manipulačních jednotek pak mohou být následně zpracovávány softwarem logistické firmy.

4.8.3 Software pro logistické firmy

Softwarem by měl být program zobrazující stav všech manipulačních jednotek využívající tento návrh v reálném čase. Měl by tak být navržen na míru vzhledem k typu manipulační jednotky. Mohl by tak vykreslovat jednotlivé pohyby (naklonění) manipulačních jednotek při jejich skladování, či manipulaci s nimi.

Obr. 4.15 Náklon manipulační jednotky v čase t



Zdroj: vlastní zpracování

Software by tak upozorňoval na nesprávnou manipulaci, či na větší naklonění manipulační jednotky, než bylo žádáno.

Logistická firma, nebo řidič dopravního prostředku, ve kterém je manipulační jednotka umístěna, by tak měl okamžitý přehled o jejím stavu během přepravy, či skladování.

Závěr

Tato bakalářská práce popisuje základní pohled na logistiku, Průmysl 4.0 a IoT. Úvod práce se věnuje popisu základních logistických pojmů nutných pro pochopení dalších částí této práce. Jsou zde dále popsány nutné informace o problémech a možnostech Průmyslu 4.0 a systémů IoT. Rozebrány jsou zde možnosti Průmyslu 4.0, jako jsou jednotlivé národní iniciativy a jejich jednotlivé body. Zejména odvětví iniciativ zabývajících se aplikací autonomních robotů, využívání velkých dat, cloudových úložišť a senzorů. Jsou zde popsány jednotlivé modely pro komunikaci těchto senzorů v IoT.

Analyzujeme tak klíčové aspekty výzkumu a vývoje v těchto oblastech. Velký důraz je kladen na pochopení funkce a fyzikálních vlastností chytrých senzorů. Popisují se zde funkce MEMS senzorů, zejména gyroskopického senzoru a akcelerometru.

Praktická část práce se věnuje využití senzorů v logistice, čímž je aplikace senzoru MPU-6050 na model manipulační jednotky a jeho experimentální ověření. Po zapojení senzoru MPU-6050 k Platformě Arduino UNO a následného osazení modelu manipulační jednotky tímto senzorem jsem měřením dokázal funkčnost využití tohoto senzoru v logistice. Naměřené hodnoty pro dané úhly naklonění manipulační jednotky jsou tak zobrazeny na obrázcích a zaneseny do tabulek a grafů.

Následnými výpočty jsme došli k průměrné hodnotě naklonění modelu manipulační jednotky $\bar{H} = 284,25$ o 1° vůči podložce. Tato hodnota je pak zanesena do grafu pro jednotlivý počet stupňů naklonění manipulační jednotky. Odtud je pak následně vytvořen návrh pro využití těchto hodnot softwarem logistické firmy. Software pak následně upozorňuje logistickou firmu na nedostatky při přepravě jejich manipulačních jednotek. Z hlediska bezpečnosti by tak mohla tzv. „chytrá manipulační jednotka“ upozorňovat na změnu polohy v rámci sítě i lokálně – například za pomoci zvukových či světelných efektů.

Soupis bibliografických citací

- [1] KUBÁT, Jiří a Vladimír LÍBAL. ABC logistiky v podnikání. Praha: Nakladatelství dopravy a turistiky, 1994. ISBN 80-85884-11-9.
- [2] DRAHOTSKÝ, Ivo a Bohumil ŘEZNÍČEK. Logistika - procesy a jejich řízení. Brno: Computer Press, 2003. Praxe manažera (Computer Press). ISBN 80-7226-521-0.
- [3] ČSN EN 14943: 2005 Transport services - Logistics - Glossary terms. Brusel: European Committee for Standardization, 2005.
- [3] PERNICA, Petr. Logistika (supply chain management) pro 21. století. Praha: Radix, 2005. ISBN 80-86031-59-4.
- [4] PERNICA, Petr. Arts logistics. Praha: Oeconomica, 2008. ISBN 9788024514123.
- [5] MAŘÍK, Vladimír. Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0. Str. 22
- [6] 4 Průmyslové revoluce | Siemens Česká republika - Czech Republic. [online]. Copyright © Siemens, s.r.o. 1996 [cit. 13.03.2019]. Dostupné z: <https://www.siemens.cz/prumysl40/prumyslove-revoluce>
- [7] MAYER-SCHÖNBERGER, Viktor a Kenneth CUKIER. Big Data. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-4119-9.
- [8] Disk Google – cloudové úložiště a zálohování fotek, dokumentů a dalších souborů. Google [online]. Dostupné z: https://www.google.com/intl/cs_ALL/drive/
- [9] ČÍKA, Petr. Internet věcí pro inteligentní domácnost: Internet of things for smart home : zkrácená verze habilitační práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, nakladatelství VUTIUM, 2017. ISBN 9788021455597.
- [10] RFC 7452: Architectural Considerations in Smart Object Networking. 1. vyd. 2015 [cit. 10.04.2019]. Dostupné z: <https://tools.ietf.org/pdf/rfc7452.pdf>
- [11] HUSÁK, Miroslav. Mikrosenzory a mikroaktuátory. Praha: Academia, 2008. Gerstner. ISBN 978-80-200-1478-8.
- [12] ATmega328P - 8-bit AVR Microcontrollers. Home | Microchip Technology [online]. Copyright © Copyright 1998 [cit. 11.04.2019]. Dostupné z: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/atmega328p>

[13] Originál Arduino Uno Rev3 | arduino-shop.cz. Arduino-shop.cz: VELKOOBCHOD, MALOOBCHOD S ARDUINEM [online]. Copyright © Copyright ECLIPSE s.r.o. [cit. 11.04.2019]. Dostupné z: <https://arduino-shop.cz/arduino/1511-original-arduino-uno-rev3.html>

[14] SCHOEFFLER, Michael. Tutorial: How to use the GY-521 module Copyright © Copyright Michael Schoeffler [cit. 11.04.2019]. Dostupné z: <http://www.mschoeffler.de/2017/10/05/tutorial-how-to-use-the-gy-521-module-mpu-6050-breakout-board-with-the-arduino-uno/>

[15] DLprofi.cz. Dopravní Logistika [online] [cit. 13.03.2019]. Dostupné z: <https://www.dlprofi.cz/log/onb/images/log/11/10.1.1/img001.png>

Seznam zkratek a značek

cIoT (Consumer Internet of Things) – Spotřebitelský internet věcí

ID – Identifikátor

IT – Informační technologie

IoT (Internet of Things) – Internet věcí

IIoT (Industrial Internet of Things) – Průmyslový internet věcí

MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) – Mikroelektromechanické Systémy

ROI (Return on Investment) – Návratnost investic

SW – Software

USA – Spojené státy americké

USB (Universal Serial Bus) – Univerzální sériová sběrnice

Seznam ilustrací a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1.1	Logistický řetězec.....	12
Obr. 1.2	Logistické procesy.....	17
Obr. 2.1	CPS.....	20
Obr. 3.1	Coriolisova síla.....	31
Obr. 3.2	Pružiny v integrovaném gyroskopu.....	31
Obr. 4.1	Manipulační jednotka s připevněným senzorem	35
Obr. 4.2	Vývojová platforma Arduino UNO.....	36
Obr. 4.3	Senzor MPU-6050.....	38
Obr. 4.4	Zapojení senzoru MPU-6050 k Arduino UNO	39
Obr. 4.5	Připojený senzor MPU-6050	39
Obr. 4.6	Výběr platformy v prostředí Arduino IDE.....	40
Obr. 4.7	Zdrojový kód v prostředí Arduino IDE.....	41
Obr. 4.8	Výchozí hodnoty plotteru - osa aX.....	44
Obr. 4.9	Výchozí hodnoty plotteru - osa aY.....	44
Obr. 4.10	Výchozí poloha modelu manipulační jednotky – měření aX a aY	45
Obr. 4.11	Poloha modelu manipulační jednotky (10°,15°,90°) – měření aX	45
Obr. 4.12	Poloha modelu manipulační jednotky (10°,15°,90°) – měření aY	46
Obr. 4.13	Závislost výstupu senzoru (aX, aY) na úhlu naklonění	48
Obr. 4.14	Návrh použití	49
Obr. 4.15	Náklon manipulační jednotky v čase t.....	51

Seznam tabulek

Tab. 4.1	Parametry ATmega328P	36
Tab. 4.2	Parametry Arduino UNO.....	37

Tab. 4.3	Výchozí hodnoty os manipulačního zařízení	43
Tab. 4.4	Hodnoty naklonění v ose aX a aY o 10°	46
Tab. 4.5	Hodnoty naklonění v ose aX a aY o 15°	47

Autor (vypracoval)	David Kolmaš
Název BP	Koncept Internetu věcí v logistice
Studijní obor	INM
Rok obhajoby BP	2019
Počet stran	58
Počet příloh	0
Vedoucí BP	doc. Dr. Ing. Oldřich Kodym
Oponent BP	
Anotace	<p>Účelem této práce je seznámit se s problematikou nástupu elektrotechniky a logistiky. Pochopit tak důležitost a možnosti tzv. čtvrté průmyslové revoluce, která je řešeným tématem posledních let a nabízí možnosti šířící se všemi obory včetně logistiky. U všech těchto oborů uplatníme nové technologie, ať už v robotizaci, virtuální realitě, či co se sběru dat týče. Jsou zde vysvětleny jednotlivé problematiky týkající se Internetu věcí a jeho využití, možnosti komunikace v této síti a využití senzorů v průmyslovém odvětví IoT. Rozbor jednotlivých senzorů a jejich parametrů a pochopení funkce tří-osého gyroskopu, je klíčové pro praktický výstup této práce. Tím je aplikace senzoru MPU-6050 v logistice.</p>
Klíčová slova	Průmysl 4.0, Internet věcí, senzor, manipulační jednotka
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	

