ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

RFID technologie a jejich využití pro evidenci

Martin Partingl **2016**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: **2015/2016**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Bc. Martin PARTINGL**
Osobní číslo:	**E14N0027P**
Studijní program:	**N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor:	**Komerční elektrotechnika**
Název tématu:	**RFID technologie a jejich využití pro evidenci**
Zadávající katedra:	**Katedra technologií a měření**

Zásady pro vypracování:

1. Popište RFID technologie z hlediska jejich vývoje a možností použití
2. Vyhledejte a zhodnoťte dostupný hardware a software pro práci s RFID technologiemi
3. Navrhněte evidenční software a hardware
4. Navržené řešení implementujte a vyhodnoťte

Rozsah grafických prací:	**podle doporučení vedoucího**
Rozsah kvalifikační práce:	**40 - 60 stran**
Forma zpracování diplomové práce:	**tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.**

Vedoucí diplomové práce:	**Ing. et Ing. Petr Kašpar, Ph.D.** Katedra technologií a měření
Datum zadání diplomové práce:	**15. října 2015**
Termín odevzdání diplomové práce:	**16. května 2016**

Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan

L.S.

Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2015

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na využití RFDI. V úvodu práce je popsána historie RFID technologie. Dále následuje popis RFID. Součástí popisu je rozdělení transpondérů a čteček. Práce uvádí přehled dostupného hardwaru pro RFID technologii. V praktické části práce byl vytvořen program pro navigaci ve skladu. Součástí navigace je užití RFID. Program je určen pro platformu Android. Poslední část práce obsahuje výsledky testování.

Klíčová slova

Android, čtečka, Dijkstra, navigace, NFC, smartphone, tablet, tag, transpondér, RFID

Abstract

This diploma thesis is focused on the use RFDI. The introduction describes the history of RFID technology. This is followed by a description of RFID. Part of the description is a division of transponders and readers. Thesis introduces available hardware for RFID technology. In the practical part of the work was created program to navigate in the warehouse. The part of navigation is RFID. The program is developed for the Android platform. The last part of the thesis contains the results of testing.

Key words

Android, reader, Dijkstra, navigation, NFC, smartphone, tablet, tag, transponder, RFID

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 10.5.2016 Martin Partingl

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. et Ing. Petru Kašparovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

OBSAH **7**

ÚVOD **9**

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK **10**

1 VÝVOJ RFID **11**

2 POPIS RFID TECHNOLOGIE **13**

2.1 PRACOVNÍ FREKVENCE 14
2.2 TAGY 15
2.2.1 Dělení podle napájení *15*
2.2.2 Dělení podle tříd *16*
2.2.3 Dělení podle typu pamětí *16*
2.2.4 Provedení tagů *17*
2.3 ČTEČKA 18
2.3.1 Stacionární *18*
2.3.2 Mobilní *19*
2.4 MIDDLEWARE 19
2.5 STANDARDY 20
2.6 EPC 21
2.7 NFC 22

3 PŘEHLED HARDWARU **24**

3.1 RFID ČTEČKY 24
3.1.1 Motorola MC3190-Z *24*
3.1.2 CipherLab RS30 ..... *25*
3.1.3 Běžný smartphone nebo tablet *26*
3.1.4 RFID UHF čtečka-zapisovačka Arete Pop *26*
3.1.5 IDBLUE *27*
3.2 TAGY 28
3.2.1 Smart Label *29*
3.2.2 Alien UHF RFID tag *29*
3.2.3 NFC štítek, 38mm, NTAG203 ..... *30*

4 NAVIGACE PRO SKLADY **31**

4.1 HARDWARE 31
4.1.1 Arianna SmartSensor *31*
4.1.2 Výpočetní zařízení *31*
4.1.3 Tagy *31*
4.2 NÁVRH ŘEŠENÍ 32
4.2.1 Data a jejich zpracování *32*
4.2.2 Mapové podklady *35*
4.2.3 Algoritmus pro vyhledávání trasy *39*
4.3 POPIS APLIKACE 41
4.3.1 Úvodní aktivita *42*
4.3.2 Kalibrační aktivita *43*
4.3.3 Navigační aktivita *44*

5 TESTOVÁNÍ **45**

5.1 TEST 1 45
5.2 TEST 2 47
5.3 TEST 3 47
5.4 TEST 4 48

5.5 TEST 5 48
5.6 TEST 6 49
6 ZÁVĚR 50
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ 51
PŘÍLOHY 1

Úvod

Žijeme v době kdy je kladen velký důraz na efektivitu. Omezenost zdrojů, stejně tak času nás vede k tomu, abychom s nimi zacházeli co nejefektivněji. Proto je vývoj směřován ke zjednodušení, usnadnění a zrychlení činností, případně jejich zautomatizování. Jedna z věcí usnadňující různé činnosti je RFID technologie.

RFID je zkratka pro Radio Frequency IDentification. Jde o jednu z forem bezdrátové komunikace, založené na rádiových vlnách. Její základy sahají až do doby 2. světové války. Od té doby však prošla velkým vývojem.

Nynější využití se nalézá jak v průmyslu, tak v běžném životě. RFID může sloužit jako alternativa k čárovým kódům, nicméně oproti nim má výhodu v tom, že čtečka nemusí přesně mířit na určité místo. Další výhodou je schopnost načíst více tagů najednou. RFID se nachází i v běžném životě například v podobě přístupových a platebních karet, mýtných bran, v knihovnách nebo čipování psů.

Jak již bylo zmíněno, RFID je alternativou čárových kódů a proto se nabízí její uplatnění pro evidenci při skladování. Cílem této práce je využití RFID technologie pro evidenci. Značení předmětů RFID tagem jako doplnění nebo nahrazení čárového kódu je již poměrně běžná záležitost. Proto je praktická část této práce zaměřena na celkem netradiční řešení využití RFID respektive NFC ve smartphonu. Toto řešení zahrnuje vývoj navigačního softwaru využívajícího RFID tagy jako síť pevných bodů zpřesňujících navigaci ve skladu.

Seznam symbolů a zkratek

EAS ..... Electronic article surveillance

EPC ..... Electronic Product Code

RFID..... Radio Frequency Identification

HF ..... High Frequency

IEC ..... International Electrotechnical Commission

IEEE ..... Institute of Electrical and Electronics Engineers

IFF..... Identification Friend or Foe

ISO ..... International Organization for Standardization

JIS ..... Japanese Industrial Standards

LF..... Low Frequency

MW ..... Microwave

NFC..... Near field communication

RO ..... Read Only

RS-232..... Sériový port

RW ..... Read Write

UHF..... Ultra High Frequency

USB..... Universal Serial Bus

WORM ..... Write Once Read Many

Symboly a značky užité při výpočtech

A – I ..... značení vrcholů grafu

d ..... vzdálenost od cílového bodu

x_k ..... korekce

x_p ..... hodnota tagu

x_u ..... hodnota upravená o korekci

x_z ..... hodnota přijatá ze zařízení

x_0 ..... x souřadnice cílového bodu

x_1 ..... x souřadnice bodu trasy

y_0 ..... y souřadnice cílového bodu

y_1 ..... y souřadnice bodu trasy

1 Vývoj RFID

Kořeny identifikačních technologií rádiové frekvence lze vysledovat zpět do doby druhé světové války. Němci, Japonci, Američané a Britové, všichni používali radar, který varoval před blížícími se letadly, zatímco byli ještě míle daleko. Problém byl v tom, že neexistoval žádný způsob, jak určit, která letadla patřila k nepříteli a která byla vlastní při návratu z mise.[1]

Němci zjistili, že naklonění letadla změnilo rádiový signál odrážející se od letadla zpět. Tohoto způsobu využívali, když se vraceli na základnu, aby upozornili obsluhu radaru, že to byla německá letadla a ne letadla spojenců. To byl v podstatě první pasivní systém RFID.[1]

V tajném projektu, který vedl Robert Alexander Watson-Watt Britové vyvinuli první aktivní identifikaci přítel - nepřítel (Identification friend or foe, zkratkou IFF). Do každého britského letadla umístili vysílač. Ten když obdržel signál ze stanice radaru na zemi, začal vysílat zpět a identifikoval letadlo jako přátelské. RFID funguje na stejném principu. Signál je odeslán do transpondéru, který se aktivuje, a buď odrazí signál zpět (pasivní systém) nebo signál vysílá (aktivní systém).[1]

Pokrok v radarových a radiofrekvenčních komunikačních systémech pokračoval v padesátých a šedesátých letech. Vědci ve Spojených státech, Evropě a Japonsku dělali výzkum a prezentovali, jak by mohla být použita radiofrekvenční energie k identifikaci objektů na dálku. Firmy začaly komercializaci proti krádeži se systémy, které používají rádiové vlny k určení, zda bylo za zboží zaplaceno. Elektronické články, které se používají i dnes jsou jednobitové tagy. Při placení je tag obsluhou deaktivován a zákazník může odejít. V případě, že za zboží není zaplaceno a není deaktivován tag, zachytí jej čtečka u dveří a je spuštěn zvukový alarm.[1]

První RFID patenty

První americký patent na aktivní RFID tag s přepisovatelnou pamětí obdržel Mario W. Cardullo 23. ledna 1973. Ve stejný rok získal patent také podnikatel z Kalifornie Charlse Walton. Patent se týkal pasivního transpondéru. Ten byl využit pro odemykání dveří bez

klíče. Když čtečka detekovala správné sériové číslo, došlo k odemčení dveří. Walton licencoval technologii firmě Schlage (výrobce zámků) a jiným společnostem.[1]

Americká vláda také pracovala na systémech RFID. V sedmdesátých letech byla Národní laboratoř Los Alamos požádána o vyvinutí systému pro sledování jaderného materiálu. Skupina vědců přišla s konceptem transpondéru umístěného v nákladním vozidle a čtečkou u brány zabezpečeného prostoru. Čtečka aktivuje transpondér a ten odpovídá s ID a dalšími údaji jako například ID řidiče. Tento systém byl komercializován v polovině osmdesátých let, kdy vědci, kteří pracovali na projektu, opustili Los Alamos a založili společnost, kde vyvíjeli systém pro automatické placení mýtného. Tyto systémy se staly široce používané na silnicích, mostech a tunelech po celém světě.[1]

Na žádost ministerstva zemědělství vyvinuli také v Los Alamos pasivní RFID tagy pro sledování krav. Problém byl, že nemocné krávy dostávali hormony a léky, ale bylo těžké se ujistit, že každá dostala správnou dávku, případně že nedostala dvě dávky. V Los Alamos přišli s pasivním RFID systémem, který používal UHF rádiové vlny. Zařízení čerpalo energii ze čtecího zařízení a odráželo zpět modulovaný signál ke čtecímu zařízení pomocí techniky známé jako zpětný rozptyl.[1]

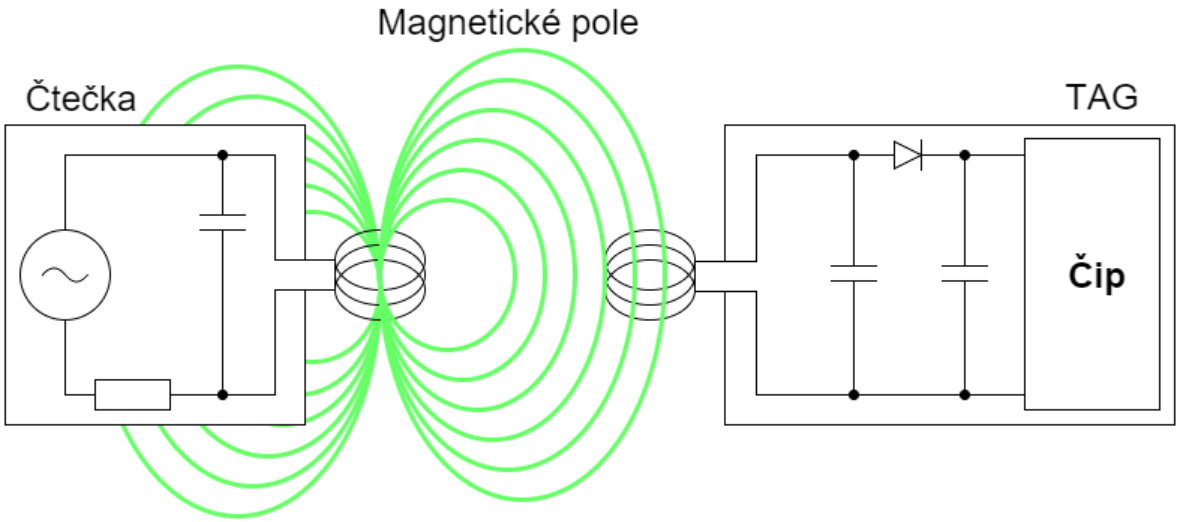
Později byl vytvořen nízkofrekvenční systém (125 kHz) poskytující menší transpondéry. Tyto transpondéry byly zapouzdřeny ve skle a mohli být aplikovány pod kůži krav. Tento systém je u krav použit i dnes.[1]

2 Popis RFID Technologie

RFID je zkratka pro Radio Frequency Identification. Je to obecný termín, který se používá k popisu systému, který bezdrátově přenáší totožnost objektu nebo osoby v podobě unikátního sériového čísla pomocí rádiových vln. K tomu aby mohl být objekt identifikován je zapotřebí, aby byl označen tagem. Tento tag komunikuje se čtecím zařízením.[2]

Systém RFID tvoří tři základní části, které jsou čtecí zařízení, transpondér (tag) a middleware (řídící software).

- Čtecí zařízení
- Transpondér (tag)
- Middleware (řídicí software)



Obr. 2.1 Schéma RFID systému[3]

Ze čtečky jsou periodicky vysílány elektromagnetické vlny, které zachytí anténa transpondéru naladěná na konkrétní frekvenci. V případě pasivního tagu je nabíjen kondenzátor. Když napětí na kondenzátoru vzroste na určitou velikost, je spuštěn řídící obvod tagu. Přijatý signál je modulován a odeslán zpět ke čtečce. Čtečka tuto odpověď přijímá, demoduluje a předává získanou informaci.[4]

Transpondér může být pasivní nebo aktivní. Aktivní transpondéry mají vlastní napájení ve formě baterie. To jim umožňuje vyšší výkon a tedy číst a zapisovat na větší vzdálenost (až 100 m). V důsledku toho jsou tyto transpondéry větší a dražší. Pasivní transpondéry získávají energii z elektromagnetického pole čtecího zařízení. To znamená, že nepotřebují vlastní napájení, což je činí velmi malé a levné.[5]

2.1 Pracovní frekvence

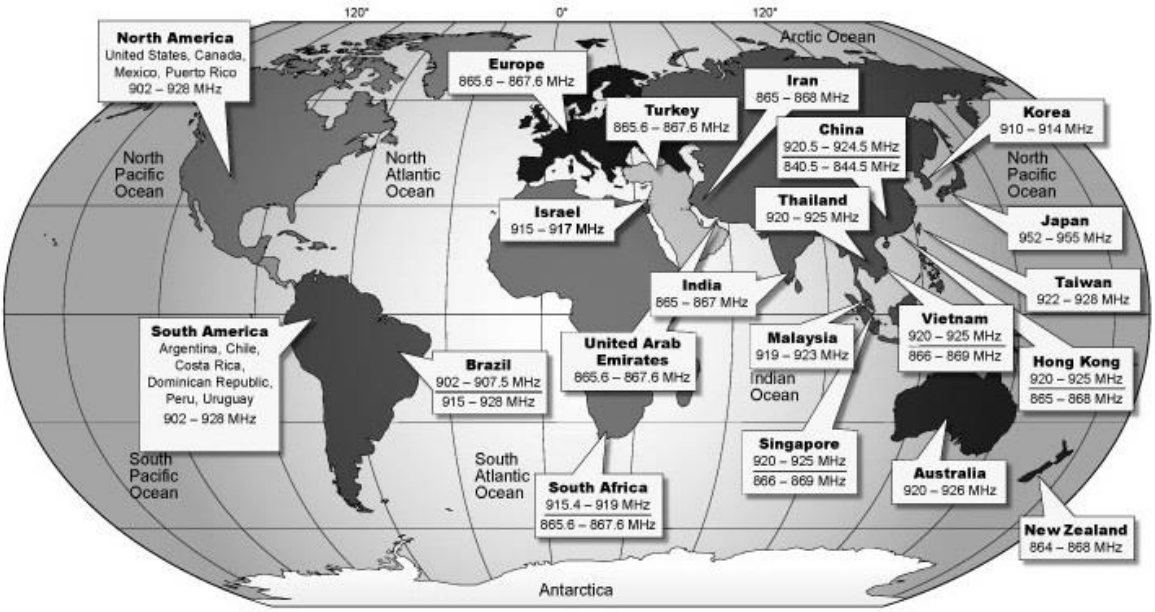
Systém RFID pracuje ve čtyřech základních frekvenčních pásmech. Frekvence se volí s ohledem na prostředí, ve kterém má systém pracovat. Dále je nutné uvažovat, že s frekvencí souvisí přenosová rychlost a vzdálenost pro čtení/zápis.

Tab. 2.1 Vlastnosti RFID technologie v závislosti na frekvenci[3,4,6,7]

Označení	Frekvence	Vzdálenost	Vlastnosti	Využití
LF (Low Frequency)	125 kHz - 134 kHz	10 – 20 cm max. 50 cm	- malá přenosová rychlost - možnost umístit v blízkosti kapalin a kovů - větší odolnost proti rušení - žádný anti-kolizní mechanismus	- identifikační karty - evidence zvířat - imobilizéry automobilů
HF (High Frequency)	13,56 MHz	do 1 m	- standardizovaná frekvence po celém světě - kovy a kapaliny snižují dosah a způsobují rušení - anti-kolize 10-40 tagů/s	- knihovní systémy - bezkontaktní platby - karty pro přístup
UHF (Ultra High Frequency)	860 MHz - 960 MHz	jednotky metrů	- nečitelné přes kapaliny - obtížné čtení na kovové podložce - anti-kolize 1500 tagů/s	- docházkové systémy - identifikace palet - sledování kontejnerů - elektronické mýtné
MW (Microwave)	2,4 GHz a 5,8 GHz	jednotky metrů	- velká přenosová rychlost - anti-kolize 50 tagů/s - velký vliv rušení	- identifikace vozidel - elektronické mýtné

Frekvence v pásmu UHF není dána mezinárodně. Z důvodu možného rušení televizního vysílání, mobilních operátorů a jiných sítí. Země je rozdělena na tři regiony se třemi frekvenčními pásmy.[8]

- Region 1 (Evropa a Afrika): 865 MHz – 869 MHz.
- Region 2 (USA, Kanada, Mexiko): 902 MHz – 928 MHz.
- Region 3 (Japonsko a Asie): 950 MHz – 956 MHz.



Obr. 2.2 Frekvence UHF ve světě (převzato z [9])

2.2 Tagy

RFID tag (transpondér) je jedna ze základních součástek RFID systému. Skládá se z integrovaného obvodu připojeného k anténě, která může být vytištěna, vyleptána nebo vyražena na papírovém nebo plastovém podkladu. Tato sestava bývá vložena do odolnějšího obalu. Existuje mnoho typů tagů lišící se napájením, pamětmi nebo frekvencemi na kterých pracují.[10]

2.2.1 Dělení podle napájení

- Aktivní – mají vlastní napájení v podobě baterie. Fungují na větší vzdálenost než pasivní. Mohou obsahovat senzory například pro měření teploty nebo jiné veličiny.[11]

- Pasivní – nemají vlastní napájení. Energii získávají z elektromagnetického pole čtečky.[11]

- Semi-aktivní – mají vlastní napájení, které ale slouží pouze pro vlastní obvod tagu a senzorů.[11]

- Semi-pasivní – mají vlastní napájení, ale na rozdíl od semi-pasivního je použito pouze pro vysílání a tím zvětšení komunikační vzdálenosti.[11]

2.2.2 Dělení podle tříd

Dělení podle tříd vyjadřuje možnost zápisu do tagu.[12]

- Class 0 Pouze čtení.
- Class 1 Jeden zápis, čtení.
- Class 2 Zapisování, čtení.
- Class 3 Stejné jako Class 2 + zdroj energie.
- Class 4 Stejné jako Class 3 + aktivní komunikace.
- Class 5 Stejné jako Class 4 + schopnost komunikace s pasivními tagy.

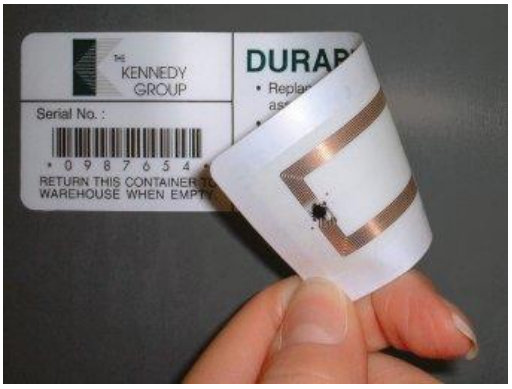
2.2.3 Dělení podle typu pamětí

- RO (Read Only) – Tyto tagy jsou naprogramovány z výroby. Obsahují sériové číslo. Paměť 40 – 512 bit. Rychlost čtení 1000 tagů/s.[4]
- WORM (Write Once Read Many) – K programování dochází až u prodejce nebo dodavatele. Tag je možné jednou naprogramovat a poté již nelze přepsat. Paměť 40 – 512 bit. Rychlost čtení 200 tagů/s.[4]
- RW (Read Write) – Programování lze dělat opakovaně (až 1000 zápisů). Paměť je poměrně velká, u pasivních 386 bit až 8 Kb, u aktivních 16 Kb až 2 Mb). Rychlost čtění 1000 tagů/s.[4]
- Kombinované – mohou obsahovat RO i RW paměť. RO paměť obsahuje neměnné sériové číslo a do RW paměti je možné zapisovat doplňující informace, které se mohou měnit.[4]

2.2.4 Provedení tagů

- EAS RFID tag – někdy označované jako 1 bitové tagy, protože nesou informaci o jednom bitu. Z tohoto důvodu jsou často používány v obchodech jako opatření proti zabránění krádeži, protože musí být u pokladny deaktivovány, aby nespustily alarm.[11]

- Smart label – jde o papírový štítek pod kterým je nalepen RFID tag. Výhodou tohoto řešení je možnost použití RFID čtečky i čtečky čárových kódů, protože je na něm natištěn čárový kód. Nevýhodou je menší odolnost vůči vnějším vlivům.[11]



Obr. 2.3 Smart label (převzato z [13])

- Smart card – jsou tagy ve formátu běžné karty, které se požívají často jako platební karty nebo jako přístupové karty otevírající dveře. Mohou obsahovat přídavnou paměť nebo obvody pro zabezpečenou komunikaci.

Obr. 2.4 Smart card (převzato z [14])

- Skleněné kapsle – jsou určené pro implantaci pod kůži. Aplikují se injekční stříkačkou. Slouží pro identifikaci zvířat. U domácích zvířat jako jsou kočky nebo psi bývá v čipu uloženo jméno zvířete a kontaktní údaje na majitele.

Obr. 2.5 Skleněné kapsle (převzato z [15])

2.3 Čtečka

Čtečka je zařízení sloužící ke čtení a zápisu tagu. Využívá připojenou anténu k zachycení údajů z tagu. Jednou z funkcí je také dodávat energii pasivnímu tagu. Čtečky existují v různých provedeních. Základní rozdělení je na stacionární čtečky a na mobilní čtečky.

2.3.1 Stacionární

Stacionární čtečky jsou obvykle pevně namontovány na určitém místě, jako například zeď nebo brána. Místo, kde jsou namontovány, však nemusí být statické. Mohou být umístěny na vysokozdvižném vozíku nebo v nákladním prostoru užitkového automobilu. Stacionární čtečky potřebují pro svou funkci připojit externí anténu. K jedné čtečce může být připojeno i více antén. [16]

Obr. 2.6 Stacionární čtečka (převzato z [17])

Obr. 2.7 Stacionární čtečka umístěná na vysokozdvižném vozíku (převzato z [17])

2.3.2 Mobilní

Ruční čtečky se obvykle používají k vyhledání položek v distribučních centrech nebo ke čtení značek, které nejdou přečíst přes portály. Tyto bezdrátové čtečky napájené bateriemi jsou pohodlné a univerzální. Některé z nich jsou samonosné počítače, zatímco jiné mohou být připojeny ke kapesním počítačům.[17]

Obr. 2.8 Ruční čtečka (převzato z [17])

2.4 Middleware

Middleware je software spojující RFID hardware a s podnikovými sítěmi. Stará se o přípravu údajů z RFID čteček a jejich předání do napojených IT systémů.

Middleware má čtyři základní funkce.[18]

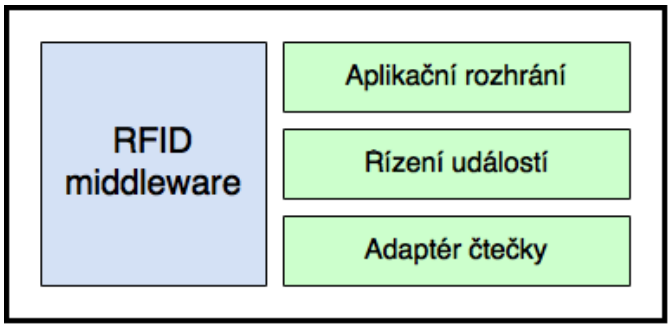
- Sběr údajů: Získává a filtruje údaje od více snímačů z celé sítě RFID. Reguluje potřebné množství dat, která se získají z celé sítě.

- Směřování údajů: Usměrňuje získané údaje do správné části podnikového systému, například některé informace jsou směřovány do systému skladových zásob a jiné do objednávek neboli snížení zásob.

- Řízení procesů: Může spouštět a řídit některé procesy v podniku. Například když vznikne objednávka, podnikový systém ji předá na middleware a ten určí v jakém skladě nebo na jakém místě se nachází požadovaná paleta.

- Nástroj managementu: Ve velké organizaci může být velké množství snímačů (stovky až tisíce). Nástroj managementu se stará o jejich sledování a řízení.

Logické vrstvy midlewaru



Obr. 2.9 Logické vrstvy middlewaru[18]

- Adaptér čtečky: Nejnižší vrstva RFID middlewaru, zajišťuje řízení RFID hardweru.[19]

- Řízení událostí: Zodpovídá za zpracování surových dat získaných ze čteček. Filtruje, zpracovává a organizuje data pro další použití.[19]

- Aplikační rozhrání: Poskytuje přístup pro napojení podnikových systémů.[19]

2.5 Standardy

Mezinárodní organizace pro normalizaci ISO vydala standardy týkající se RFID technologie. Standardy slouží k tomu, aby byla zajištěna kompatibilita mezi výrobky jednotlivých výrobců. Především jde o standard ISO/IEC 18000. Standard popisuje využívaná frekvenční pásma. Dále existují standardy ISO/IEC 14443 a ISO/IEC 15693 týkající se bezkontaktních karet.

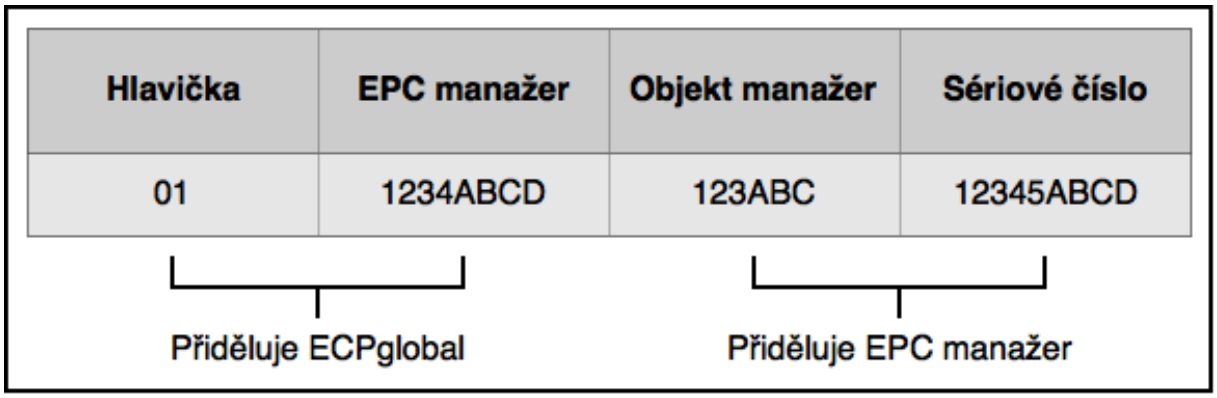
Tab. 2.2 Jednotlivé části standardu ISO 18000 [20]

Označení	**Obsahuje**
ISO/IEC 18000-1	Definice parametrů pro standardizaci.
ISO/IEC 18000-2	Parametry rozhrání s frekvencí méně než 135 kHz.
ISO/IEC 18000-3	Parametry rozhrání s frekvencí 13,56 MHz.
ISO/IEC 18000-4	Parametry rozhrání s frekvencí 2,45 GHz.
ISO/IEC 18000-6	Parametry rozhrání s frekvencí mezi 860 MHz a 960 MHz.
ISO/IEC 18000-7	Parametry rozhrání s frekvencí 433 MHz.
ISO/IEC 14443	Definici bezkontaktních karet používaných pro identifikaci a přenosové protokoly.
ISO/IEC 15693	Definice bezkontaktních karet s větší čtecí vzdáleností (1 – 1,5 m).

2.6 EPC

EPCglobal je součástí globální neziskové asociace GS1, která se věnuje globálním standardům v dodavatelsko-odběratelském řetězci. Tyto standardy vytvářejí možnost lokálního i mezinárodního sledování předmětů s využitím RFID technologie.

EPC (Electronic Product Code) je univerzální identifikátor, který určuje identitu jednotlivých objektů označených tagem. EPC je zapsáno v RFID tagu, díky tomu se může provádět sledování objektů s tagem. Tato identifikace je navržena tak, že každý označený objekt má na celém světě svůj jedinečný kód.[21]



Obr. 2.10 Struktura EPC[10]

Struktura EPC má podobu řetězce dat o 96 bitech. Prvních 8 bitů jsou hlavička, ta identifikuje verzi protokolu. Dalších 28 bitů identifikuje organizaci, která spravuje data pro tento tag. Číslo organizace přiřazuje EPCglobal. Následujících 24 bitů je třída objekt, která označuje druh výrobku. Posledních 36 bitů je jedinečné sériové číslo. EPC může být použito v globální databázi k jednoznačné identifikaci konkrétního výrobku.[10]

2.7 NFC

Technologie NFC (Near field communication) umožňuje jednoduché a bezpečné interakce mezi elektronickými zařízeními, což umožňuje spotřebitelům provádět bezkontaktní transakce, přístup k digitálnímu obsahu, a propojení elektronických zařízení pouhým přiblížením. NFC doplňuje řadu bezdrátových technologií, s využitím klíčových prvků stávajících norem pro technologii bezkontaktních karet (ISO/IEC 14443 A&B a JIS-X 6319-4). NFC může být kompatibilní s existující infrastrukturou bezkontaktních karet a umožňuje spotřebiteli využít jedno zařízení napříč různými systémy.[22]

NFC umožňuje zařízením sdílet informace na vzdálenost, která je menší než 4 cm s maximální rychlostí komunikace 424 kbps. Uživatelé mohou sdílet vizitky, provádět transakce nebo přistupovat k informacím z čipového plakátu.[22]

NFC podporuje obousměrnou komunikaci a je tak ideální pro vytvoření spojení s ostatními technologiemi. Například, pokud uživatel chce připojit mobilní zařízení k systému pro přehrávání hudby, může jednoduše přiložit zařízení k hudebnímu systému na kontaktní bod a dojde k propojení jinou vhodnou technologií, kterou může být v tomto případě Bluetooth.[22]

NFC tagy

Existují čtyři typy tagů, které jsou definovány neziskovou organizací NFC Forum starající se o standardy NFC.

- Typ 1: založeno na ISO/IEC 14443A. Tagy jsou čtecí a přepisovatelné, uživatelé mohou nastavit stav pouze pro čtení. Dostupná paměť je 96 B až 2 kB.[23]

- Typ 2: založeno na ISO/IEC 14443A. Tagy jsou čtecí a přepisovatelné, uživatelé mohou nastavit stav pouze pro čtení. Dostupná paměť je 48 B až 2 kB.[23]

- Typ 3: založeno na Japonské průmyslové normě (JIS) X 6319-4, také známe jako FeliCa. Tagy jsou překonfigurovány ve výrobě pouze pro čtení nebo pro čtení a přepisování. Velikost paměti je variabilní a teoretická velikost je až 1 MB.[23]

- Typ 4: plně kompatibilní s normou řady ISO/IEC 14443. Tagy jsou překonfigurovány ve výrobě pouze pro čtení nebo pro čtení a přepisování. Velikost paměti je až 32 kB.[23]

3 Přehled hardwaru

V následujícím přehledu jsem se zaměřil na ruční čtečky a uvedl některé možné řešení od profesionální čtečky až po běžný mobilní telefon. Specializované čtečky mají výhody například v podobě zvýšené odolnosti nebo kombinace RFID čtečky a skeneru čárových kódů. Nevýhodou těchto čteček je poměrně vysoká cena. Podle mého názoru se jeví velmi zajímavě využití běžného smartphonu a jeho technologie NFC pracující na frekvenci 13,56 MHz. Smartphony jsou dostupné v mnoha provedení od obyčejného až po průmyslové se zvýšenou odolností.

3.1 RFID čtečky

3.1.1 Motorola MC3190-Z

Motorola MC3190-Z patří mezi profesionální čtečky s využitím v průmyslovém odvětví. Samozřejmostí je RFID čtečka pracující v UHF pásmu doplněná snímačem pro čtení čárových kódů. Operační systém je Windows Embedded Handheld, který se ovládá pomocí dotykového displeje a alfanumerickou klávesnicí. Mezi další výbavu pro zajištění konektivity patří Wi-Fi, Bluetooth, USB, RS232.

Specifikace[24]

- Systém: Windows Embedded Handheld,
- paměť: 256 MB RAM / 1 GB Flash,
- ovládaní: dotykový displej s uhlopříčkou 3“ a alfanumerická klávesnice,
- baterie: Li-Ion 4400 mAh,
- čtečka: RFID, 1D laser scanner, 2D imager,
- frekvence: EU 865-868 MHz; US 902-928 MHz,
- konektivita: Wi-Fi, Bluetooth, USB, RS-232,
- šířka: 119,4 mm, výška: 193,4 mm, délka: 162,6 mm,
- hmotnost: 650 g,
- krytí: IP54,
- odolnost vůči nárazům: pád z 1,2 m výšky na beton,
- elektrostatická odolnost: 15 kV vzduch, 8 kV kontakt.

Cena: 69 196,- Kč[25]

Obr. 3.1 Motorola MC3190-Z (převzato z [25])

3.1.2 CipherLab RS30

CipherLab RS30 kombinuje funkce mobilního terminálu a smartphonu. Na rozdíl od běžného smartphonu poskytuje robustní konstrukci, která je ocenitelná v každém prostředí. V zařízení je operační systém Android ve verzi 4.4, který se ovládá pomocí kapacitního dotykového displeje se zvýšenou citlivostí pro možnost obsluhy v latexových rukavicích. Odolnost tohoto displeje je zaručena díky krycímu sklu Gorilla Glass 3. Zařízení je vybaveno RFID čtečkou pracující na frekvenci 13,56 MHz. Stejně jako běžné smartphony.

Specifikace[26]

- Systém: Android 4.4,
- paměť: 1 GB RAM / 8 GB Flash (podpora micro SDHC až do 32GB),
- ovládaní: dotykový IPS LCD 4,7“,
- baterie: Li-Ion 2400 mAh,
- čtečka: NFC, Linear imager, 2D imager,
- frekvence: 13.56 MHz (ISO 14443A (Mifare), ISO 14443B, ISO 15693),
- konektivita: GSM, HSPA, Wi-Fi, Bluetooth, USB OTG,
- fotoaprát: 8 Mpx s automatickým ostřením,
- navigace: GPS,
- šířka: 17,3 mm, výška: 155 mm, délka: 80 mm,
- hmotnost: 260 g.

- krytí: IP54,
- odolnost vůči nárazům: pád z 1,2 m výšky na beton,
- elektrostatická odolnost: 15 kV vzduch, 8 kV kontakt.

Cena: 15 856,- Kč[27]

Obr. 3.2 CipherLab RS30 (převzato z [27])

3.1.3 Běžný smartphone nebo tablet

Další možností je využití běžného smartphonu nebo tabletu s operačním systémem Android vybaveného technologii NFC. Nevýhodou může být, že běžné smartphony obvykle nemají zvýšenou odolnost, která by mohla chybět v některých provozech. To by se mohlo řešit příslušným krytem.

- Cena: přibližně od 4 000,- Kč

3.1.4 RFID UHF čtečka-zapisovačka Arete Pop

Čtečka Arete Pop je zařízení připojitelné ke smartphonu nebo tabletu pomocí sluchátkového konektoru. Umožňuje snadnou a rychlou instalaci. Podporována jsou zařízení s operačním systémem Apple iOS 6 nebo Android 2.3.3 a vyšší. RFID čtečka pracuje v UHF pásmu. Své využití může najít například v knihovnách nebo maloobchodě.

Specifikace[28]

- Podporované systémy: Apple iOS 6.0, Android 2.3.3 a novější,
- baterie: 360 mAh,
- čtečka: RFID,
- frekvence: EU 865-868 MHz,
- protokol: EPCglobal Class 1 Gen 2 / ISO 18000-63(6C),
- šířka: 51 mm, výška: 15 mm, délka: 50 mm,
- hmotnost: 35 g.

Cena: 8 211,- Kč

Obr. 3.3 RFID UHF čtečka-zapisovačka Arete Pop (převzato z [28])

3.1.5 IDBLUE

IDBLUE je velmi malá mobilní RFID čtečka, kterou je možno připojit pomocí bluetooth ke smartphonu nebo tabletu. Čtečka má dvě provedení pro pásma HF a UHF. Verze HF disponuje pamětí na 1000 přečtených tagů.

Specifikace[29]

- Podporované systémy: Windows XP/Vista/7, Windows Mobile 5/6, iOS, Android,
- paměť: 1000 kódů (pouze HF verze),

- baterie: 550 mAh,
- čtečka: RFID,
- frekvence: HF verze: 13.56 MHz (ISO 15693),
- UHF verze: 860 MHz – 960 MHz (EPC Gen 2, ISO 18000-6C),
- protokol: EPCglobal Class 1 Gen 2 / ISO 18000-63(6C),
- konektivita: Bluetooth, USB,
- šířka: 28 mm, výška: 21 mm, délka: 137 mm,
- hmotnost: 60 g,
- krytí: IP54.

Cena: $599 (HF), $699 (UHF) [30]

Obr. 3.4 IDBLUE (převzato z [29])

3.2 Tagy

Existuje mnoho provedení tagů, které se liší požívanou frekvencí, třídou nebo pamětí a v neposlední řadě jsou vyráběny v různých tvarech rozlišných materiálů. Uvádím zástupce třech, které se mi jeví univerzálně použitelné. Smart label s frekvencí 13,56 MHz a možností užití technologie NFC ve smartphonech. Smart label má výhodu, že je možné jej provozovat jako RFID tag a zároveň na něm mohou být natištěné údaje případně čárový kód. Druhý je RFID tag pro pásmo UHF. Třetí je tag určený přímo pro použití se smartphony.

3.2.1 Smart Label

Papírový RFID tag s možností přepisování.[31]

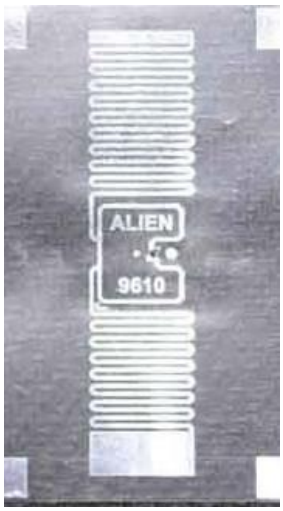
- Frekvence: 13,56 MHz (ISO 15693),
- šířka: 49 mm, výška: 82 mm,
- paměť: 112 B,
- cena: 13,- Kč.

Obr. 3.5 Smart label (převzato z [34])

3.2.2 Alien UHF RFID tag

ALN-9610-FWRW je nalepovací RFID tag s předprogramovaným 64bitovým sériovým číslem.[32]

- Frekvence: 840 MHz – 960 MHz (EPCglobal Class 1 Gen 2, ISO 18000-6C),
- šířka: 47,5 mm, výška: 13,4 mm,
- paměť: 512 b (uživatelská),
- cena: 13,- Kč.



Obr. 3.6 ALIEN 9610 - UHF RFID tag (převzato z [33])

3.2.3 NFC štítek, 38mm, NTAG203

Nalepovací štítek bílé barvy. Kulatý tvar s průměrem 38 mm. Průměr samotné antény je 35 mm. Obsahuje čip NTAG 203, který podporuje smartphony s operačním systémem Android, Blackberry a Windows Phone.[34]

- Frekvence: 13,56 MHz,
- průměr 38 mm,
- paměť: 144 B,
- cena: 29,- Kč.

4 Navigace pro sklady

RFID technologie může mít mnoho způsobu využití. Jako obzvláště výhodné se jeví její využití v pro skladování a evidenci. V tomto případě je součástí navigačního systému pro skladové prostory. Tento systém slouží ke zjednodušení orientace ve skladu a zároveň zvyšuje efektivitu při manipulaci se skladovanými předměty.

Tento systém tvoří hardware od společnosti DUNE s.r.l.. Dále software vyvinutý na míru dodanému hardwaru a soustava tagů.

4.1 Hardware

4.1.1 Arianna SmartSensor

Arianna SmartSensor je zařízení pro určování relativní polohy osob. Skládá se ze dvou modulů. První modul obsahuje akcelerometr a zajišťuje sledování pohybu. Jeho umístění musí být na nártu nohy. Tento modul je propojený s druhým, který obsahuje Bluetooth a poskytuje rozhrání pro komunikaci s výpočetním zařízením, kterým může být smartphone, tablet nebo osobní počítač.

4.1.2 Výpočetní zařízení

Navigační software je vytvořen pro operační systém Android (verze 4.0 a vyšší). K jeho provozování je potřeba přístroj s podporou Bluetooth a NFC. Mimo tyto technologie nejsou kladeny žádné zvláštní nároky na hardwarové vybavení zařízení, proto je možné vytvořený program provozovat jak na běžně dostupných smartphonech nebo tabletech, tak i na speciálních zařízeních se zvýšenou odolností nebo kombinující funkce například mobilní čtečky čárkových kódů.

4.1.3 Tagy

Pro zajištění kompatibility se smartphony s technologií NFC byly zvoleny tagy s čipem NTAG 203. NTAG 203 splňuje specifikace NFC Forum Type 2. Tag je přepisovatelný s možností uzamčení do stavu jen pro čtení. Disponuje uživatelskou pamětí 144 B.

4.2 Návrh řešení

Navigační systém je založen na hardwaru Arianna SmartSensor. Toto zařízení dokáže určit vzdálenosti od počátečního bodu ve všech třech osách. Výpočet těchto vzdáleností je prováděn pomocí údajů získaných z akcelerometru, a proto během požívání dochází k odchylkám. Tyto odchylky se při provozování stále zvětšují, až způsobí znemožnění správné navigace. Pro zamezení tohoto nedostatku je v prostoru kde se provádí navigace vytvořena síť kontrolních bodů.

Kontrolní bod je místo, kde dochází ke kalibraci aktuální polohy a tím zpřesnění navigace. Na místě kontrolního bodu se nachází tag, který má pěvně přiřazenou polohu. Načtení tohoto tagu vyvolá kalibraci.

4.2.1 Data a jejich zpracování

Spojení se Smartsenzorem probíhá pomocí Bluetooth. Po zapnutí Smartsenzoru je doporučeno vyčkat přibližně 20 sekund k provedení standardních procedur Smartsenzoru. Spuštění samotné komunikace:

- otevřením sériové linky *„115200,n,8,1“*,
- odeslání řetězce *„arianna\n“*,
- následuje odpověď Smartsenzoru ve formě řetězce *„$1504030A-0006“*,
- odeslání znaku *„#“*,
- poté výpis kalibračních údajů a posílání dat.

Data jsou posílána ve formě řetězce (zprávy)

Příklad:

#667,120,K 000009 -000466 +000979 -000029 000009 -207380 +000000 -000000 000000 +073255293304 +021888085487 +015840 21 38 408 084,12123

Formát řetězce je následující:

#aaa,bbb,xxx……..xxx,ccccc<cr>

Tab. 4.1 Popis dat odesílaných z Arianna SmartSensor

#	Element	Pozice v řetězci	Význam	Poznámka
1	#	1	Indikátor začátku	Slouží pro detekci začátku řetězce.
2	aaa	2 – 4	Identifikátor zařízení	
3	,	5	Oddělovač	
4	bbb	6 – 8	Délka datového paketu	
5	,	9	Oddělovač	
6	xxx…xxx	10…10+bbb	Datový paket	Obsahuje potřebná data
7	,	10+bbb+1	Oddělovač	
8	ccccc	10+bbb+2…10+bbb+6	CRC	Součet prvních 7 polí zprávy mod 100000
9	<cr>	10+bbb+7	Carriage return	Slouží pro detekci konce řetězce.

Znaky *xxx…xxx* reprezentují samotná data v řetězci a mají následující strukturu

Tab. 4.2 Popis hlavních dat z řetězce

Pole	Počet číslic	Význam
1	6	Počet kroků
2	6 + znaménko	X (1 = 0,01 m)
3	6 + znaménko	Y (1 = 0,01 m)
4	6 + znaménko	Z (1 = 0,01 m)
5	6	První parametr pro korekci dráhy
6	6 + znaménko	Druhý parametr pro korekci dráhy
7	6 + znaménko	Třetí parametr pro korekci dráhy
8	6 + znaménko	Čtvrtý parametr pro korekci dráhy
9	6	Pátý parametr pro korekci dráhy
10	12 + znaménko	GPS (zeměpisná šířka, 1 = 1,0e-11 rad)
11	12 + znaménko	GPS (zeměpisná délka, 1 = 1,0e-11 rad)
12	6 + znaménko	GPS (nadmořská výška, 1 = 0,01 m)
13	2	GPS (kvalita)
14	2	Teplota (1 = 1 °C)
15	3	Napětí baterie (1 = 10 mV)
16	3	Rezervováno

Tyto data jsou ze zařízení odesílána v intervalu 3 – 0,33 Hz. Každá zpráva je spjata s jedním krokem. Když osoba stojí, opakovaně se odesílá poslední zpráva každé 3 sekundy. Při pohybu se počet zpráv zvyšuje až na maximum 3 za sekundu.

Zásadní informace z pohledu navigace se nachází ve druhém a třetím poli datového paketu. Představují vzdálenost od místa, kde bylo zařízení zapnuto. V místě zapnutí se provede inicializace a je považováno za počátek kartézské soustavy souřadnic.

K určení aktuální polohy ve skladu je nutné znát souřadnice, kde se zařízení nachází. Souřadnice získané ze zařízení jsou absolutní k počátku, který je inicializován při zapnutí. To může proběhnout kdekoliv a nemá žádnou vazbu na polohu skladu.

Kalibrace se skládá ze dvou částí. První část je přiřazení souřadnic ze zařízení k poloze ve skladu a druhá část je natočení souřadnic o určitý úhel. Hodnoty souřadnic ze zařízení jsou vztažené k počátku, který protínají dvě osy. Jedna je ve směru od západu k východu a druhá je ve směru od severu k jihu. Umístění skladu nemusí být rovnoběžné s těmito osami, proto je nutné souřadnice korigovat.

Korekce posunutí se provádí při načtení tagu. Jeho načtením jsou získány souřadnice polohy, kde se tag ve skladu nachází. Tato poloha slouží jako pevný bod ve skladu a je podle něj vypočtena korekce. Odečtením korekce od hodnot souřadnic přijatých ze zařízení, je získána poloha ve skladu. Korekce je vypočtena pouze při načtení tagu a nemění se do dalšího načtení tagu.

Korekce pro osu x:

$$x_k = x_z - x_p \tag{4.1}$$

$$x_u = x_z - x_k \tag{4.2}$$

$x_k - korekce,$
$x_z - hodnota\ přijatá\ ze\ zařízení,$
$x_p - hodnota\ tagu,$
$x_u - hodnota\ upravená\ o\ korekci.$

Obdobně je použita korekce i pro osu y.

K provedení korekce natočení je nutné znát úhel, o který se musí souřadnice pootočit. Určení úhlu je možné provést v aplikaci, viz Kalibrační aktivita.

Postup pro pootočení souřadnic je následující. Nejprve se od souřadnic aktuální polohy odečtou souřadnice naposledy načteného tagu. Upravené souřadnice leží na kružnici se středem v počátku souřadného systému. Je nutné provést posun po této kružnici o zjištěný úhel. Vypočte se poloměr kružnice a úhel mezi osou x a přímkou protínající počátek a bod upravených souřadnic. Oba úhly se sečtou a pomocí goniometrických funkcí se určí souřadnice posunutého bodu. Poté se přičtou souřadnice tagu.

4.2.2 Mapové podklady

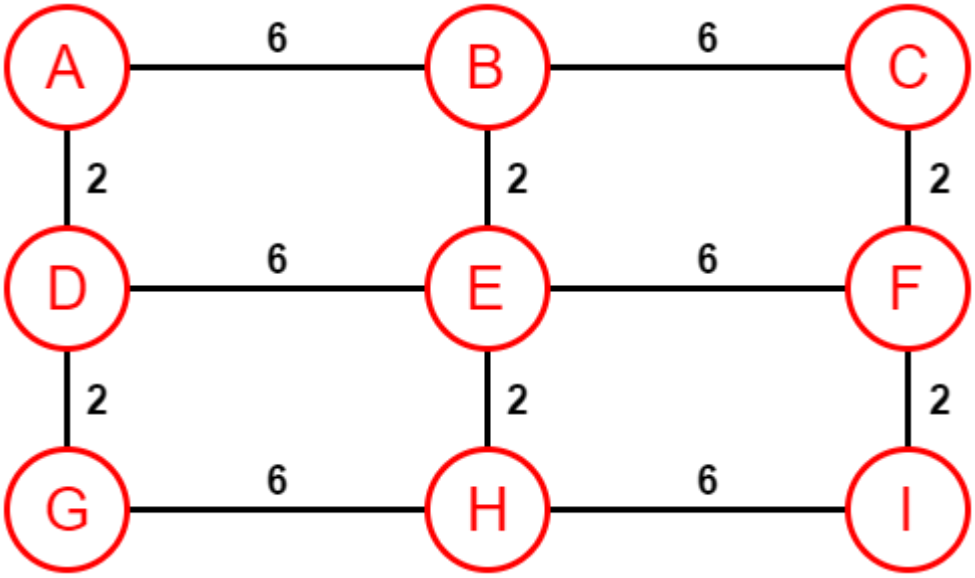
Základní funkcí navigačního programu je najít trasu k zadanému cíli. Při hledání optimální trasy existují různá kritéria. Pro navigaci ve skladu byla zvolena jako optimální trasa, ta která má nejkratší vzdálenost. K vyhledávání je využívána mapa.

Mapa je zobrazení míst propojených cestami. V případě skladu jde o zobrazení prostoru, ve kterém jsou umístěny skladované předměty. Obvykle jsou v regálech nebo na vyhrazených místech, mezi kterými vznikají cesty. Takové zobrazení je možné převést na graf.

Graf představující mapu obsahuje vrcholy, které znázorňují křížení cest a umístění předmětů ve skladu. Dále obsahuje hrany. Tyto hrany jsou cesty mezi vrcholy ohodnoceny svou délkou.

Graf může být reprezentován mnoha způsoby, mezi nejčastější patří matice sousednosti, matice incidencí a spojová reprezentace. Mapové podklady pro vytvořený program využívají matici sousednosti a spojovou reprezentaci.

Základní síť vrcholů se skládá z míst, kde si kříží cesty. Je uložena v matici sousednosti.



Obr. 4.1 Zobrazení grafu

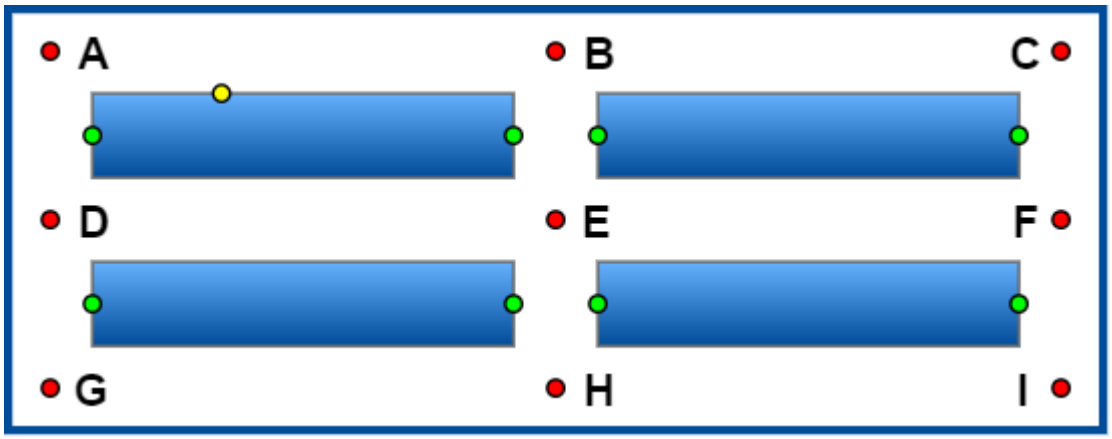
Tab. 4.3 Matice sousednosti

	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**
A	0	6	0	2	0	0	0	0	0
B	6	0	6	0	2	0	0	0	0
C	0	6	0	0	0	2	0	0	0
D	2	0	0	0	6	0	2	0	0
E	0	2	0	6	0	6	0	2	0
F	0	0	2	0	6	0	0	0	2
G	0	0	0	2	0	0	0	6	0
H	0	0	0	0	2	0	6	0	6
I	0	0	0	0	0	2	0	6	0

Pro předměty je vytvořen soubor, který obsahuje jejich seznam. U každého předmětu je zaznamenána jeho poloha ve skladu a seznam vrcholů ze základní sítě, se kterými sousedí.

Obdobně jako pro skladované předměty je vytvořen soubor pro tagy sloužící pro korekci. V tomto souboru je pro každý tag zaznamenáno jeho ID, poloha a seznam sousedících uzlů.

Pro představu dat v souborech slouží následující obrázek, kde je zobrazení malého skladu. Červené body označené *A* až *I* jsou vrcholy grafu. Zelené body znázorňují místa s kontrolním bodem (tagem). Žlutý bod je příklad vybraného zboží.



Obr. 4.2 Zobrazení skladu

4.2.2.1 graph.txt

Obsahuje matici sousednosti, která reprezentuje graf určující propojení a vzdálenost vrcholů grafu.

Příklad:

0;6;0;2;0;0;0;0;0
6;0;6;0;2;0;0;0;0
0;6;0;0;0;2;0;0;0
2;0;0;0;6;0;2;0;0
0;2;0;6;0;6;0;2;0
0;0;2;0;6;0;0;0;2
0;0;0;2;0;0;0;6;0
0;0;0;0;2;0;6;0;6
0;0;0;0;0;2;0;6;0

První řádek zobrazuje vazby mezi vrcholem *A* a ostatními vrcholy. Vzdálenost mezi vrcholy *A*, *B* je 6 m, mezi vrcholy *A*, *D* je 2 m. Vzdálenost o velikosti 0 značí, že mezi vrcholy není přímá spojitost. Další řádky odpovídají dalším vrcholům.

4.2.2.2 map.txt

Soubor *map.txt* obsahuje souřadnice určující půdorys prostoru a umístění regálů nebo jiných překážek.

Příklad:

```
0;0
1300;0
1300;500
0;500
_
100;100
600;100
600;200
100;200
#
```

Data jsou dána souřadnicemi označujícími vrcholy (rohy) prostoru a objektů.

4.2.2.3 nfcTags.txt

Soubor *nfcTags.txt* obsahuje seznam tagů, které slouží jako kontrolní bod. V každém řádku je unikátní identifikátor tagu, souřadnice kontrolního bodu a informace o návaznosti na okolní vrcholy.

Příklad:

1;0479441A9B2980;600;150;v1:1;v5:1

1	0479441A9B2980	100	100	A:1	D:1
Číslo řádku	ID tagu	Souřadnice X [cm]	Souřadnice Y [cm]	Vzdálenost k A [m]	Vzdálenost k D [m]

4.2.2.4 vertexsCoor.txt

Soubor *vertexsCoor.txt* obsahuje seznam a souřadnice jednotlivých vrcholů.

Příklad:

A;50;50

A	50	50
Název vrcholu	Souřadnice X [cm]	Souřadnice Y [cm]

4.2.2.5 ware.txt

Soubor *ware.txt* obsahuje seznam zboží včetně jeho souřadnic a návaznosti na okolní vrcholy.

Příklad

0;zboží1;250;90;v0:2;v1:4

0	Zboží1	250	90	A:2	B:4
ID zboží	Název zboží	Souřadnice X [cm]	Souřadnice Y [cm]	Vzdálenost k A [m]	Vzdálenost k B [m]

4.2.3 Algoritmus pro vyhledávání trasy

K hledání nejkratší trasy byl vybrán Dijkstrův algoritmus. Jde o algoritmus hledající nejkratší cestu v grafu mezi dvěma zadanými vrcholy. Je to jeden z nejznámějších a běžně používaných algoritmů. Poprvé byl popsán nizozemským informatikem Edsgerem Dijkstrou v roce 1959 v Numerische Mathematik[35].

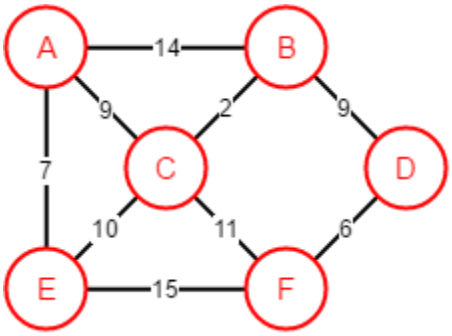
Podmínkou fungování algoritmu je graf s nezáporně hodnocenými hranami. Tato podmínka je samozřejmě splněna, protože hodnocení hran je dáno vzdáleností mezi vrcholy (jednotlivými místy).

Princip

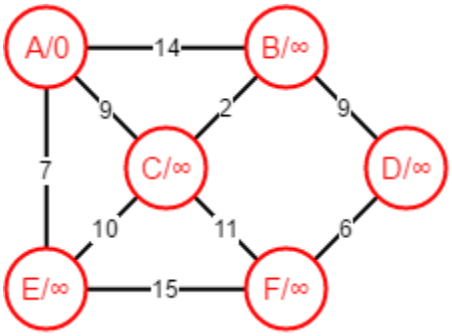
V prvním kroku algoritmu se inicializují všechny vrcholy a jejich vzdálenosti od počátečního vrcholu. Na začátku jsou všechny vzdálenosti neznámé, a proto jsou označeny jako nekonečné. Výjimkou je počáteční vrchol, u kterého je vzdálenost nula. V dalším kroku se odebere vrchol s nejnižší hodnotou a přiřadí se vzdálenosti ke všem sousedícím vrcholům. Dále běží algoritmus ve smyčce, dokud se nezpracují všechny vrcholy.

Odebere se vrchol s nejnižší vzdáleností a provede se porovnání vzdáleností. U sousedících vrcholů naposled odebraného vrcholu se porovnává přiřazená vzdálenost

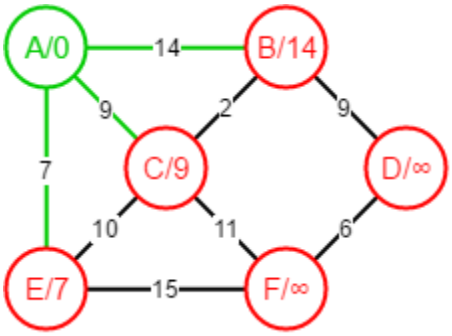
se vzdáleností vznikající součtem hodnoty, kterou má odebraný vrchol s délkou hrany mezi odebraným a následujícím vrcholem. V případě, že je součet menší než dříve zjištěná vzdálenost, nastaví se hodnota součtu ověřovanému vrcholu jako nejkratší cesta od počátku.



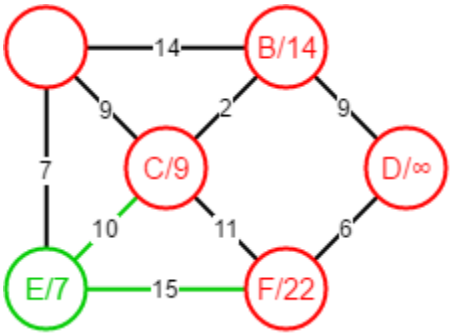
Obr. 4.3 Zobrazení grafu. Hledání nejkratší cesty z vrcholu A do vrcholu D.



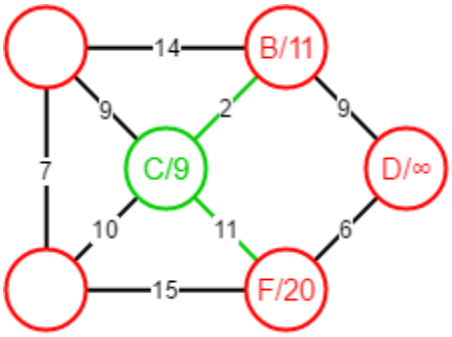
Obr. 4.4 První krok Dijkstrova algoritmu. Nastavení vzdáleností na nekonečno mimo výchozí vrchol.



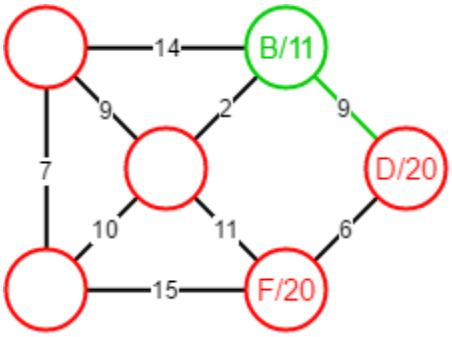
Obr. 4.5 Přiřazení vzdáleností sousedním vrcholům.
A → B: 14 < ∞
A → C: 9 < ∞
A → E: 7 < ∞



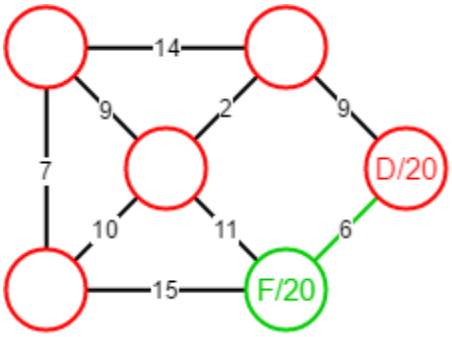
Obr. 4.6 Pokračování z nebližšího vrcholu a další přiřazení.
E → C: 7 + 10 > 9
E → F: 7 + 15 < ∞



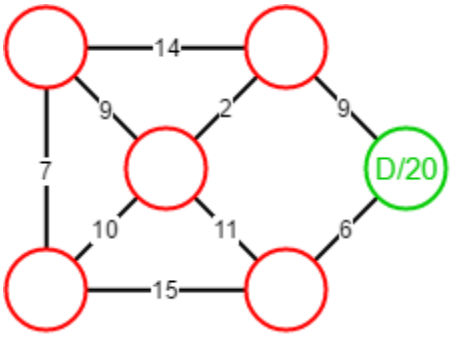
Obr. 4.7 Přiřazení vzdáleností při průchodu bodu C
C → B: 9 + 2 < 14
C → F: 9 + 11 < 22



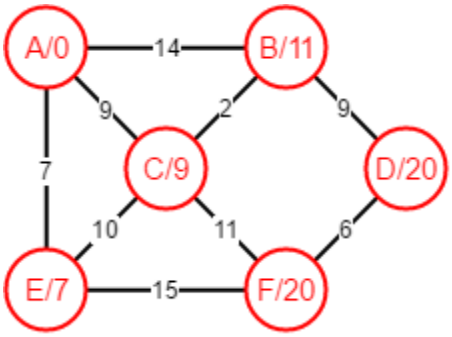
Obr. 4.8 Přiřazení vzdáleností při průchodu bodu B
B → D: 11 + 9 < 20



Obr. 4.9 Přiřazení vzdáleností při průchodu bodu F
F → D: 20 + 6 > 20



Obr. 4.10 Nejkratší vzdálenost mezi vrcholy A a D je 20.



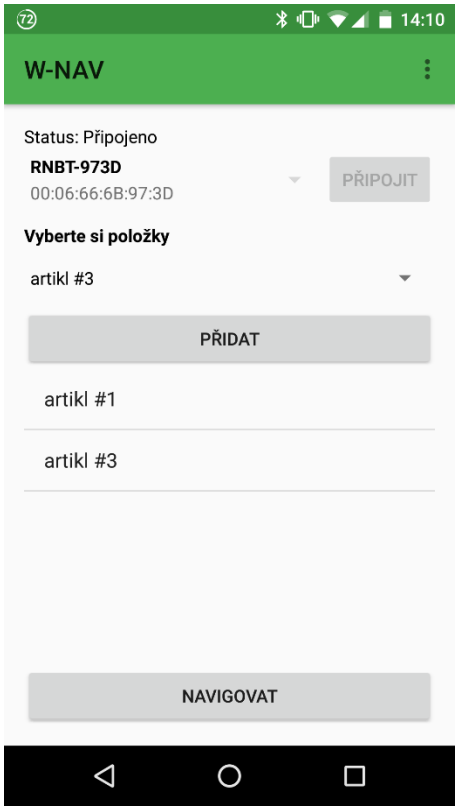
Obr. 4.11 Graf po průchodu algoritmu.

Při zpětném průchodu se zjistí jednotlivé vrcholy cesty.
D → B → C → A
20 = 11 + 9 + 0

4.3 Popis aplikace

Aplikace se skládá ze třech aktivit. První (hlavní) slouží pro připojení Arianna SmartSenzor pomocí Bluetooth spojení a výběr hledaného zboží. Druhá aktivity zobrazuje půdorys skladu s cestou ke hledanému zboží a aktuální polohu. Třetí aktivita slouží pro kalibraci úhlu natočení souřadnic.

4.3.1 Úvodní aktivita



Obr. 4.12 Hlavní aktivita - připojení a výběr položek

V horní části se nachází rozbalovací nabídka, kde je seznam spárovaných Bluetooth zařízení. Nejprve je potřeba vybrat správné zařízení a poté stisknout tlačítko „Připojit“. Dojde k navázání spojení, které je indikováno statusem nad vybírací nabídkou.

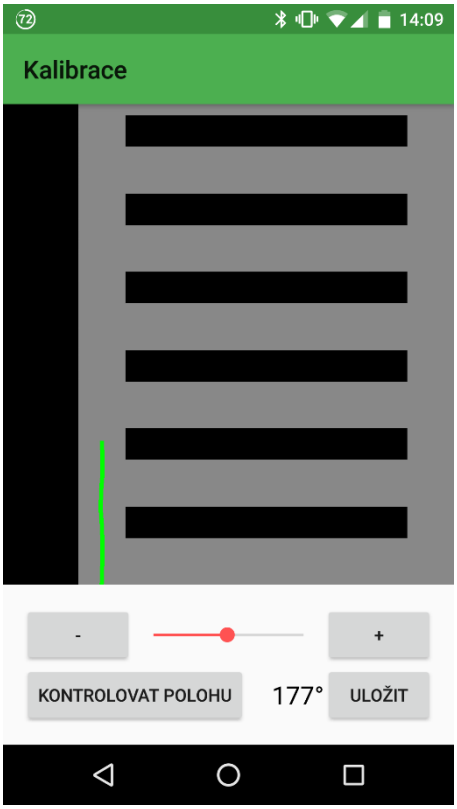
Jako další činnost by měla následovat kalibrace úhlu pro natočení souřadnic. Kalibrace se provádí pomocí kalibrační aktivity. Vstup do této aktivity je umožněn přes tlačítko menu (tlačítko se třemi tečkami v pravém horním rohu).

Po kalibraci úhlu je možné přistoupit k výběru hledaného zboží. Všechno zboží se nachází v rozbalovací nabídce. Zboží, které je zvoleno se tlačítkem „Přidat“ uloží do seznamu zboží. Je umožněno vybrat více položek pro navigování na více míst. V případě špatného výběru jde položku ze seznamu odstranit stiskem a podržením na názvu zboží v seznamu.

Po vybrání všech požadovaných položek lze přejít k navigaci. Navigace se spouští stiskem tlačítka „NAVIGOVAT“. Toto tlačítko přepne do navigační aktivity.

4.3.2 Kalibrační aktivita

Obr. 4.13 Aktivita s kalibrací úhlu - požadavek na načtení tagu



Obr. 4.14 Aktivita s kalibrací úhlu

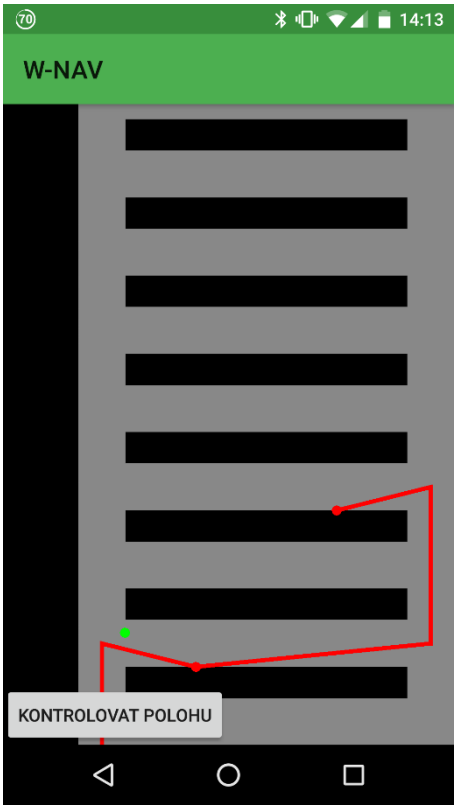
V kalibrační aktivitě zaujímá největší část displeje mapa s prostorem, kde probíhá navigace. Pod zobrazením mapy se nachází několik ovládacích prvků pro ovládání.

Ihned po spuštění kalibrační aktivity je požadováno načtení NFC tagu k tomu aby mohla být určena pozice ve skladu. Bez načtení tagu není možné pokračovat v kalibraci. Dialog pro opakované načtení tagu se nechá znovu vyvolat tlačítkem „KONTROLOVAT POLOHU“.

Po načtení tagu je vyžadováno udělat několik kroků, které se v mapě vykreslí jako ušlá cesta. Cesta by měla jít například podél zdi nebo regálu aby mohla být porovnána se zobrazením v mapě. S vykreslenou cestou se dá otáčet podle výchozího bodu. Otáčení se provádí posuvníkem nebo tlačítky „+“ a „-“. Správně nastavený úhel otočením cesty se uloží tlačítkem „ULOŽIT“. Uložený úhel je indikován notifikací. S nastaveným úhlem se systémovým tlačítkem „ZPĚT“ uskutečňuje návrat do hlavní aktivity, kde se pokračuje ve výběru zboží navigací.

4.3.3 Navigační aktivita

Obr. 4.15 Aktivita s navigací - požadavek na načtení tagu



Obr. 4.16 Aktivita s navigací

Se spuštěním navigace, dochází k zobrazení navigační aktivity. Nejprve se zobrazí dialog pro načtení tagu. Jeho načtením se získají souřadnice počátečního bodu navigace. Poté je vypočtena nejkratší trasa ke všem vybraným položkám ze seznamu se zbožím.

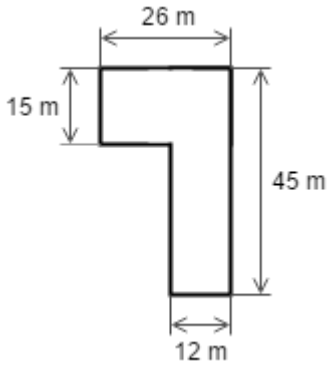
V případě této aktivity je téměř celá část displeje zabrána zobrazením mapy. Nachází se zde pouze jedno tlačítko a to „KONTROLOVAT POLOHU“. Tlačítko slouží pro opakované vyvolání dialogu s požadavkem o načtení tagu.

Vypočtená trasa je vyznačena v mapě červenou linkou. Aktuální polohu představuje zelený bod.

Součástí této aktivity je zápis souřadnic aktuální polohy do souboru. Data se ukládají ve formě logu, kde jsou obsaženy hodnoty souřadnic přímo ze senzoru, posunuté souřadnice a pootočené souřadnice s posunutím. Logovací soubor slouží pro vyhodnocení získaných dat při používání senzoru.

5 Testování

Testování proběhlo na volném prostoru, kde byl podle plánu vyznačen obrys představující sklad. Takto vytvořený imaginární sklad měl tvar písmene „L“ a obsahoval 24 regálů. Každý regál měl šířku 1 metr a rozestupy mezi regály byly 1,5 metru. Rozmístění regálů je zobrazeno v přílohách s výsledky.



Obr. 5.1 Rozměry skladu

Při testování bylo vybráno několik míst, kde by se nalézaly skladované předměty. Výchozí místo bylo ve spodní části poblíž levého dolního rohu. Po zadání předmětů, které měli nastavené požadované místo, byla spuštěna navigace. Nalezla se trasa a následoval test chůzí podle trasy.

Kompletní zobrazení dat se nachází v přílohách. Zde následuje popis výřezů jednotlivých testů. V zobrazení reprezentuje modrá linka data se Smartsenzoru a oranžová korigovaná data. Červené body představují cílová místa, zelené jsou pevná místa s tagy.

5.1 Test 1

V první testu je vidět odchylka dat ze Smartsenzoru a jejich korekce díky načtení tagu.

Rovnice 5.1 slouží pro výpočet vzdálenosti mezi hledaným bodem a odpovídajícím bodem trasy.

$$d = \sqrt{|x_0 - x_1|^2 + |y_0 - y_1|^2} \tag{5.1}$$

$$d - vzdálenost\ od\ cílového\ bodu,$$
$$x_0 - x\ souřadnice\ cílového\ bodu,$$
$$y_0 - y\ souřadnice\ cílového\ bodu,$$
$$x_1 - x\ souřadnice\ bodu\ trasy,$$
$$y_1 - y\ souřadnice\ bodu\ trasy.$$

Souřadnice posledního cílového místa: 900;750

Souřadnice posledního bodu trasy (modrá): 947;643

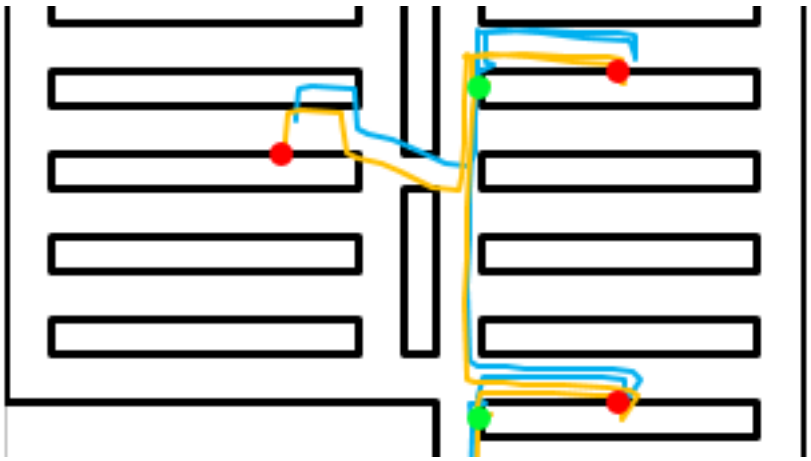
$$d = \sqrt{|900 - 947|^2 + |750 - 643|^2} = \sqrt{47^2 + 107^2} \doteq 117\ cm \tag{5.2}$$

Podle dat bez korekce vyšla odchylka 117 cm.

Souřadnice posledního bodu korigované trasy (oranžová): 909; 715

$$d = \sqrt{|900 - 909|^2 + |750 - 715|^2} = \sqrt{9^2 + 35^2} \doteq 36\ cm \tag{5.3}$$

Podle dat s korekcí vyšla odchylka 36 cm.



Obr. 5.2 Výřez - test 1

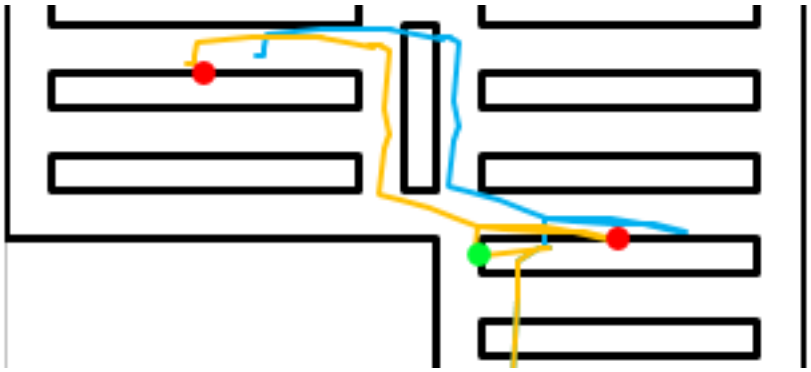
5.2 Test 2

I v tomto testu je vidět odchylka dat a jejich korekce. Dále při zobrazení celé mapy (viz Přílohy) je vidět pootočení dat ve směru hodinových ručiček. Tato chyba by se dala odstranit opakovanou kalibrací úhlu.

Výpočty podle rovnice 5.1.

Podle dat bez korekce vyšla odchylka 177 cm.

Podle dat s korekcí vyšla odchylka 64 cm.



Obr. 5.3 Výřez - test 2

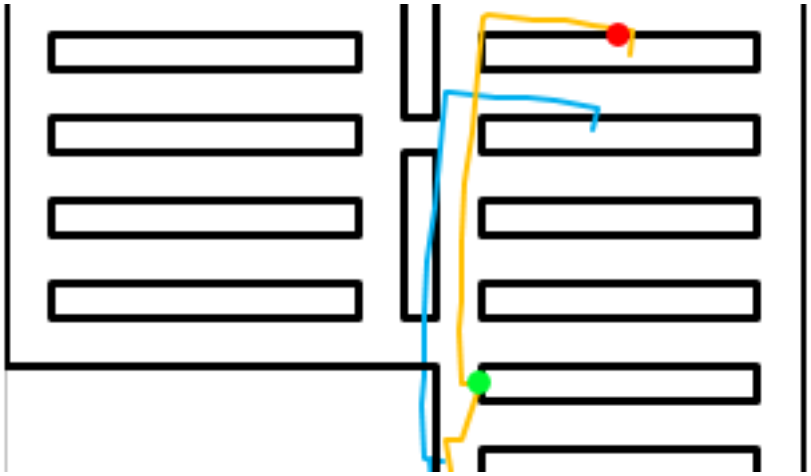
5.3 Test 3

Zde vznikla poměrně velká odchylka, ale díky kalibraci se ji podařilo eliminovat.

Výpočty podle rovnice 5.1.

Podle dat bez korekce vyšla odchylka 298 cm.

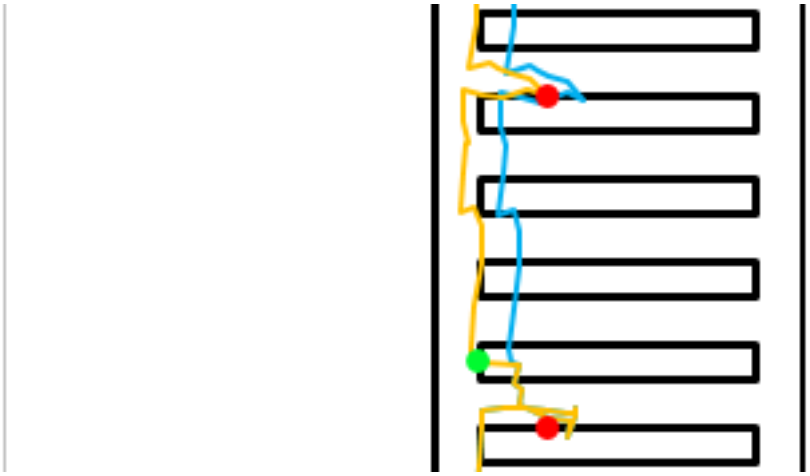
Podle dat s korekcí vyšla odchylka 65 cm.



Obr. 5.4 Výřez - test 3

5.4 Test 4

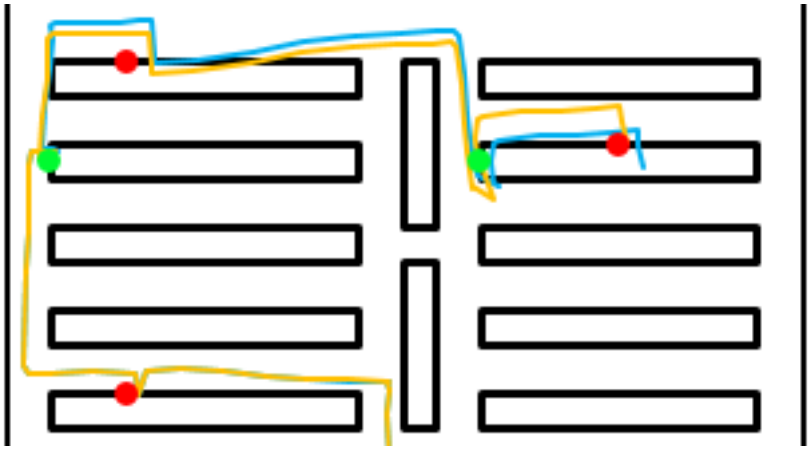
Některé odchylky vznikají tím, že Smartsenzor nezaznamená krok. Jako například v tomto případě.



Obr. 5.5 Výřez - test 4

5.5 Test 5

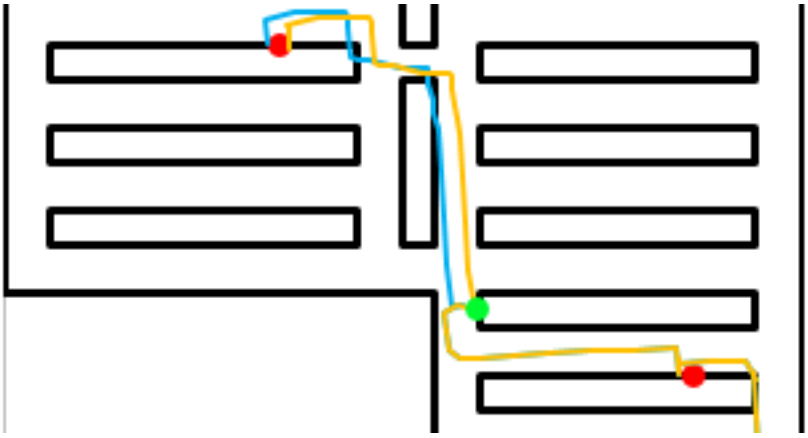
Zde je opět vidět případ, kdy nebyl zaznamenán krok a následná data jsou pootočená ve směru proti hodinovým ručičkám.



Obr. 5.6 Výřez - test 5

5.6 Test 6

Vznik odchylky a její korekce.



Obr. 5.7 Výřez - test 6

Jak je vidět ze zobrazení dat a vypočítaných hodnot u prvních tří testů. Jistá odchylka je i u korigovaných dat, je ale výrazně menší než u dat bez korekce. Chyby vzniklé tím, že není zaznamenán krok při rovné chůzi, se dají eliminovat načtením tagu v kontrolním místě. Problém nastává, když není zaznamenán krok při otáčení. Takovou chybu není možné eliminovat získáním souřadnic z pevného bodu a je nutná opětovná kalibrace úhlu. Chyby této povahy mohou být do jisté míry zapříčiněny uživatelem a to stylem chůze případně volbou obuvi. V případě obuvi s měkkou podrážkou se četnost chyb s nezaznamenaným krokem zvyšuje.

6 Závěr

V první části této diplomové práce jsem se zaměřil na historii týkající se RFID technologie. Dále jsem se věnoval popisu RFID. Tato část zahrnuje popis pracovních frekvencí, rozdělení tagů a dělení čteček. Dále jsem popsal middleware, standardy, EPC a technologii NFC. Tato část slouží čtenáři pro seznámení se technologií RFID.

V následující části jsem mapoval trh s produkty týkající se této technologie. Zaměřil jsem se na nabídku různorodých čteček a následně některých tagů. Přehled zahrnuje čtečky pro využití ve skladové evidenci od profesionálních v ceně desítek tisíc korun až po čtečky, které slouží jako připojitelné příslušenství ke smartphonu nebo tabletu.

Dále jsem se zaměřil na praktickou část práce, jejímž cílem bylo vytvořit navigaci pro skladové prostory za využití hardwaru Arianna Smartsenzor a soustavy tagů. Při vývoji této aplikace jsem prostudoval dostupnou dokumentaci ke Smartsenzoru a získal potřebné informace pro získávání dat, jejichž popis jsem uvedl v návrhu řešení. Pro navigaci jsem vytvořil soustavu souborů tvořící mapové podklady prostoru. Dále jsem implementoval algoritmus pro výpočet nejkratší vzdálenosti a vytvořil postup pro kalibraci polohy za využití tagů. Tagy byly zvoleny a zakoupeny na základě vybraných tagů v přehledu produktů.

Po vytvoření aplikace jsem provedl testování. Výsledky testování jsou součástí přílohy. Části vyžadující větší pozornost jsem uvedl s komentářem v samotném textu práce. Z výsledků je patrné, že soustava tagů napomáhá ke zpřesnění navigace.

Seznam literatury a informačních zdrojů

[1] The History of RFID Technology. *RFID Journal* [online]. 2005 [cit. 2015-07-15]. Dostupné z: http://www.rfidjournal.com/articles/view?1338

[2] Frequently Asked Questions. *RFID in Europe* [online]. 2012 [cit. 2015-07-18]. Dostupné z: http://www.rfidineurope.eu/FAQ

[3] How RFID works. *U-Tech* [online]. 2012 [cit. 2015-07-18]. Dostupné z: http://www.u-tech-gmbh.de/en/the-system/general-principle-of-operation/how-rfid-works.html

[4] SOMMEROVÁ, Martina. *Základy RFID technologií* [online]. [cit. 2015-07-20]. Dostupné z: http://rfid.vsb.cz/export/sites/rfid/cs/informace/RFID_pro_Logistickou_akademii.pdf

[5] ELECFREAKS. *RFID Selection Guide* [online]. 2010 [cit. 2015-07-20]. Dostupné z: http://elecfreaks.com/store/download/datasheet/NFC/rfid_guide.pdf

[6] Frekvence RFID, standardy a normy. *CODEWARE* [online]. 2010 [cit. 2015-07-20]. Dostupné z: http://www.codeware.cz/rfid-standardy-frekvence-vlastnosti.html

[7] Obecně o RFID technologii. *Eprin* [online]. [cit. 2015-07-20]. Dostupné z: http://www.eprin.cz/rfid-technologie.html

[8] Co je RFID. *RFID portál* [online]. [cit. 2015-07-21]. Dostupné z: http://www.rfidportal.cz/index.php?page=rfid_obecne

[9] Worldwide UHF Frequency Allocation by Country. *TransTech Systems* [online]. 2013 [cit. 2015-07-21]. Dostupné z: http://assettrackit.com/worldwide-uhf-frequency-allocation-by-country/

[10] RFID Solutions. *Impinj* [online]. 2002-2015 [cit. 2015-07-21]. Dostupné z: http://www.impinj.com/resources/about-rfid/how-do-rfid-systems-work/

[11] RFID Tags, Tagging, & Smart Labels. *Radio-Electronics* [online]. [cit. 2015-07-21]. Dostupné z: http://www.radio-electronics.com/info/wireless/radio-frequency-identification-rfid/tags-tagging-transponders-smart-labels.php

[12] Technologie. *Portál RFID–EPC.cz* [online]. 2014 [cit. 2015-07-21]. Dostupné z: http://www.rfid-epc.cz/co-je-rfid/technologie/

[13] Active RFID, USB And WiFi Environmental Monitoring In SMB Server Rooms. *Temperature Alert* [online]. 2013 [cit. 2015-07-22]. Dostupné z: http://www.temperaturealert.com/blog/blog-view-all/13-09-12/Active_RFID_USB_and_WiFi_Environmental_Monitoring_in_SMB_Server_Rooms.aspx

[14] UHF Rfid Smart Card. *Quality Mifare Smart Card & Rfid Card Reader Manufacturer* [online]. 2012-2015 [cit. 2015-07-22]. Dostupné z: http://www.rfid-smartcard.com/china-86_54_1mm_uhf_rfid_smart_card_life_time10_frequency_902mhz_928_mhz-384072.html

[15] Glass Tags for Animals. *HID Global* [online]. 2015 [cit. 2015-07-22]. Dostupné z: http://www.rfid-smartchttp://www.hidglobal.com/products/rfid-tags/identification-technologies/glass-tags-animalsard.com/china-86_54_1mm_uhf_rfid_smart_card_life_time10_frequency_902mhz_928_mhz-384072.html

[16] RFID: A Technology Overview. *InformIT* [online]. 2005 [cit. 2015-07-27]. Dostupné z: http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=413662&seqNum=2

[17] RFID Readers Information. *IHS Engineering360* [online]. 2015 [cit. 2015-07-27].

Dostupné z: http://www.globalspec.com/learnmore/data_acquisition_signal_conditioning/data_input_devices/rfid_readers

[18] VACULÍK, Juraj, Peter KOLAROVSZKI, Jiří TENGLER a Ivan MICHÁLEK. Rádiofrekvenčná identifikácia v praxi (5). *ATP Journal* [online]. **2011**(9): 2 [cit. 2015-07-23]. Dostupné z: http://www.atpjournal.sk/buxus/docs/atp%20journal%209%202011%20str%2028.pdf

[19] KHADDAR, M. A. E., M. BOULMALF, H. HARROUD, M. ELKOUTBI a C. TURCU (ed.). *Designing and Deploying RFID Applications* [online]. InTech, 2011 [cit. 2015-07-23]. ISBN 978-953-307-265-4. Dostupné z: http://www.intechopen.com/books/designing-and-deployingrfid-applications/rfid-middleware-design-and-architecture

[20] ISO - ISO Standards - ISO/IEC JTC 1/SC 31 - Automatic identification and data capture techniques. *ISO - International Organization for Standardization* [online]. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=45332&published=on

[21] EPC Information. *EPC-RFID INFO* [online]. 2013 [cit. 2015-07-24]. Dostupné z: http://www.epc-rfid.info

[22] About the Technology. *NFC Forum* [online]. 2016 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: http://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/

[23] Tag Type Technical Specifications. *NFC Forum* [online]. 2016 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: http://nfc-forum.org/our-work/specifications-and-application-documents/specifications/tag-type-technical-specifications/

[24] PRODUCT SPEC SHEET MOTOROLA MC3190-Z. *Infolinx* [online]. 2013 [cit. 2015-08-07]. Dostupné z: http://www.infolinx.com/downloads/scanner-specs-MC3190-Z.pdf

[25] Motorola MC3190-Z Průmyslový mobilní počítač. *CODEWARE* [online]. [cit. 2015-08-07]. Dostupné z: https://eshop.codeware.cz/items/rucni-ctecky-rfid_3951653/motorola-mc3190-z-prumyslovy-mobilni-pocitac-laser-rfid-wi-fi-qvga-weh-pistole_a_MC3190Z-L.html

[26] RS30 series Touch Mobile Computer. *CipherLab: Home page* [online]. 2015 [cit. 2015-08-07]. Dostupné z: http://www.cipherlab.com/livefiles/en/Documents/4651/CipherLab_RS30_Handheld_Touch_Mobile_Computer_Data_Terminal_Field_Sales_Field_Service_Retail_Healthcare_English_Spec_Sheet.pdf

[27] CipherLab RS30: Odolný Smartphone. *CODEWARE* [online]. [cit. 2015-08-07]. Dostupné z: https://eshop.codeware.cz/items/rucni-ctecky-rfid_3951653/RS30-REPRE/cipherlab-rs30-odolny-smartphone-1d-imager-android-cerny-usb-kit_a_RS30-1D-B.html

[28] RFID UHF čtečka-zapisovačka Arete Pop. *CODEWARE* [online]. [cit. 2015-08-07]. Dostupné z: https://eshop.codeware.cz/items/rucni-ctecky-rfid_3951653/rfid-uhf-ctecka-zapisovacka-arete-pop-865-1-867-9-mhz-pro-mobil-nebo-tablet_a_A100-E.html

[29] IDBLUE Specifications. *IDBLUE* [online]. 2015 [cit. 2015-08-11]. Dostupné z: http://idblue.com/rfid-readers/hf-rfid-reader#412

[30] IDBLUE RFID Reader. *BarcodesInc* [online]. 2015 [cit. 2015-08-11]. Dostupné z: https://www.barcodesinc.com/idblue/

[31] Smart Label. *CODEWARE* [online]. [cit. 2015-08-11]. Dostupné z:

http://eshop.codeware.cz/items/rfid-tagy-nalepky_3422903/smart-label-82mm-x-49mm-13-56-mhz-rw_a_LBL082049PB-RFID13.html

[32] Alien UHF RFID tag. *CODEWARE* [online]. [cit. 2015-08-11]. Dostupné z: https://eshop.codeware.cz/items/rfid-tagy-nalepky_3422903/RFID-T-ALN-REPRE/alien-uhf-rfid-tag-aln-9610-fwrw-higgs-3-squig-13-4mm-x-47-5mm-nalepovaci_a_RFID-T-ALN9610.html

[33] Alien 9610 50 x 18.3mm UHF RFID. *AliExpress* [online]. 2015 [cit. 2015-08-11]. Dostupné z: http://www.aliexpress.com/item/Alien-9610-50-x-18-3mm-UHF-RFID-Adhesive-Tag-RFID-Label-UHF-Inlay-Label-1000lbls/529055309.html

[34] Bílý NFC štítek, 38mm, NTAG203. *NFC tagy a štítky - Největší e-shop s NFC tagy a produkty v ČR* [online]. [cit. 2015-11-2703 Dostupné z: http://www.nfcmall.com/cz/nfc-bily-stitek-okrouhly-38mm-ntag203

[35] DIJKSTRA, Edsger W. A Note on Two Problems in Connexion with Graphs. *Numerische Mathematik*. Heidelberg: Springer, 1959, (1), 269-271. ISSN 0029-599x.

Přílohy

Příloha A – CD (zdrojové kódy)

Příloha B1 – test 1 (plánovaná trasa)

Příloha B2 – test 2 (zobrazení dat)

Příloha C1 – test 2 (plánovaná trasa)

Příloha C2 – test 2 (zobrazení dat)

Příloha D1 – test 3 (plánovaná trasa)

Příloha D2 – test 3 (zobrazení dat)

Příloha E1 – test 4 (plánovaná trasa)

Příloha E2 – test 4 (zobrazení dat)

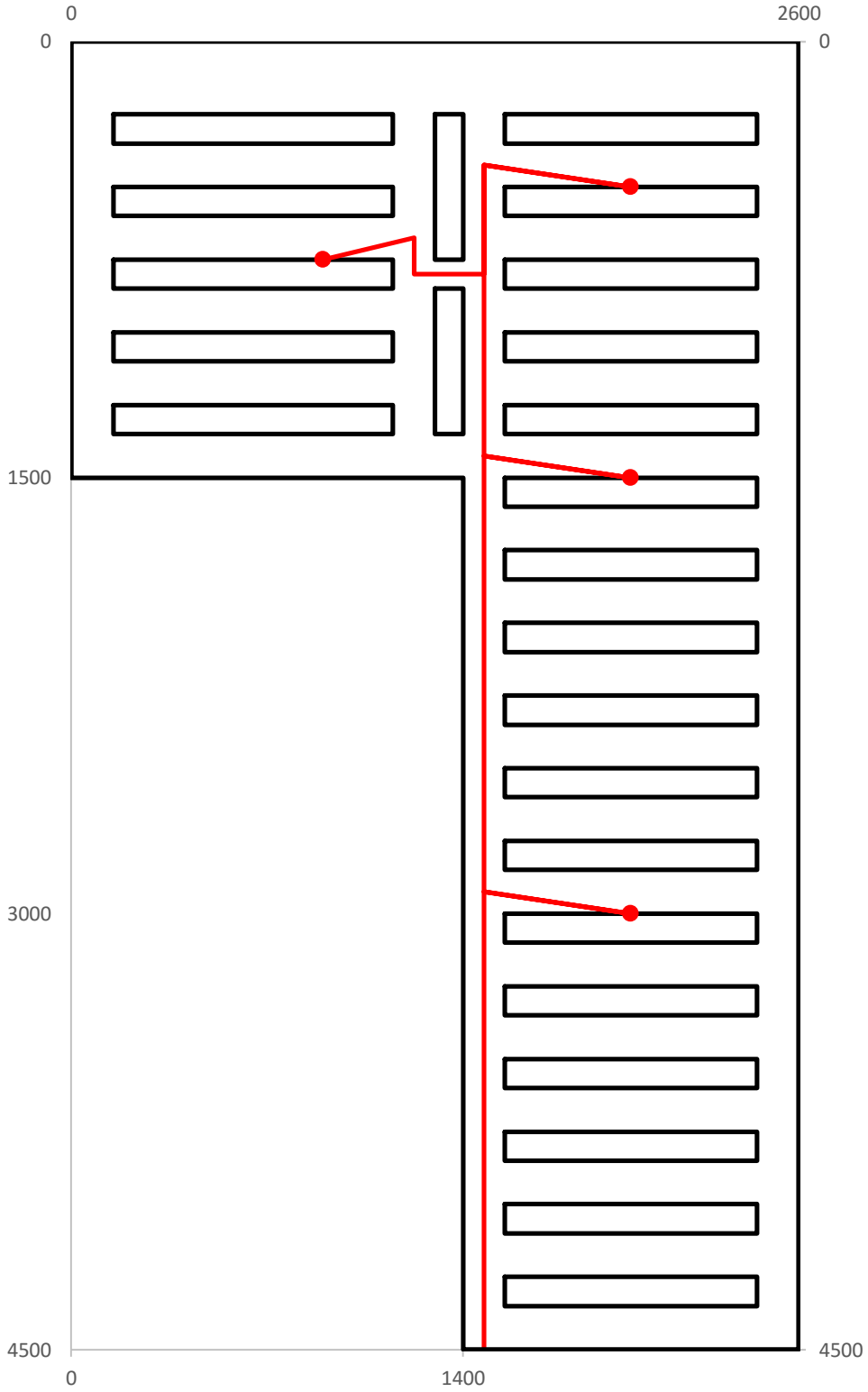
Příloha F1 – test 5 (plánovaná trasa)

Příloha F2 – test 5 (zobrazení dat)

Příloha G1 – test 6 (plánovaná trasa)

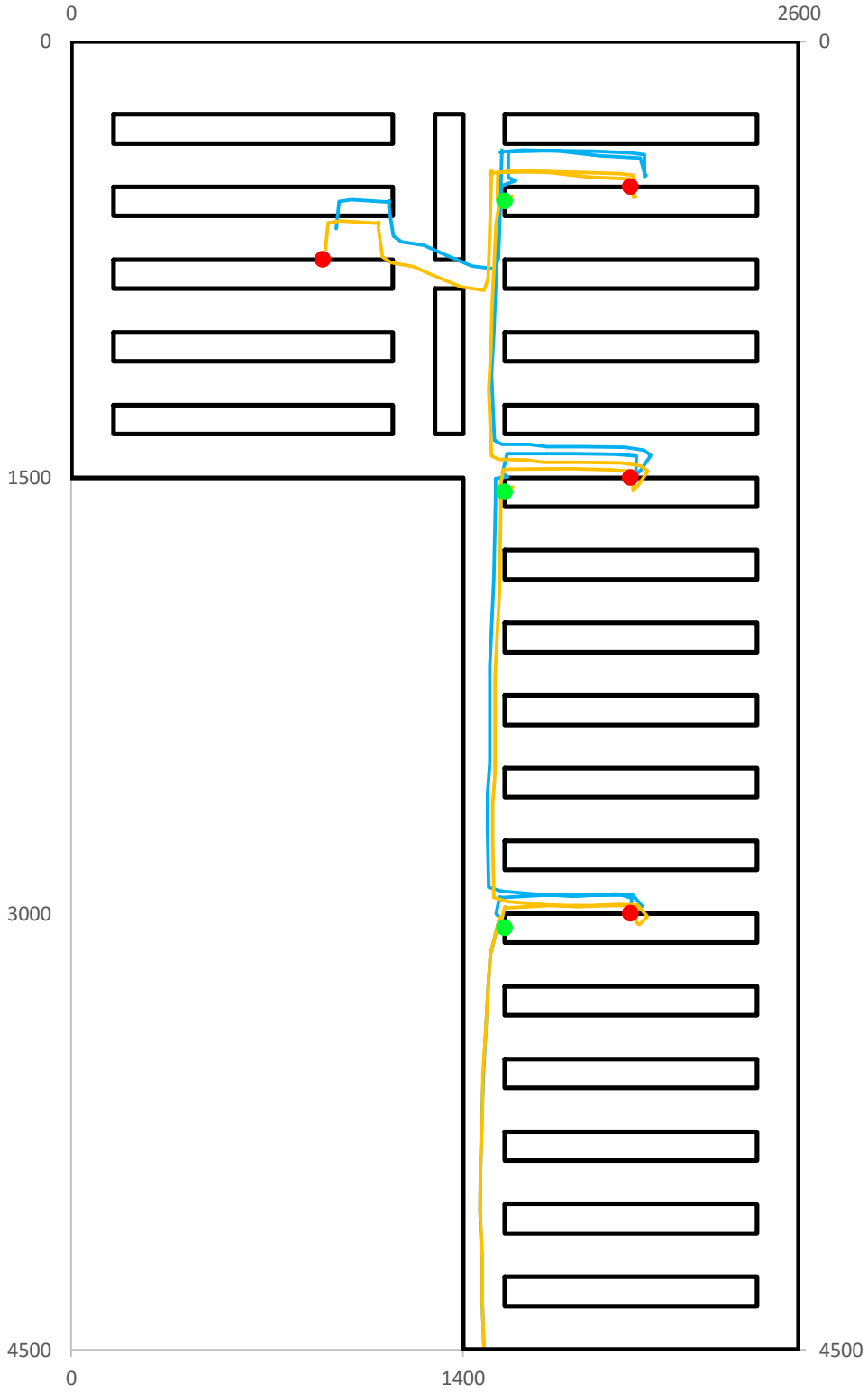
Příloha G2 – test 6 (zobrazení dat)

Příloha B1 – plánovaná trasa 1



Červená – trasa dle navigace Červené body – cílová místa.

Příloha B2 – zobrazeni dat z logovacího souboru (trasa 1)



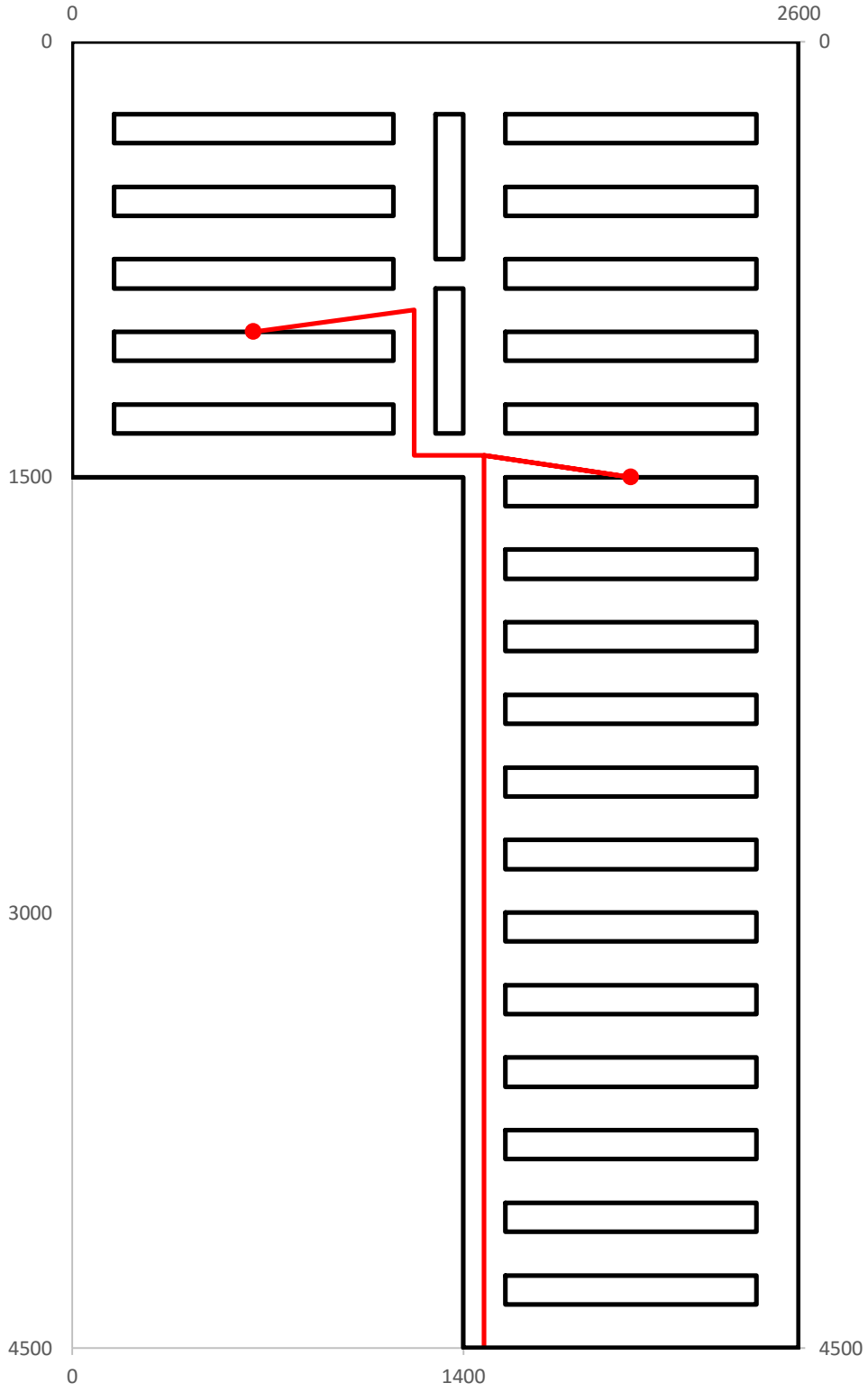
Modrá – data bez korekce.

Oranžová – data s korekcí.

Červené body – cílová místa.

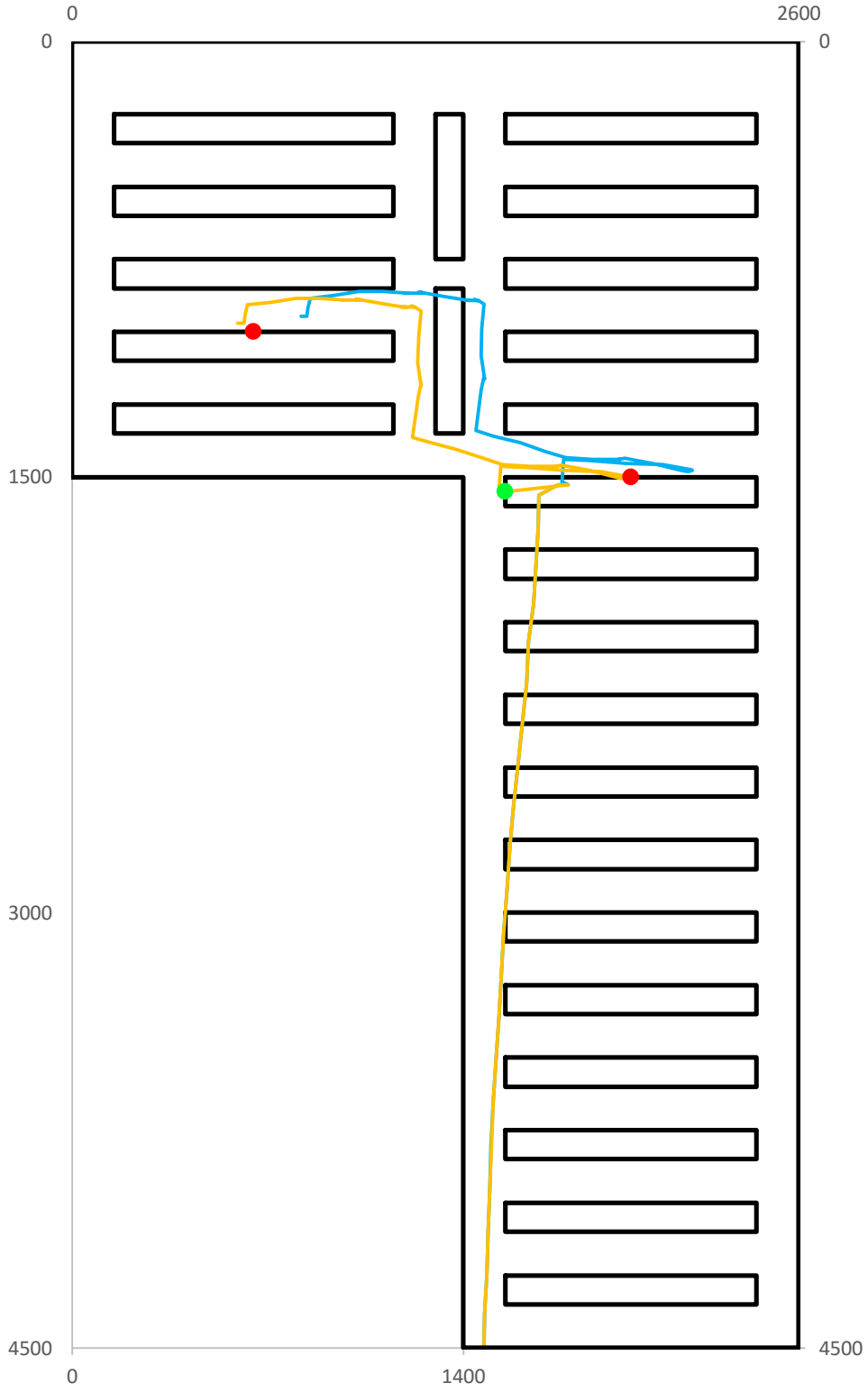
Zelené body – pevná místa s tagem.

Příloha C1 – plánovaná trasa 2



Červená – trasa dle navigace Červené body – cílová místa.

Příloha C2 – zobrazeni dat z logovacího souboru (trasa 2)



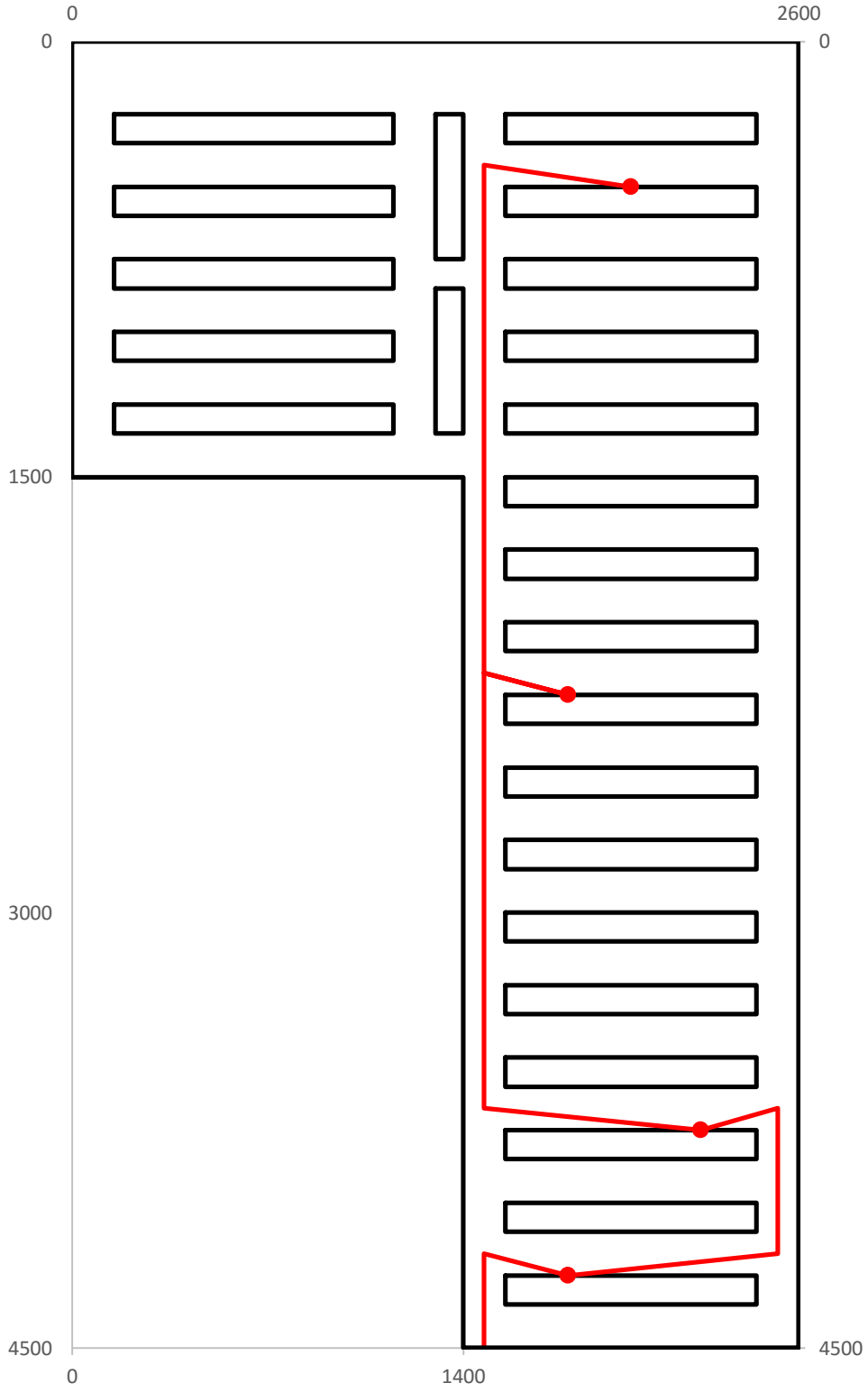
Modrá – data bez korekce.

Oranžová – data s korekcí.

Červené body – cílová místa.

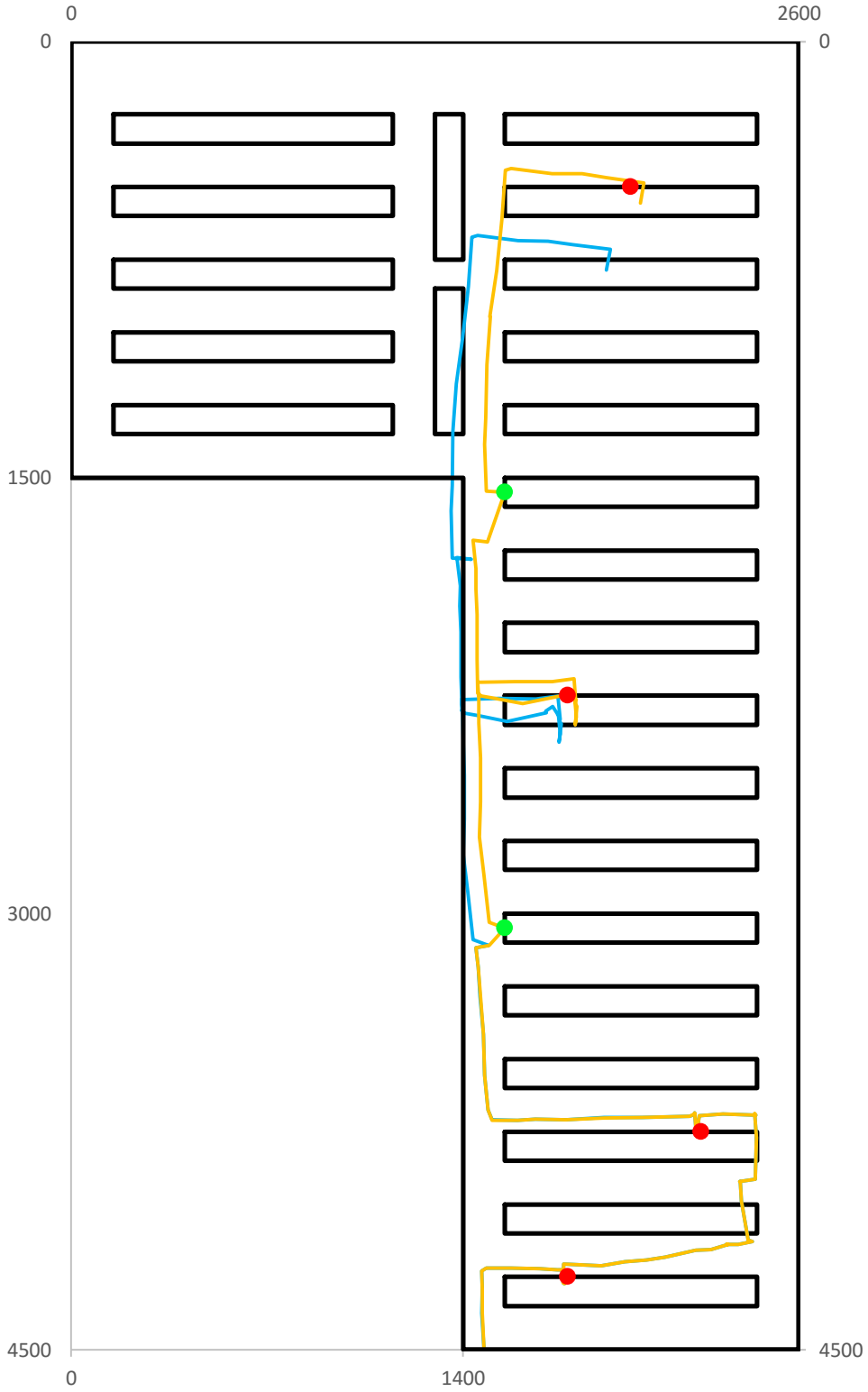
Zelené body – pevná místa s tagem.

Příloha D1 – plánovaná trasa 3



Červená – trasa dle navigace Červené body – cílová místa.

Příloha D2 – zobrazeni dat z logovacího souboru (trasa 3)



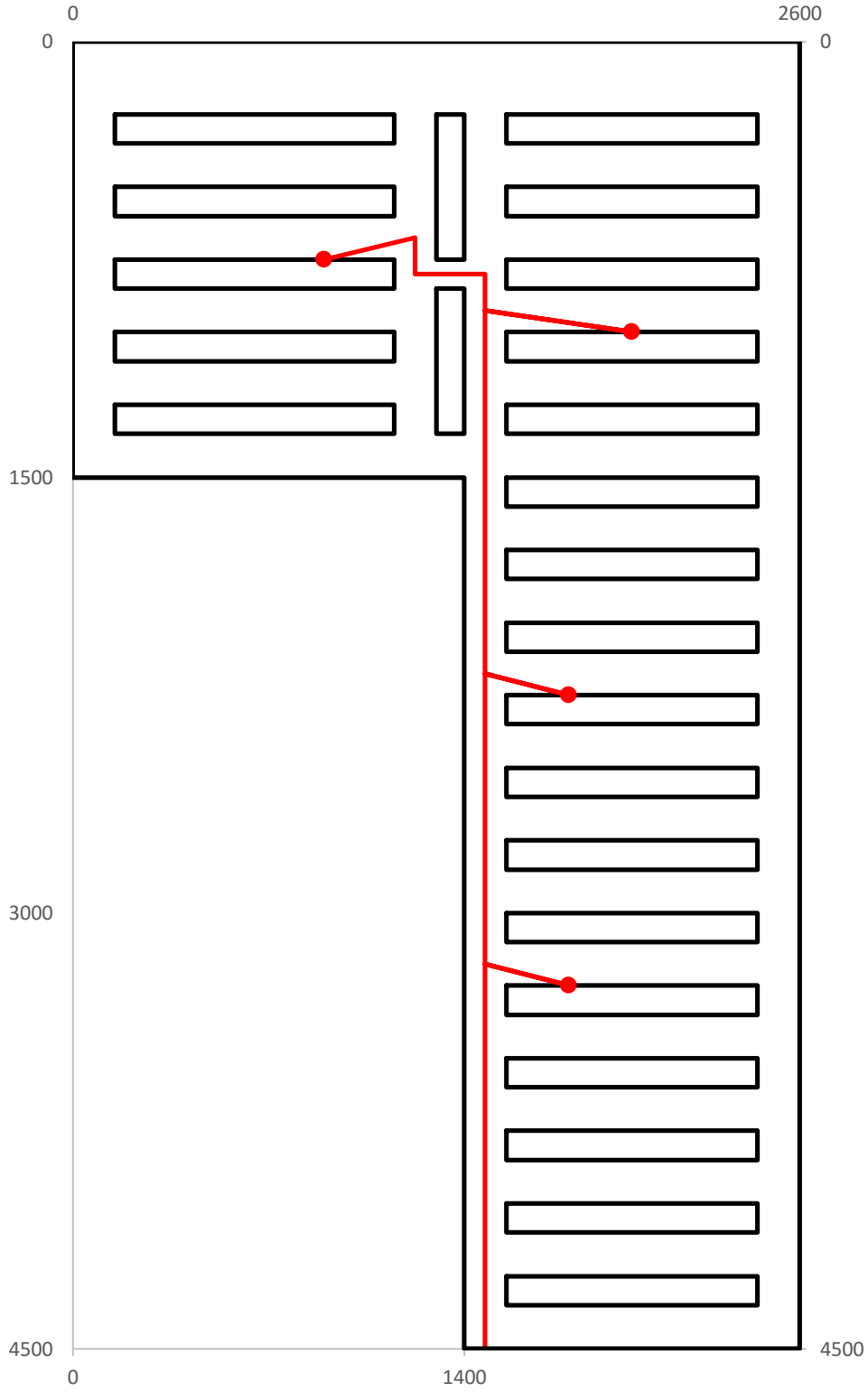
Modrá – data bez korekce.

Oranžová – data s korekcí.

Červené body – cílová místa.

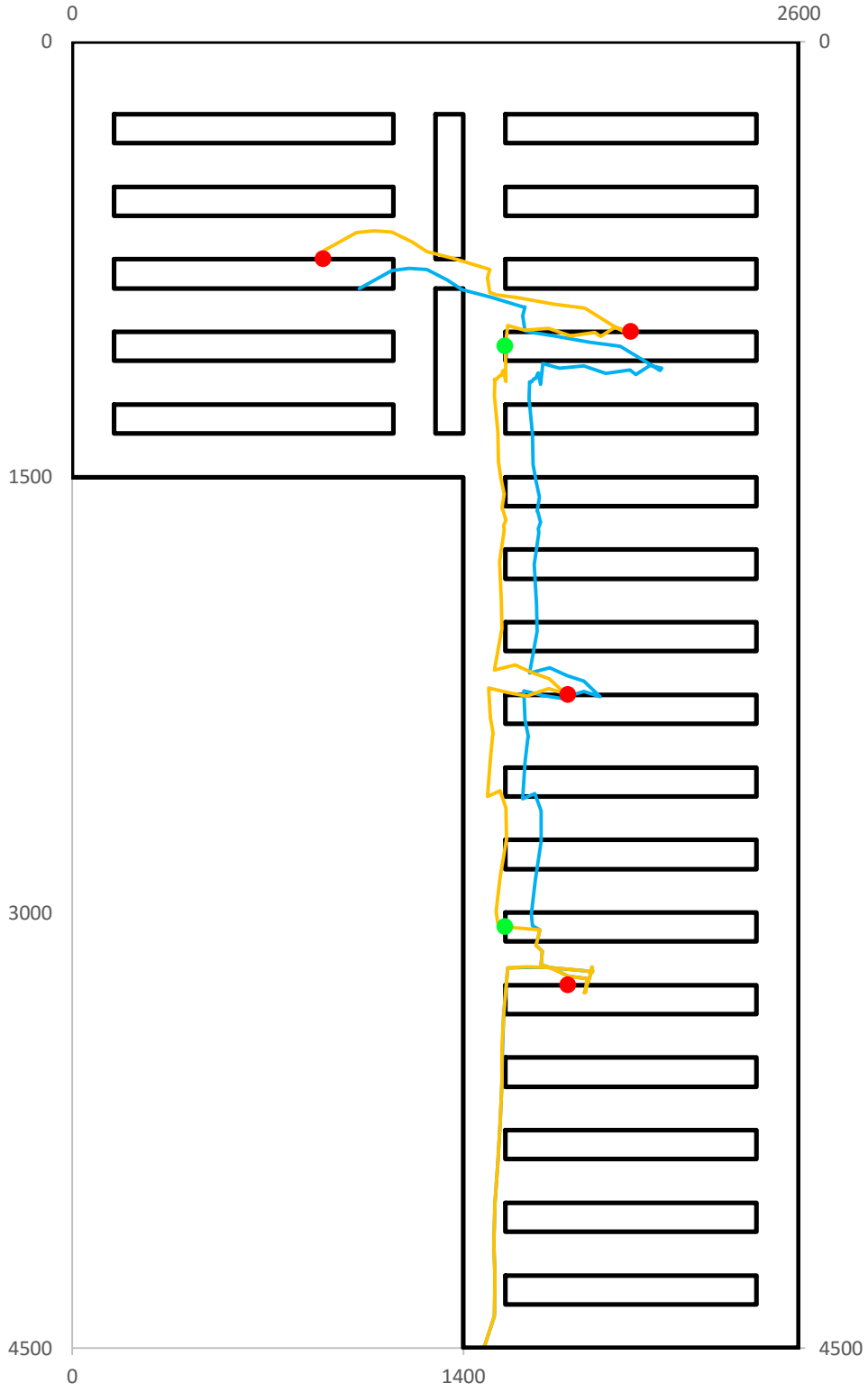
Zelené body – pevná místa s tagem.

Příloha E1 – plánovaná trasa 4



Červená – trasa dle navigace Červené body – cílová místa.

Příloha E2 – zobrazeni dat z logovacího souboru (trasa 4)



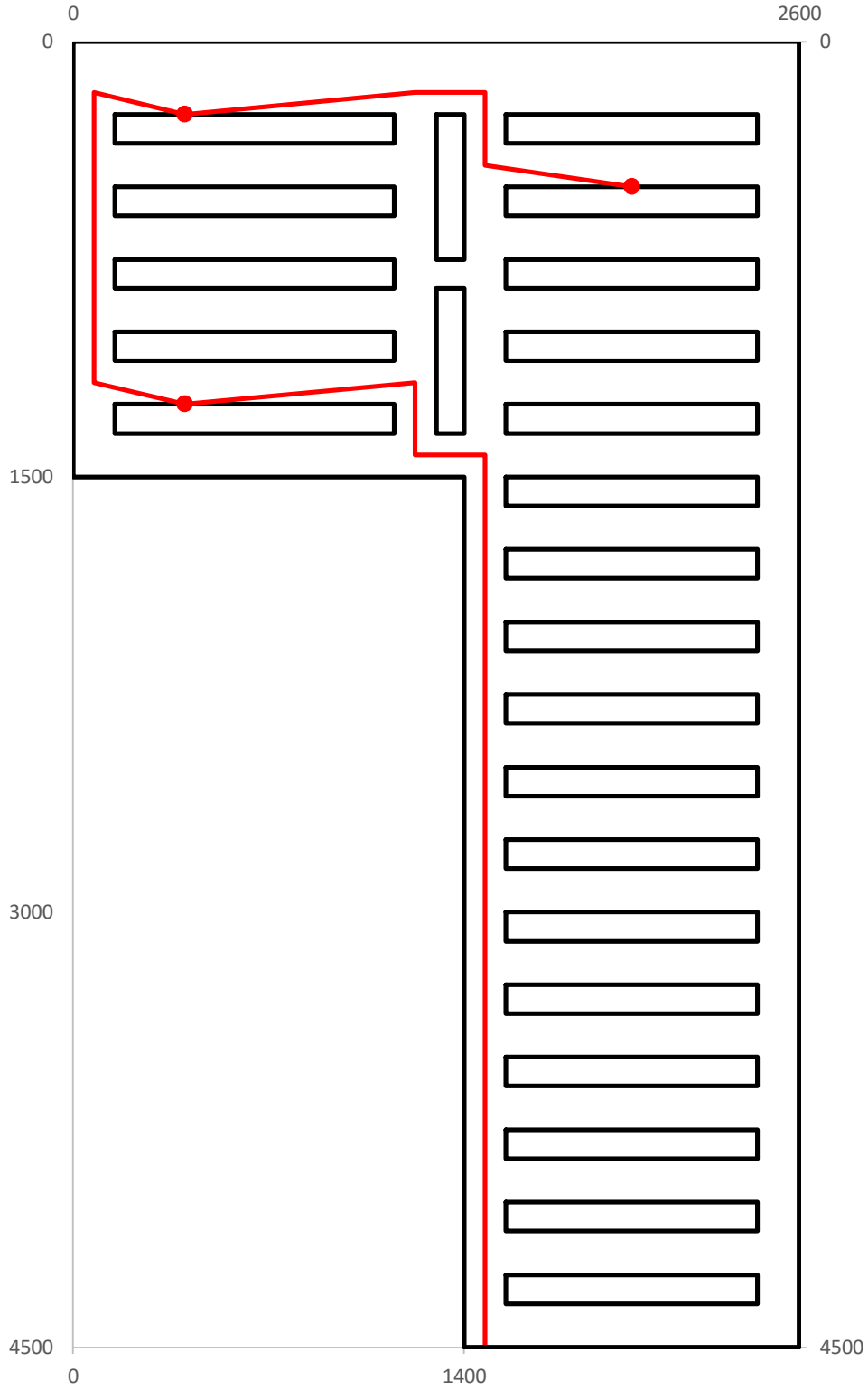
Modrá – data bez korekce.

Oranžová – data s korekcí.

Červené body – cílová místa.

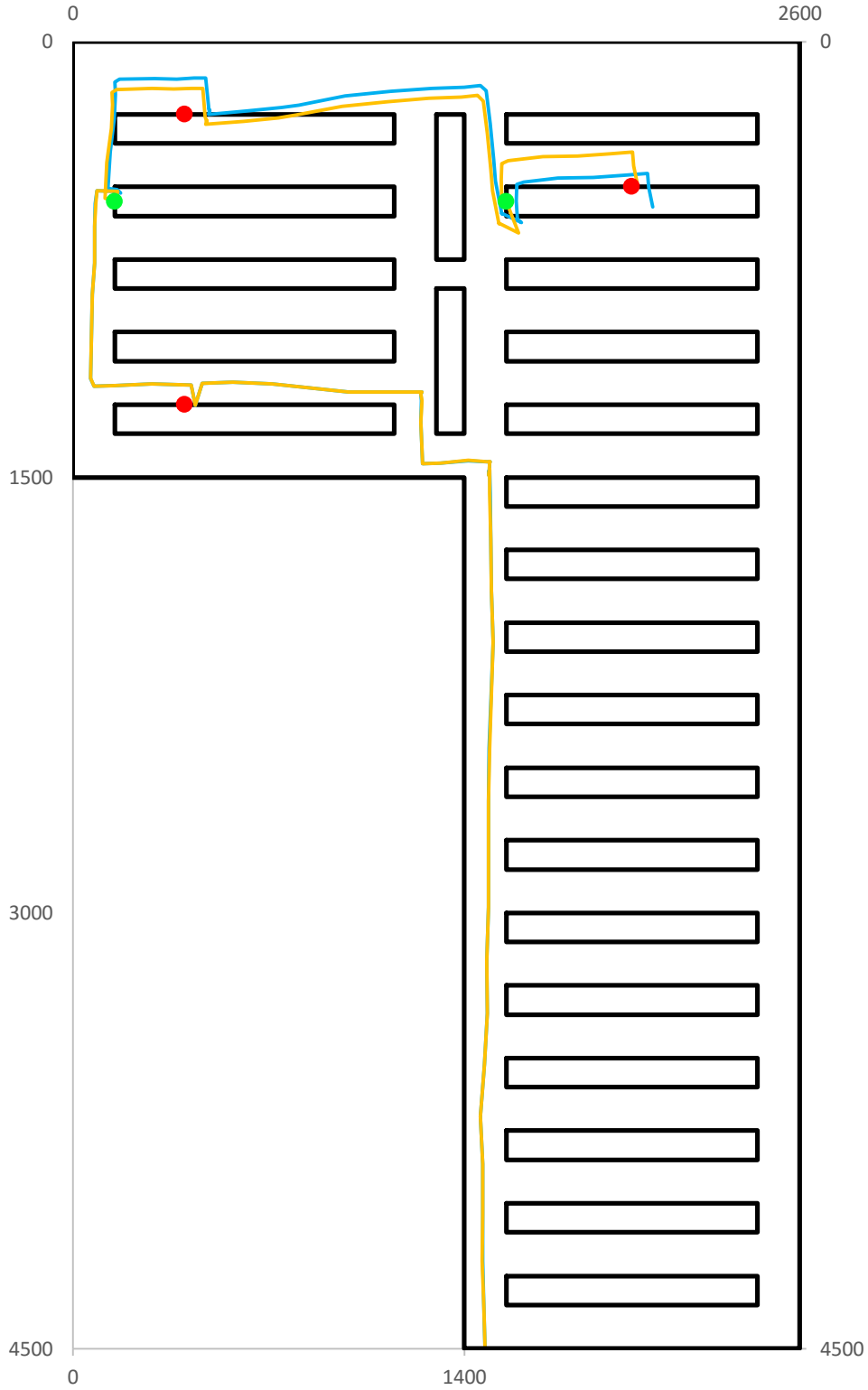
Zelené body – pevná místa s tagem.

Příloha F1 – plánovaná trasa 5



Červená – trasa dle navigace Červené body – cílová místa.

Příloha F2 – zobrazeni dat z logovacího souboru (trasa 5)



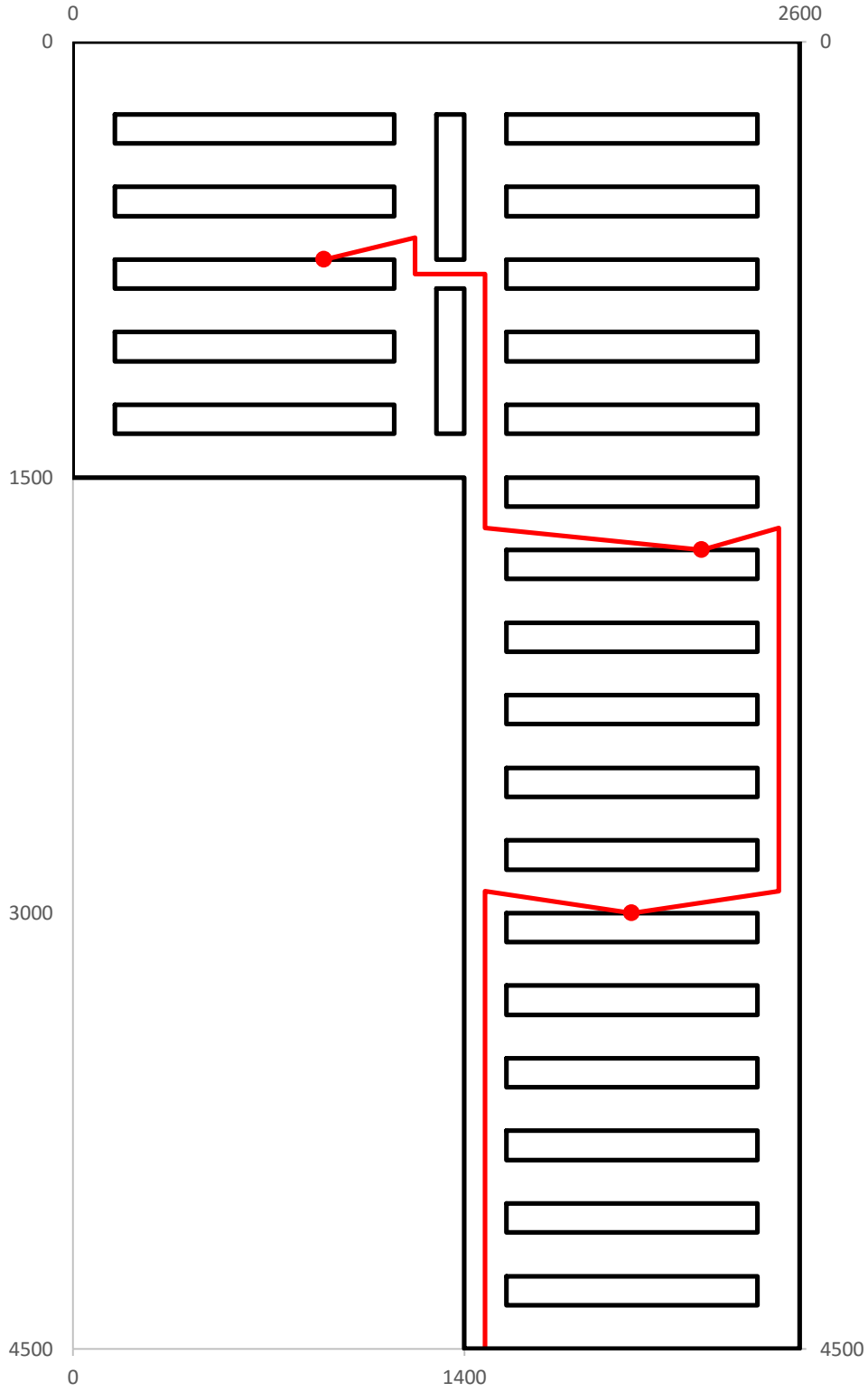
Modrá – data bez korekce.

Oranžová – data s korekcí.

Červené body – cílová místa.

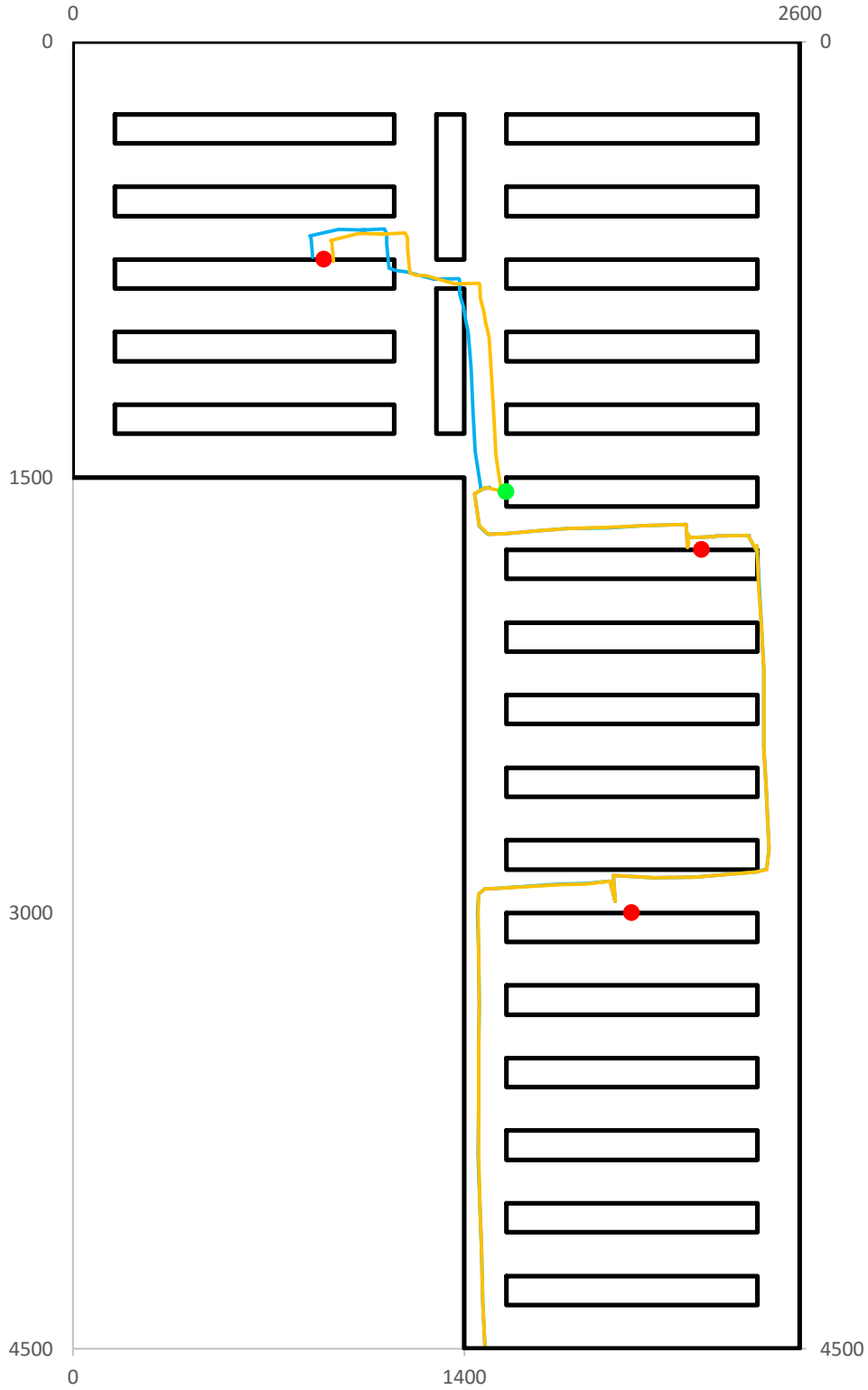
Zelené body – pevná místa s tagem.

Příloha G1 – plánovaná trasa 6



Červená – trasa dle navigace Červené body – cílová místa.

Příloha G2 – zobrazeni dat z logovacího souboru (trasa 6)



Modrá – data bez korekce.

Oranžová – data s korekcí.

Červené body – cílová místa.

Zelené body – pevná místa s tagem.