

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS
PROGRAMŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Mindaugas Zilnys

**RFID technologija grindžiamos logistikos valdymo
sistemos tyrimas**

Magistro darbas

Darbo vadovas:

prof. Kęstutis Motiejūnas

Kaunas, 2011

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS
PROGRAMŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Mindaugas Zilnys

**RFID technologija grindžiamos logistikos valdymo
sistemos tyrimas**

Magistro darbas

Darbo vadovas:
prof. Kęstutis Motiejūnas
2011-05-30

Recenzentas:
doc. Antanas Lenkevičius
2011-05-30

Atliko:
IFM-9/2 gr. stud.
Mindaugas Zilnys
2011-05-30

Kaunas, 2011

Turinys

ĮVADAS.....	8
1. ANALIZĖS DALIS	9
1.1 TYRIMO OBJEKTAS IR UŽDAVINIAI	9
1.2 RFID TECHNOLOGIJOS YPATUMAI	9
1.2.1 RFID technologija	9
1.2.2 RFID veikimo schema.....	10
1.2.3 RFID žymių tipai.....	11
1.2.4 RFID žymių klasės	11
1.2.5 RFID žymėse saugoma informacija	12
1.2.6 RFID palyginimas su brūkšniniais kodais.....	12
1.2.7 RFID įgyvendinimo sėkmę lemiantys principai.....	14
1.3 RFID LOGISTIKOS VALDYMO SISTEMOJE.....	16
1.3.1 Modernios logistikos valdymo sistemos savybės.....	16
1.3.2 RFID technologinės problemos.....	16
1.4 RFID SISTEMOS ARCHITEKTŪROS VARIANTAI.....	17
1.4.1 Tiesioginio apdorojimo architektūra	18
1.4.2 Įvykiais grindžiamo apdorojimo architektūra	18
1.4.3 Mišri apdorojimo architektūra.....	20
1.5 EGZISTUOJANČIŲ JUDĖJIMO KRYPTIES METODŲ ANALIZĖ	20
1.5.1 Davikliais grindžiamas krypties nustatymo metodas	21
1.5.2 Dviejų antenų metodas	21
1.5.3 Metodų palyginimas	22
1.6 PROBLEMOS AKTUALUMAS LIETUVOJE.....	23
1.7 ANALIZĖS IŠVADOS	23
2. LOGISTIKOS VALDYMO SISTEMOS REALIZACIJA	24
2.1 TIKSLAI, FUNKCIJOS, VARTOTOJAI, KONTEKSTAS.....	24
2.1.1 Tikslai.....	24
2.1.2 Funkcijos	24
2.1.3 Vartotojų charakteristikos	25
2.1.4 Vartotojų tikslai.....	26
2.2 KELIAMI REIKALAVIMAI	26
2.3 SISTEMOS ARCHITEKTŪROS MODELIS	27
2.4 SISTEMOS PAGRINDINIAI ALGORITMAI.....	29
2.4.1 Žymės judėjimo krypties nustatymas.....	29
2.4.2 Žymės įrašymas.....	32
2.5 SISTEMOS KŪRIME NAUDOTOS PRIEMONĖS	33
2.5.1 Realizacijos priemonės.....	33
2.5.2 Kokybės užtikrinimo priemonės	34
2.6 PRAKTINIS DARBO REZULTATAS	34

3. EKSPERIMENTINĖ IR TIRIAMOJI DALIS.....	35
3.1 EKSPERIMENTUOSE NAUDOTA TECHNINĖ ĮRANGA.....	35
3.2 ATLIKTI TYRIMAI	36
3.2.1 Žymių nuskaitymo patikimumas	36
3.2.2 Žymių nuskaitymo trukmė	40
3.2.3 Žymių judėjimo krypties nustatymas	41
3.2.4 Metalo įtaka žymių skaitymui	41
3.2.5 Aplinkos įtaka	42
3.3 TYRIMO REZULTATŲ APIBENDRINIMAS	43
3.4 SISTEMOS IŠPLĖTIMO GALIMYBĖS	43
3.4.1 Sistemos papildymas įvesties suderintuvu	43
3.4.2 Naujų rezultatų gavimas iš istorinių duomenų.....	44
4. IŠVADOS	45
5. LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	46
6. TERMINŲ IR SUTRUMPINIMŲ ŽODYNAS	48
PRIEDAS A – SUKURTOS SISTEMOS ĮDIEGIMO AKTAS	49

RESEARCH ON RFID-BASED LOGISTICS MANAGEMENT SYSTEM

SUMMARY

RFID is a Radio Frequency Identification technology, which has a unique advantage in data collection. In recent years RFID have attracted a lot of interests in logistics industry. Design and implementation solutions of modern logistics management system are discussed in this master's thesis. Furthermore, this thesis is a part of pilot project that was conducted to test the suitability of RFID in logistics management environment.

The task of research is to determine the major challenges faced in handling RFID event data. Three system architecture types were analyzed and the decision was made to use mixed system architecture for the pilot project implementation.

Keywords: Logistics management systems, Radio frequency identification (RFID), Complex Event Processing (CEP)

RFID TECHNOLOGIJA GRINDŽIAMOS LOGISTIKOS VALDYMO SISTEMOS TYRIMAS

REZIUMĖ

Radijo dažnio atpažinimo (RFID) technologija duomenų surinkime turi unikalius pranašumus. Pastaraisiais metais RFID technologijos panaudojimas pritraukia vis daugiau ir daugiau dėmesio logistikos srityje. Šiose magistro tezėse yra aptariami modernios logistikos valdymo sistemos architektūros projektavimo ir realizacijos sprendimai. Be to, šios tezės yra bandomojo projekto dalis. Projektas buvo sukurtas, siekiant išbandyti RFID tinkamumą logistikos valdymo aplinkoje.

Pagrindinis tyrimo tikslas nustatyti RFID įvykių apdorojimo iššūkius. Buvo išanalizuotos trys sistemos architektūros koncepcijos ir priimtas sprendimas bandomąjį projektą realizuoti pagal mišrios architektūros variantą.

Raktiniai žodžiai: logistikos valdymo sistemos, radijo dažnio atpažinimo technologija, įvykių apdorojimas

Paveikslų sąrašas

1 pav. RFID veikimo schema	10
2 pav. Elektorinio produkto kodo (EPC) pavyzdys	12
3 pav. Tiesioginio apdorojimo architektūros modelio schema	18
4 pav. Įvykiais grindžiamo architektūros modelio schema.....	19
5 pav. Mišrios apdorojimo architektūros modelio schema	20
6 pav. Davikliais grindžiamo metodo schema	21
7 pav. Dviejų antenų metodo schema	22
8 pav. RFID grindžiamos logistikos valdymo sistemos panaudojimo atvejų diagrama	25
9 pav. Logistikos valdymo sistemos architektūros modelis	27
10 pav. Sistemos sudalinimo į paketus diagrama	28
11 pav. Modifikuoto davikliais grindžiamo metodo schema.....	29
12 pav. RFID žymės įrašymo veiklos diagrama	32
13 pav. Neužfiksuotų žymių tyrimo diagrama pagal jų dydį ir klijavimo vietą	37
14 pav. Įdiegtos sistemos RFID žymių neužfiksavimo diagrama pagal mėnesius	38
15 pav. RFID žymių nuskaitymo patikimumo skritulinė diagrama.....	38
16 pav. RFID žymių fiksavimo ciklo trukmės išsibarstymo grafikas.....	40

Lentelių sąrašas

1 lentelė. RFID žymių skirtingų tipų palyginimas.....	11
2 lentelė. RFID technologijos privalumai ir trūkumai lyginant su brūkšniniais kodais	13
3 lentelė. RFID technologijos žinomos problemos ir jų apibūdinimai	17
4 lentelė. Per RFID vartus judančios žymės krypties nustatymo metodų palyginimas	22
5 lentelė. Realizavimo priemonės ir jų pasirinkimo pagrindimas	33
6 lentelė. Eksperimentuose naudojamos techninės įrangos aprašymas	35
7 lentelė. Nuskaitymo patikimumo eksperimento rezultatai	39
8 lentelė. Skaitytuvo konfigūruojamų parametrų rekomenduojamos reikšmės.....	40

IVADAS

Tiekimo grandinės valdymo uždaviniai aktualūs daugumai įmonių. Logistikos valdymas - tiekimo grandinės valdymo dalis, kuri apima visas žaliavų saugojimo ir judėjimo operacijas, pagamintos produkcijos judėjimo iš kilmės vietos į vartojimo tašką operacijas. Sėkmingas logistikos uždavinių sprendimas įgalina užtikrinti savalaikį pirkėjų užsakymų įvykdymą.

Logistikos valdymo sistemos naudoja įvairias technologijas prekių judėjimo operacijoms fiksuoti. Pastaraisiais metais RFID panaudojimas pritraukia vis daugiau ir daugiau dėmesio logistikos srityje. Lietuvos įmonėse šios technologijos praktinis taikymas dar tik prasideda.

Analizės dalyje nagrinėjami RFID technologijos ypatumai, pateikiami jos privalumai logistikos uždavinių sprendimui. Analizuojami architektūriniai sprendimai, automatinio logistikos objektų fiksavimo metodai.

Įvertinus uždavinio aktualumą ir RFID technologijos teikiamus pranašumus bei suderinus su užsakovu, buvo nuspręsta sukurti logistikos valdymo sistemą – kaip bandomąjį projektą ir ją įdiegti užsakovo įmonėje.

Sistemą įdiegus, atsirado galimybė sistemos darbą tyrinėti realiomis sąlygomis ir, remiantis eksperimentų rezultatais, parinkti sistemos parametrus ir patobulinti sistemos veikimą.

1. ANALIZĖS DALIS

Šiame skyriuje apibrėžiama tyrimo sritis, analizuojamas objektas bei įvardinamos problemos, kurias reikia išspręsti projektuojant logistikos valdymo sistemą, pagrįstą RFID technologija. Analizuojami ir palyginami egzistuojantys sprendimo metodai. Pateikiamas priimtas ir realizuotas sprendimas.

1.1 TYRIMO OBJEKTAS IR UŽDAVINIAI

Tyrimo sritis – logistikos valdymas.

Tyrimo objektas – logistikos valdymo sistemos, panaudojant RFID technologiją, architektūriniai ir realizavimo sprendimai.

Šiame darbe pagrindinis dėmesys skiriamas RFID technologija grindžiamos logistikos valdymo sistemos architektūriniais ir realizacijos sprendimams. Ši teorinė medžiaga yra bandomojo projekto, kuris sėkmingai įdiegtas gamybinės įmonės logistikos valdymui, dalis. Tyrimas atliekamas, siekiant rasti patį tinkamiausią RFID technologijos panaudojimo variantą.

Tyrimo pagrindiniai uždaviniai:

- Nustatyti didžiausias problemas, su kuriomis susiduriama apdorojant didelius RFID įvykių generuojamus duomenų srautus;
- Surasti architektūrinius sprendimus, leidžiančius išspręsti nustatytas problemas;
- Patobulinti bandomojo projekto metu realizuotą ir įdiegtą logistikos valdymo sistemą;
- Eksperimentiškai iširti problemines įdiegtos sistemos dalis.

1.2 RFID TECHNOLOGIJOS YPATUMAI

1.2.1 RFID technologija

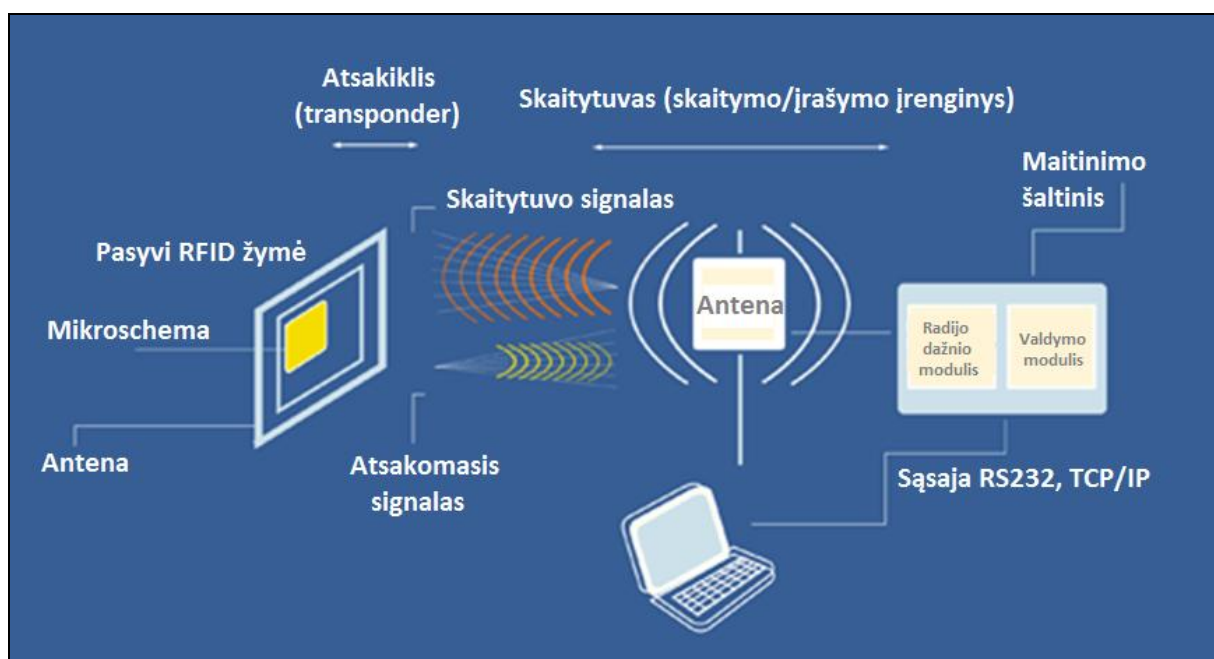
Radio dažnio atpažinimo (*angl.* Radio Frequency Identification, RFID) technologija – tai lanksti bevielio komunikavimo technologija. RFID tapo nepakeičiama plataus masto automatinio duomenų surinkimo ir apdorojimo technologija [1,3].

Automatinio identifikavimo asociacija (*angl.* Auto-ID association) RFID sąvoką naudoja sistemos, kuri perduoda objekto arba asmens identifikacinius duomenis (unikalų serijinį numerį) bevielio būdu, panaudojant radio bangas [2].

1.2.2 RFID veikimo schema

Įprasta RFID sistema susideda iš trijų pagrindinių elementų (1 pav.):

- Kompiuterio su RFID programine įranga;
- Skaitytuvo su viena arba keliomis antenomis;
- Žymės (*angl.* Tag) su paženklintą objektą atitinkančia informacija.



1 pav. RFID veikimo schema

Programa siunčia radijo signalus per anteną. Antenos aprėpties lauke esančios žymės priima signalą. Priimtas signalas modifikuojamas pagal žymėje saugomą informaciją ir siunčiamas antenai. Tokiu būdu antena gauna objekto, paženklinto RFID žyme, identifikacinius ar kitus duomenis. Skaitytuvas taip pat gali siųsti ir duomenų įrašymo ar žymės sunaikinimo signalą.

Šiuo metu, atsiradus galimybėms sumažinti žymių dydį ir kainą, atsiranda naujos RFID technologijos panaudojimo galimybės.

1.2.3 RFID žymių tipai

RFID žymė gali būti aktyvinė arba pasyvinė. Aktyvinė žymė turi bateriją ir tai leidžia ją nuskaityti didesniu atstumu. Pasyvinė naudoja skaitytuvo siunčiamo signalo energiją, todėl šios žymės yra pigesnės ir jos nuskaitytos iš mažesnio atstumo. Žymių tipų palyginimas pateiktas (1 lentelėje) [17].

1 lentelė. RFID žymių skirtingų tipų palyginimas

Savybės	Aktyvinė žymės	Pasyvinės žymės
Energijos šaltinis	Vidinis, esantis žymėje	Išorinis, perduodamas kitų
Baterija	Yra	Nėra
Energijos prieinamumas	Visalaikis	Tik kai žymė yra skaitymo lauke
Reikiamas signalo stiprumas	Labai žemas	Labai aukštas
Skaitymo atstumas	Iki 100 metrų ar net daugiau	Iki 3-5 metrų, dažniausiai dėl aplinkos įtakos mažiau
Saugomų duomenų kiekis	Iki 128 kilobaitų	128 baitai

1.2.4 RFID žymių klasės

RFID žymės yra skiriamos į 5 klases pagal jų nuskaitymo ir įrašymo variantus [17]:

- *0 KLASĖ* (tik skaitomos žymės) šis žymių tipas yra paprasčiausias, jos tiesiog taip pagaminamos, kad turi skirtingus žymės identifikacinius numerus;
- *1 KLASĖ* (vieno įrašymo, tik skaitomos žymės) šių žymių saugoma informacija gali būti įrašyta gamykloje arba paties vartotojo vienintelį kartą;
- *2 KLASĖ* (skaitomos, įrašomos žymės) jų duomenys gali būti nuskaityti, kaip ir įrašomi, tai galima atlikti daug kartų, jos gali turėti didesnę atmintį nei tik skirtą įprasto identifikacinio numerio saugojimui;
- *3 KLASĖ* (skaitomos, įrašomos, turinčios įmontuotą daviklį žymės) šios klasės žymės būna tik aktyvinio tipo, jos gali turėti temperatūros, slėgio daviklius ir gali jų rodmenis pačios išsaugoti savo atmintyje;
- *4 KLASĖ* (skaitomos, įrašomos ir integruotus siųstuvus turinčios žymės) šios žymės be kitų išvardintų galimybių gali bendrauti tarpusavyje be kitų įrenginių įsikišimo.

1.2.5 RFID žymėse saugoma informacija

Labai svarbu, kad žymių turinys (duomenys) būtų standartizuotas. Objektai, paženklinti RFID žymėmis, dažniausiai keliauja ilgą kelią gamybos, tiekimo, pardavimo grandinėmis. Taigi, norint pilnai išnaudoti RFID technologijos pranašumus, svarbu, kad šiame kelyje sutikti visi skaitymo įrenginiai ir sistemos galėtų naudoti šią objektą apibūdinančią informaciją.

Pradžioje buvo sukurtas pasaulinės žymės (GTAG) standartas, kuris buvo skirtas pasaulinės numeracijos sistemos įvedimui. Tačiau šis standartas pasirodė per daug sudėtingas ir buvo atmestas pasaulinio Auto-ID centro. Tuomet šis centras nusprendė kurti savo pačių standartą [15]. Vėliau Auto-ID centro sukurtas standartas buvo priskirtas naujai sukurtai organizacijai EPCglobal ir tapo jos pavadinimu pavadintu standartu. Šis standartas aprašo, elektroninio produkto kodo (EPC) naudojimą žymėse. Organizacija, panorusi naudoti EPC standartą, turi gauti iš EPCglobal jiems skirtą kodo priešdėlį (*angl.* prefix).

Elektroninis produkto kodas (<i>angl.</i> Electronic Product Code, EPC)			
01	0000A89	00016F	000169DC0
Header Bits 0-7	EPC Manager Bits 8 - 35	Object Class Bits 36 - 59	Serial Number Bits 60 - 95
Antraštė	EPC valdytojas (kas suteikė kodą)	Objekto tipas	Serijos numeris

2 pav. Elektroninio produkto kodo (EPC) pavyzdys

1.2.6 RFID palyginimas su brūkšniniais kodais

Ir RFID žymės, ir brūkšniniai kodai talpina informaciją apie objektus. Brūkšninių kodų sistemos šiuo metu yra smarkiai paplitę ir „įaugę“ objektų ženklime. Tačiau į rinką vis labiau skverbiasi RFID technologija, turėdama ženklių privalumų lyginant su brūkšniniais kodais. Šių technologijų privalumų ir trūkumų vertinimas pateikiamas žemiau (2 lentelė).

2 lentelė. RFID technologijos privalumai ir trūkumai lyginant su brūkšniniais kodais

	Brūkšninis kodas	RFID žymė
RFID privalumai		
Valdymas	Rankinis	Radio bangomis
Duomenų nuskaitymo sudėtingumas	Kartais sudėtingas dėl lipduko pažeidimų (užsilenkimo, nešvarumų)	Nuskaitomas netgi pasidengęs nešvarumais, sulankstytas
Matomumas	Tiesioginis matomumas, atsukta tiesiai į skaitytuvą	Nereikalingas tiesioginis matomumas, gali būti pasukta įvairiais kampais į skaitytuvą
Nuskaitymo atstumas	Mažas	Didelis (priklausomai nuo žymės tipo)
Duomenų talpumas	Labai apribotas (iki 20 simbolių naudojant vienos dimensijos brūkšninį kodą)	Gali talpinti žymiai daugiau duomenų (priklausomai nuo žymės tipo, nuo 100 iki 1000 ir daugiau simbolių)
Automatizavimas	Didžiąjai daugumai skaitytuvų reikalingas žmogus	Didžiojai daugumai stacionarių skaitytuvų informacijos surinkimui žmogus nereikalingas
Nuskaitymo tipas	Skaitoma po vieną	Vienu metu galima nuskaityti daug žymių (10, 100, 1000)
Skaitymas/perrašymas	Galima tik skaityti	Galima ir skaityti ir keisti skaitomą informaciją
RFID trūkumai		
Kaina	Maža kaina, labai plačiai paplitę	Žymės yra brangesnės, nors pastaruoju metu jų kaina dėl vis augančio naudojimo krenta, taip pat reikalingos investicijos į naują techninę įrangą
Technologija	Ištirta, įrodyta ir priimta pramonėje	Vis dar yra technologinių problemų su metalais ir skysčiais
Standartai	Didelis standartų skaičius	Standartai dar tik kuriami

1.2.7 RFID įgyvendinimo sėkmę lemiantys principai

Nagrinėjant, kaip pasiekti, kad kuriama logistikos valdymo sistema duotų gerą galutinį rezultatą, buvo analizuojama ir apibendrinama literatūroje aprašyta patirtis, įgyta projektuojant ir diegiant RFID sprendimus logistikai.

Pirmiausia radijo dažnio identifikavimo technologiją reikėtų taikyti tik tada, kada ši technologija yra tikrai pranašesnė už kitas technologijas (kaip brūkšninius kodus ar kitas) ir duos papildomos naudos, ko negalima būtų pasiekti naudojant kitas technologijas. Taigi reikia gerai pasverti technologijos teikiamus pranašumus kiekvienu atskiru atveju.

Toliau pateikiami sėkmę lemiantys principai [14]:

1. Nustatyti lūkesčius

Įmonės turėtų pasirinkti RFID sprendimus tik tada, kada gali užtektinai investuoti į įrangą ir programinę įrangą ir kuomet ateityje šios sistemos pranašumai duos naudos, automatizuojamą procesą padarant efektyvesniu ir kokybiškesniu. Pirmiausia reiktų nustatyti įmonėje automatizuojamų procesų lūkesčius ir ar juos nauja RFID sistema gali iš tikrųjų patenkinti;

2. Įvertinti procesą

Reikia suprasti pagrindinius procesus, kaip ir RFID panaudojimą jiems automatizuoti. Visada reikia žiūrėti į RFID panaudojimą, kaip į proceso patobulinimą. Visada reikia įvertinti jau įgyvendintus projektus ir verslo patirtį juos diegiant, nustatant kurios vietos gali būti patobulintos. Tai sudaro informacijos surinkimas iš įvairių sričių – dažniausiai verslo valdymo, informacinių technologijų specialistų, priežiūros personalo ir galutinių vartotojų;

3. Reikalavimų surinkimas

Net ir įgyvendinant mažos apimties projektus, yra labai svarbu sukurti reikalavimų dokumentą, kuris turi aprašyti įmonės numatomus procesų srautus ir specifinius reikalavimus, kad įgyvendint procesus. Reikia skirti didelį dėmesį programinės ir techninės įrangos parinkimui;

4. Atlikti aplinkos tyrimą

Labai svarbu atlikti diegimo aplinkos tyrimą. Reikia įvertinti galimus trukdžius radijo dažnio signalui ir fizines galimybes sumontuoti įrangą;

5. Apgalvoti mišraus technologijų taikymo variantus

Reikia apsvarstyti mišrių technologijų taikymo variantus. Panaudoti

spausdinamas žymes, kurios turi RFID žymę ir ant jos galima spausdinti žmogui perskaitomą informaciją, kai tik įmanoma. Apsvarstyti atsarginius variantus, jei RFID žymė būtų sugadinta ar nustotų veikti įranga;

6. Žymės

Labai svarbu pasirinkti tinkamas žymes, kadangi RFID žymių yra šimtai įvairių tipų. Žymės gali būti tokios, ant kurių būtų galima spausdinti vizualinę informaciją, gali būti kietos, lanksčios, su baterijomis, tolumo/artimo skaitymo atstumo ir daug kitų parametrų. Geriausia pasirinkti keletą skirtingų žymių ir išbandyti, jų charakteristikas realioje aplinkoje, kur jos turės dirbti;

7. Duomenys, kuriuos saugosime

Vienas iš pagrindinių RFID technologijos pranašumų, kad tuomet žymėje galima saugoti gana daug įvairių duomenų. Nors per daug duomenų įrašyti į žymę nereikėtų, nes tuomet bus sudėtinga apsaugoti tą informaciją nuo pašalinių, kam jos nereikėtų žinoti. Dauguma sistemų RFID žymę naudoja, kaip unikalaus kodo saugojimo vietą, kur unikalus kodas vėliau gali būti susietas su duomenų bazėje saugoma informacija. Visgi apsaugoti duomenų bazės prieigą yra paprasčiau nei RFID žymės nuskaitymą;

8. Tinklo infrastruktūra, sujungianti RFID įtaisus

Laidų išvedžiojimas ar bevielio tinklo sukūrimas RFID projekte yra svarbi vieta, kuri turi būti vis peržvelgiama ir įvertinama iki pačio sistemos įdiegimo tam tikroje aplinkoje. Šiose sistemose netinkami sprendimai tinklo infrastruktūroje gali smarkiai įtakoti sistemos darbo našumą, įdiegimo paprastumą ir prieigą priežiūrai;

9. Sistemos testavimas

RFID sistema yra nebaigta tol, kol ji yra integruojama ir išbandoma vartotojų su programine įranga su kuria ji turės dirbti. Reikia numatyti perėjimo laiką, kurio metu įdiegta sistema dirbs kartu su seniau naudota sistema, kad būtų ištaisytos visos galimos atsirasti klaidos ir sistema galėtų sėkmingai funkcionuoti vartotojų procesuose.

Aukščiau aprašyti žingsniai padės RFID projektui vykti sklandžiau. RFID technologija pateiks efektyvumo padidėjimą, saugumą, naują požiūrį verslo procesuose ir ji verslui sukurs didesnę pelningumą, bet tik tada kada bus įgyvendinta protingai.

1.3 RFID LOGISTIKOS VALDYMO SISTEMOJE

1.3.1 Modernios logistikos valdymo sistemos savybės

Svarbiausiais modernių gamybinių įmonių tikslais tampa galimybė lanksčiai ir greitai reaguoti į kintančias rinkas. Išspęsti šio uždavinio neįmanoma be spartesnio ir tikslesnio gaminių srautų valdymo. Tobulinant šių srautų valdymą, būtina optimizuoti logistikos operacijas, panaudojant naujausias technologijas.

Modernios logistikos valdymo sistemos pagrindinės savybės (nevardinant tradicinių funkcijų):

- gaminių judėjimo automatinis stebėjimas ir kontrolė;
- skaidri sandėlio operacijų apskaita;
- operatyvus reagavimas į užsakymų pasikeitimus;
- operacijų istorijos atsekamumo galimybė.

Logistikos valdymo sistema, grindžiama RFID technologija:

- pagerina logistikos operacijų efektyvumą;
- leidžia skaityti gaminio informaciją net gaminiui judant;
- sumažina klaidų skaičių;
- įgalina realiaame laike fiksuoti objektų judėjimo sandėliuose operacijas.

RFID technologija ir jos taikymas yra tolygaus brendimo periode ir pripažįstama kaip viena iš daugiausia žadančių šio amžiaus technologijų [18]. Taigi naujausiose valdymo sistemose RFID tampa vis dažniau panaudojamu duomenų surinkimo įrankiu, kuris teikia ženklus privalumus [6].

1.3.2 RFID technologinės problemos

Projektuojant logistikos valdymo sistemas grindžiamas RFID technologija žinomos problemos pateikiamos žemiau (3 lentelė).

3 lentelė. RFID technologijos žinomos problemos ir jų apibūdinimai

Problema	Apibūdinimas
RFID skaitymo lauko ribos yra sunkiai kontroliuojamos	Ši problema dažniausiai pasireiškia nedidelėse sandėliavimo patalpose, kuomet netoli RFID nuskaitymo vietos būna sandėliuojami RFID žymėmis paženklinėti objektai
RFID žymės uždengimas kitu objektas	Ši problema atsiranda dėl sunkesnio žymės pasiekimo ir signalo stiprumo trūkumo
Trumpas RFID žymėmis pažymėtų objektų buvimo laikas nuskaitymo zonoje	Ši problema atsiranda dėl to, kad objektai gabenami autokrautu, kuris juda gana dideliu greičiu (zoną kertą per 2 sekundes), taip ilgina nuskaitymo laiką keletos objektų gabenimas tuo pačiu metu
Metalinių objektų paženklinėtų RFID žymėmis nuskaitymo	Ši problema atsiranda dėl to, kad metalas atspindi ultra aukšto dažnio radijo bangas
Skysčių pripildytų objektų paženklinėtų RFID žymėmis skaitymo	Ši problema atsiranda, kadangi skystis sugeria ultra aukšto dažnio radijo bangas

1.4 RFID SISTEMOS ARCHITEKTŪROS VARIANTAI

Šiame skyrelyje nagrinėjami pagrindiniai RFID sistemos realizacijoje taikomi architektūriniai sprendimai. Taip pat yra argumentuojama, kurie sprendimai, kuriose situacijose yra tinkamesni.

Įvairūs autoriai, analizuojantys RFID sistemų kūrimą, išskiria pagrindinius projektavimo principus į kuriuos reikia atkreipti dėmesį [13]:

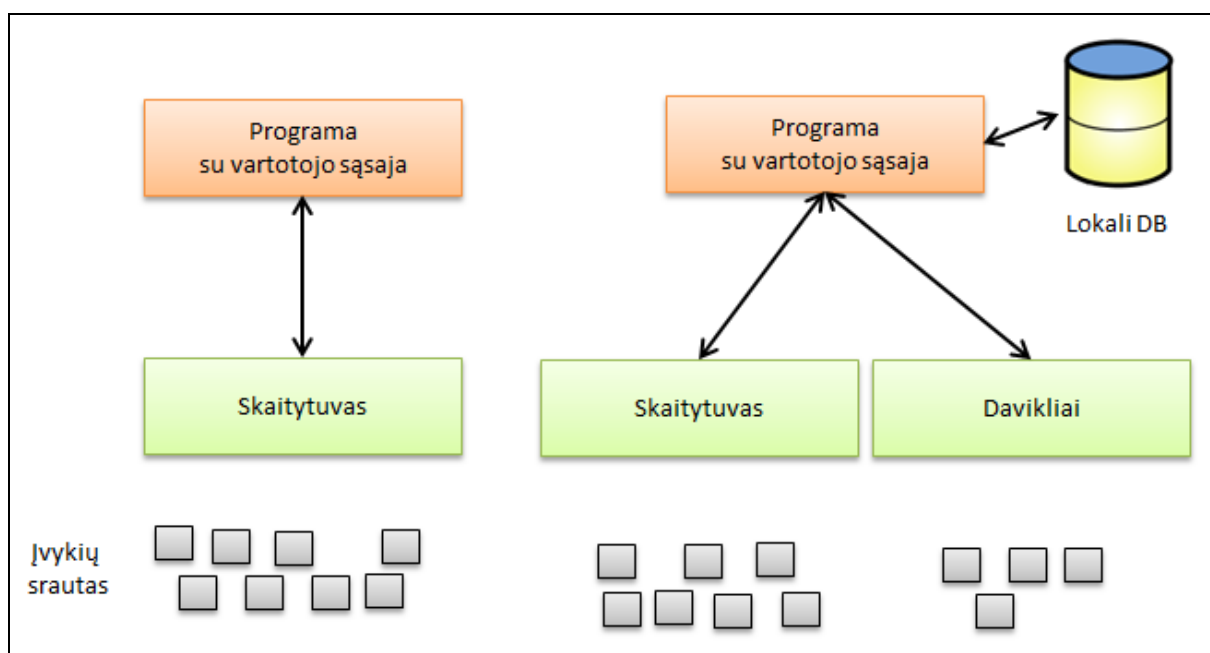
1. Apdoroti informaciją jos surinkimo taškuose;
2. Sugrupuoti ir apibendrinti įvykius;
3. Kaupti įvykių srautų informaciją operatyvinėje atmintyje;
4. Susieti įvykių duomenis su kontekstiniais duomenimis;
5. Priimti duomenis artima realiam laikui sparta;
6. Atskirti archyvinę informaciją nuo einamos;
7. Automatizuoti išimtinių situacijų valdymą.

Išskiriami trys RFID sistemos architektūros koncepciniai variantai:

1. Tiesioginio apdorojimo koncepcija;
2. Įvykiais grindžiamo apdorojimo koncepcija;
3. Mišri apdorojimo koncepcija.

1.4.1 Tiesioginio apdorojimo architektūra

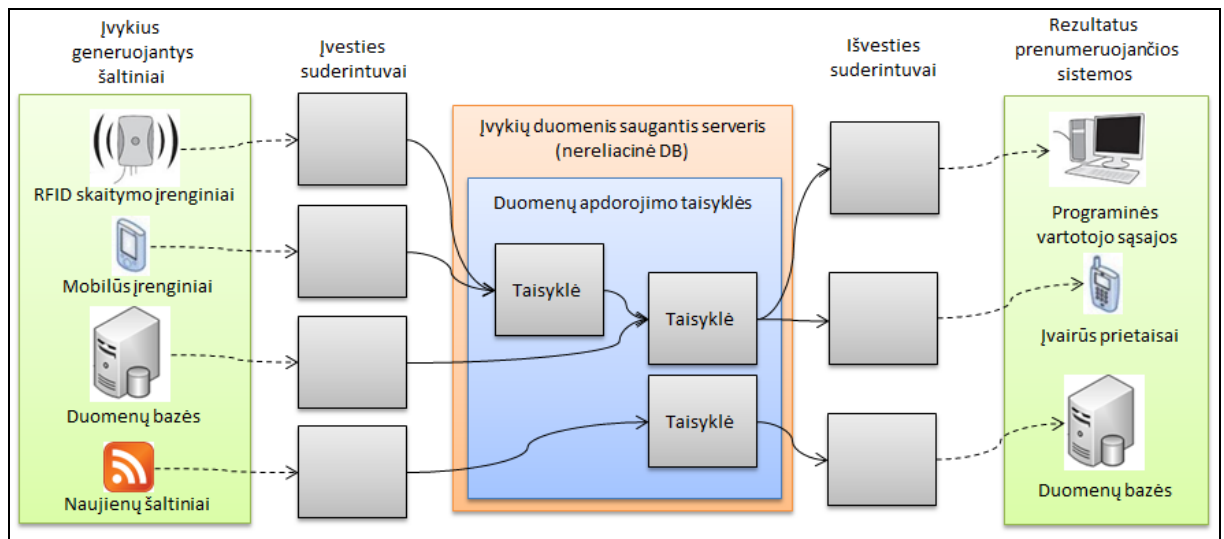
Šiuo atveju žymėje saugoma pilna informacija apie objektą. Informacija apie nuskaitymą žymę dažniausiai yra naudojama tik nuskaitymo vietoje. Informacijos istorija nekaupiama centrinėje duomenų bazėje. Neanalizuojamos sąsajos tarp skirtingose nuskaitymo vietose generuojamų duomenų srautų.



3 pav. Tiesioginio apdorojimo architektūros modelio schema

1.4.2 Įvykiais grindžiamo apdorojimo architektūra

Projektuojant RFID grindžiamą sistemą, labai svarbu patikimas didelių duomenų srautų apdorojimas. Išnagrinėtoje literatūroje apie RFID technologijų panaudojimą dažnai minimas sudėtingų įvykių apdorojimo (*angl.* complex event processing, CEP) modelis [7,8,18]. Šio modelio schema pateikiama žemiau (4 pav.). CEP modelis leidžia efektyviai išspręsti didelio duomenų srauto apdorojimo problemas. Šis modelis taip pat aiškinamas, kaip kelių atskirų paprastų įvykių duomenų srautų gavimas, jų susiejimas ir bendras apdorojimas, taip juos paverčiant prasminga informacija.



4 pav. Įvykiais grindžiamo architektūros modelio schema

CEP modelis sudarytas iš atskirų dalių:

- Įvykius generuojančių šaltinių (*angl.* Event sources);
- Įvesties suderintuvų (*angl.* Input adapter);
- Įvykių duomenis saugančio serverio (*angl.* CEP server);
- Duomenų apdorojimo taisyklių (*angl.* Queries rules);
- Išvesties suderintuvų (*angl.* Output adapter);
- Rezultatus prenumeruojančių sistemų (*angl.* Event targets).

Norint suprojektuoti CEP modeliu pagrįstą sistemą reikia atlikti šiuos žingsnius:

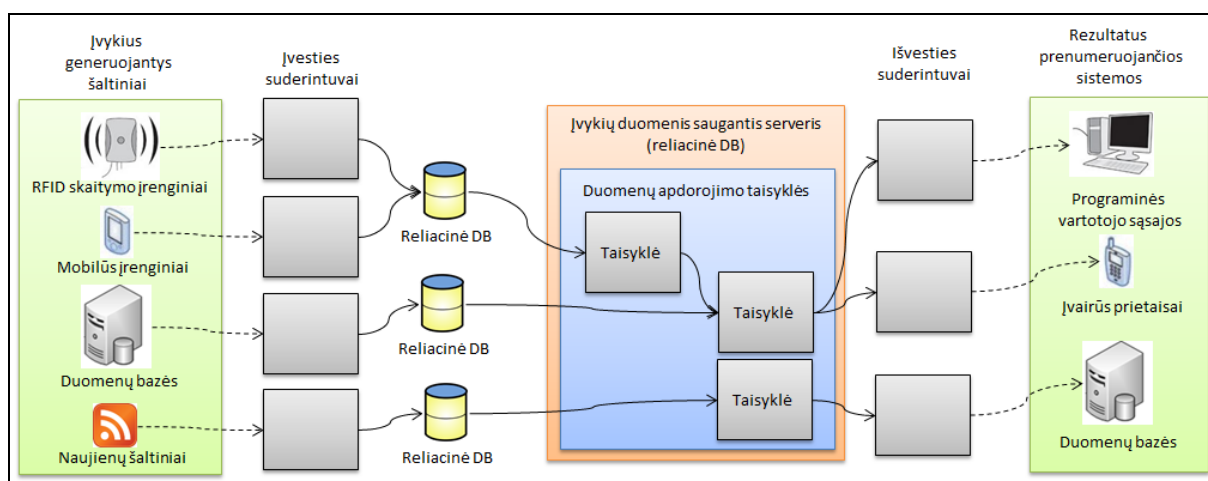
1. Pirmiausia apsibrėžti ir įvykius generuojančius šaltinius, ir rezultatus prenumeruojančias sistemas;
2. Suprojektuoti įvesties suderintuvus skaitančius įvykius iš įvykius generuojančių šaltinių į CEP serverį apdorojimui, taip pat suprojektuoti išvesties suderintuvus CEP serverio apdorotus rezultatus perduodančius prenumeratoriams;
3. Aprašyti duomenų apdorojimo taisykles (logiką), kurios sujungtų reikiamus įvesties duomenis ir pateiktų juos suinteresuotoms sistemoms.

Šis modelis gali būti pritaikytas ne tik RFID įvykių apdorojimui. Įvykių šaltiniais gali būti įvairūs įrenginiai, fotodavikliai, temperatūros matuokliai, gaunami pranešimai, tiekėjų užsakymai.

1.4.3 Mišri apdoravimo architektūra

Architektūros pagrindas taip pat, kaip ir CEP atveju, paremtas sistemoje vykstančių įvykių apdorojimu. Fiksuojamas asinchroninis duomenų perdavimas iš įvykius generuojančių šaltinių. Sugeneruoti įvykių srautų duomenys saugojami tarpinėse reliacinėse duomenų bazėse. Duomenų srautai gali būti pakankamai dideli, bet vienintelis reikalavimas, kad eksperimentais nustatytas jų vėlesnio apdorojimo laikas būtų priimtinas duomenis prenumeruojančioms sistemoms. Įvesties suderintuvas privalo duomenis išsiųsti asinchroniškai iškart, kai įvyksta įvykis RFID ar kitame sistemos įvykius generuojančiame šaltinyje.

Antrasis sistemos komponentas – serveris, kuris leidžia apdoroti pirmame etape priimtus duomenis. Čia duomenys gali būti filtruojami ir apjungiami su kitų įvykių sugeneruotais duomenų srautais. Sistema pagal aprašytas taisykles generuoja kompleksinius įvykius, kurie lengvai ir greitai atvaizduojami trečiame etape – rezultatus prenumerančių sistemų vartotojo sąsajose.



5 pav. Mišrios apdorojimo architektūros modelio schema

1.5 EGZISTUOJANČIŲ JUDĖJIMO KRYPTIES METODŲ ANALIZĖ

Viena iš pagrindinių užduočių logistikos valdymo sistemoms yra realiame laike sekti objektų judėjimą iš vienos sandėlio zonos į kitą. Tam, kad judėjimas būtų užfiksuotas, reikalingi RFID vartai. Tokiu atveju tarp zonų galima judėti tik per RFID įrangos stebimus vartus. RFID vartų sistemą sudaro:

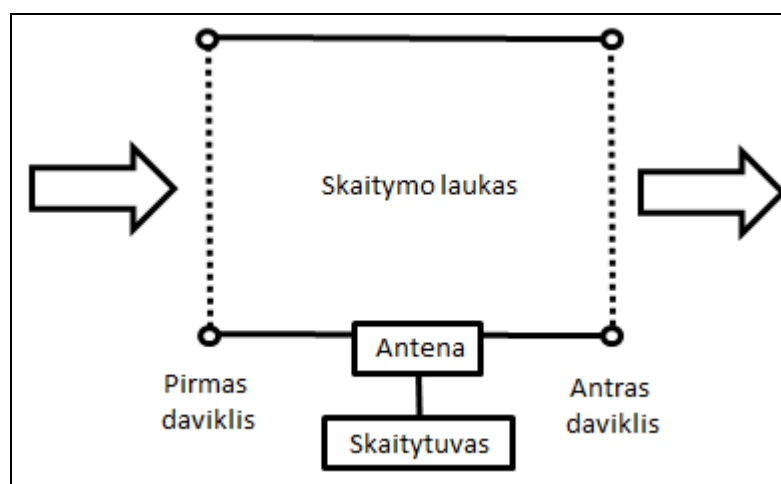
- RFID skaitytuvas;
- RFID antenos;

- Davikliai, veikiantys fotoelektriniu principu;
- Duomenis surenkanti programinė įranga;
- Apie išimtines situacijas perspėjanti garsinė ar vaizdinė įranga;
- Vartų operatoriaus informacinė sąsaja.

Šioje sistemoje viena iš pagrindinių programinės įrangos funkcijų yra nustatyti judančio objekto kryptį. Toliau išanalizuojami literatūroje aptikti per RFID vartus judančios žymės krypties nustatymo metodai.

1.5.1 Davikliais grindžiamas krypties nustatymo metodas

Naudojant davikliais grindžiamo krypties nustatymo metodą, pirmas daviklis statomas vienoje RFID vartų pusėje, antras daviklis statomas priešingoje RFID vartų pusėje. Tai leidžia, žinant daviklių aktyvavimo laikus, nustatyti RFID žymės judėjimo per RFID vartus kryptį. Daviklių aktyvavimo laiko intervale yra fiksuojamos RFID žymės, siekiant identifikuoti judančius objektus. Šis metodas atitinka stacionarių zonų sekimo metodą (*angl.* location allocation system method using fixed anchor) [4,5,9,11]. Tradicinė RFID vartų sistema naudoja fotoelektrinius daviklius, kurie aktyvuojami, objektui judant per RFID vartus, iš kairės pusės į dešinę: kairėje esantis daviklis aktyvuojamas pirmiau, vėliau aktyvuojamas dešinėje esantis daviklis.

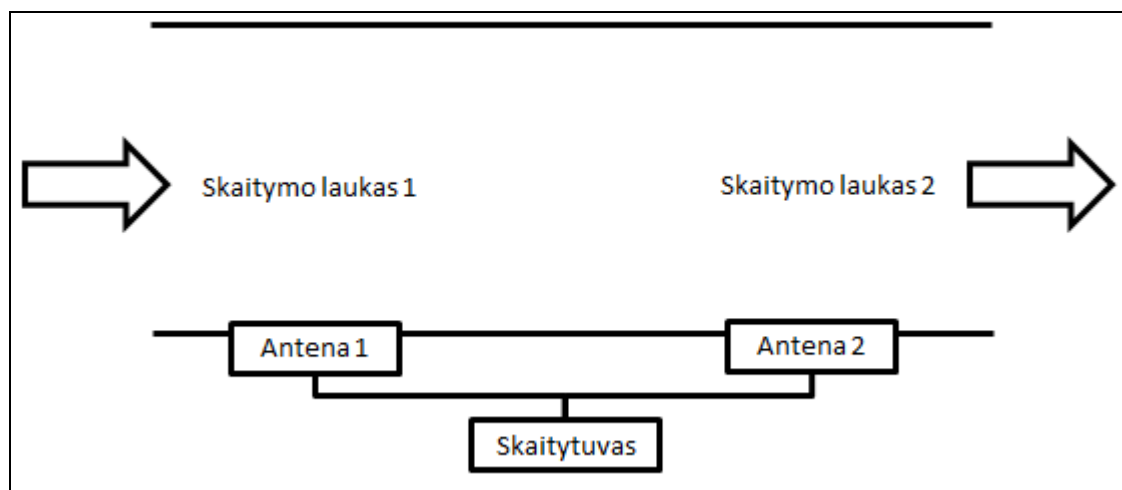


6 pav. Davikliais grindžiamo metodo schema

1.5.2 Dviejų antenų metodas

Literatūroje rastas kitoks judėjimo krypties nustatymo metodas, kuris remiasi dviejų antenų panaudojimu [12]. Šiuo atveju davikliai nenaudojami. Šio metodo konfigūracijos

schema pateikta 7 pav. Algoritmo pagrindas yra tai, kad žymės judėjimo kryptis yra apsprendžiama, palyginant skirtingų antenų žymės užfiksavimo laikus. Metodo privalumas, kad tuo pačiu metu skirtingos žymės nepriklausomai gali judėti skirtingomis kryptimis. Tradicinė daviklių sistema gali užfiksuoti tik vienakryptį judėjimą. Vis dėlto minimas šio metodo trūkumas – kartais taip nutinka, kad dviejų antenų skaitymo laikai susikeičia vietomis. Šiuo atveju antroji antena užfiksuoja žymę anksčiau nei pirmoji ir tai suklaidina sistemą.



7 pav. Dviejų antenų metodo schema

1.5.3 Metodų palyginimas

4 lentelė. Per RFID vartus judančios žymės krypties nustatymo metodų palyginimas

Aspektai / Metodai	Davikliais grindžiamas metodas	Dviejų antenų metodas
Tuo pačiu metu skirtingomis kryptimis judančių objektų fiksavimas	Negalimas (-)	Galimas (+)
Vartų zonos dydis	Mažesnis (+)	Didesnis (-) *
Minimalus antenų kiekis	1 (+)	2 (-)
Minimalus daviklių kiekis	2 (-)	0 (+)
Atsitiktinių netoli vartų gabenamų objektų klaidingo užfiksavimo tikimybė	Mažesnė (+)	Didesnė (-)

* - ženklus trūkumas, nes šiuo atveju būtinas didesnis vartų zonos užimamas plotas, kas ženkliai sumažintų sandėliavimui naudojamą plotą

1.6 PROBLEMOS AKTUALUMAS LIETUVOJE

Lietuvoje RFID technologijų panaudojimas yra dar tikrai pradinėje stadijoje. Galima išvardinti tik keletą įmonių, išdrįsusių išbandyti šią technologiją realiame savo darbe.

Viena iš tokių įmonių yra bendra Lietuvos – Švedijos įmonė Artilux NMF, gaminanti šviestuvus. Įmonė savo apskaitai naudoja Microsoft Navision ERP sistemą. Įdiegusi verslo valdymo sistemą, įmonė susidurdavo su situacija, kai darbuotojai nepasitikėdavo sistemos teikiamais duomenimis apie atsargas. Taip atsitikdavo todėl, kad žmonės nesugebėdavo laiku ir tiksliai fiksuoti informacijos apie atsargų judėjimą sandėlyje ir gamyboje. Tai paskatino sukurti RFID technologija pagrįstą sandėlio ir gamybos operacijų fiksavimo sistemą, kurios privalumus įmonė įvardino taip:

- Nesuklystama pakraunant prekes pirkėjui;
- Taupomas sandėlio ir gamybos darbuotojų laikas;
- Dėka tikslios bei savalaikės apskaitos sumažėja atsargų kiekis ir naudojamo sandėlio plotas;
- Inventorizacija atliekama žaibiškai ir jos rezultatas patikimas bei tikslus.

1.7 ANALIZĖS IŠVADOS

1. RFID efektyviai naudojama visame pasaulyje automatizuojant ypatingo tikslumo reikalaujančius procesus.
2. RFID technologija plačiai naudojama sprendžiant logistikos valdymo uždavinius.
3. Lietuvoje RFID panaudojimas yra dar tikrai pradinėje stadijoje.
4. RFID technologija duoda didžiulę ekonominę naudą srityse, kur klaidos yra labai brangios.
5. Projektuojant RFID grindžiamą sistemą, duomenų surinkimo organizavimui labai tinka naudoti CEP modelį.
6. Palyginus per RFID vartus judančios žymės krypties nustatymo metodus, buvo nuspręsta atmesti dviejų antenų metodą dėl būtino didelio vartų užimamo ploto, nes tai neatitinka realių sandėlių suplanavimo.
7. Sistemos realizacijoje bus bandoma pritaikyti davikliais grindžiamą metodą, iširti jo veikimą realioje aplinkoje ir prireikus atlikti jo korekcijas, siekiant maksimaliai sumažinti objektų nepastebėjimo tikimybę.

2. LOGISTIKOS VALDYMO SISTEMOS REALIZACIJA

Šiame skyriuje pristatomi realizuotos RFID technologija grindžiama logistikos valdymo sistemos techninės-projektinės dokumentacijos esminiai aspektai. Aprašomas pasiektas praktinis darbo rezultatas.

2.1 TIKSLAI, FUNKCIJOS, VARTOTOJAI, KONTEKSTAS

2.1.1 Tikslai

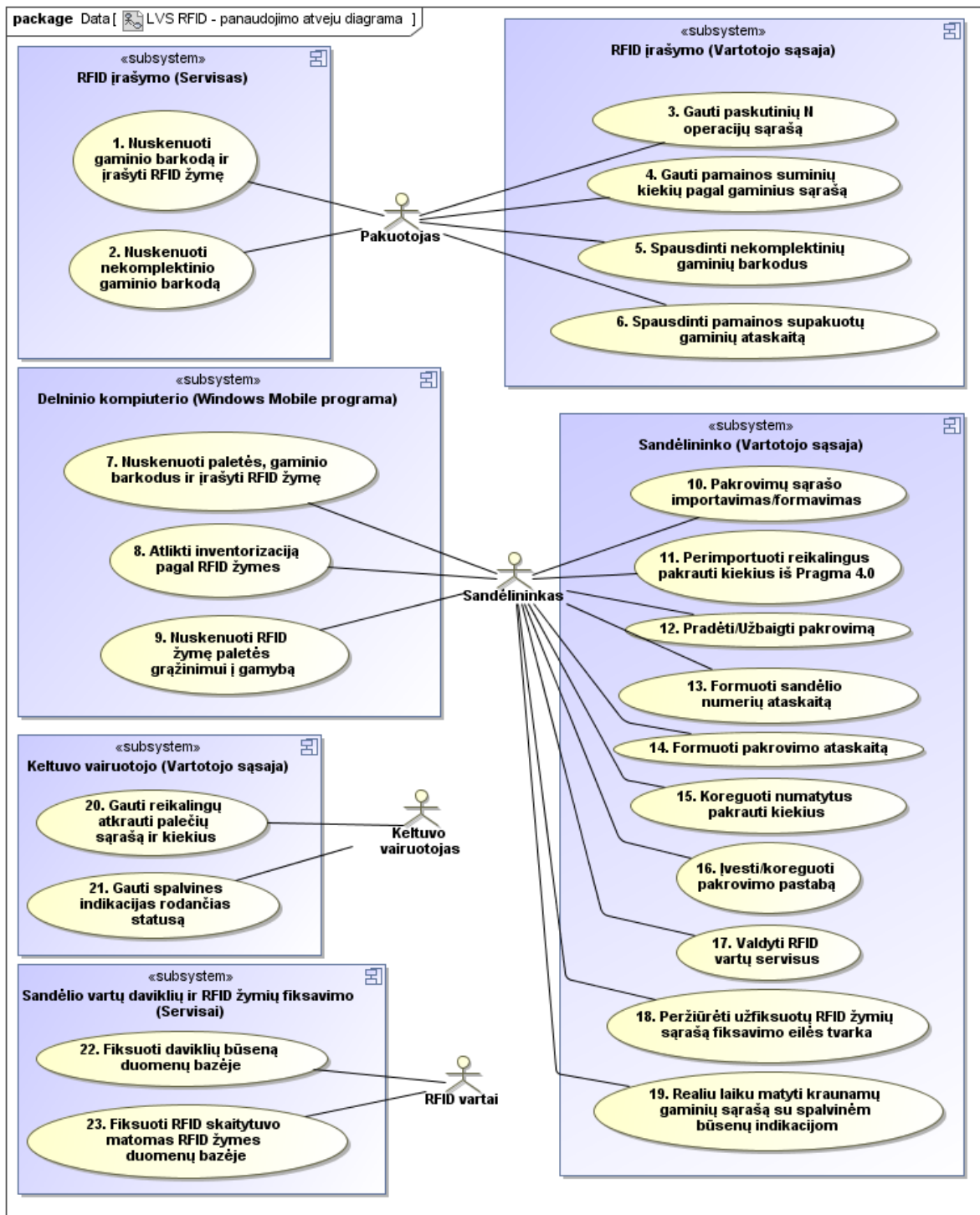
Pagrindinis sistemos tikslas – kuriamoje logistikos valdymo sistemoje panaudoti novatoriškos radijo dažnio identifikavimo (RFID) technologijos teikiamus pranašumus, vykdant gaminių judėjimo stebėjimą ir kontrolę, pagreitinant pirkėjų užsakymų vykdymą. Tai leistų automatiškai apskaityti gaminių palečių srautus tarp nebaigtos gamybos – pagamintos produkcijos sandėlių ir sandėliuojamos produkcijos sandėlio – pakrovimo į automašiną.

RFID žymėje numatyta saugoti gaminio unikalų kodą, kuris kartu su informacija saugoma duomenų bazėje padėtų nustatyti, koks tai gaminys, kada jis buvo pagamintas, kokios sandėlio operacijos atliktos su šiuo gaminiu. RFID technologija leidžia skaityti gaminio informaciją net gaminiui judant, taigi tai pagreitintų bei užtikrintų tikslesnį ir skaidresnį darbą automašinos pakrovimo ar kitos sandėlio operacijos metu.

2.1.2 Funkcijos

- Pagamintos/gautos produkcijos registravimas, įrašant RFID žymes;
- Produkcijos judėjimo tarp sandėlio zonų automatinė apskaita;
- Stacionarių RFID vartų stebėjimas ir automatinis pro juos judančios produkcijos fiksavimas, judėjimo krypties nustatymas;
- Mobilaus RFID skaitytuvo programa, fiksuojanti produkcijos judėjimą rankiniu būdu;
- Logistikos užduočių generavimas ir perdavimas bevieliu tinklu autokrautovo vairuotojui;
- Automašinos pakrovimo kontroliavimas;
- Integracija su verslo valdymo sistema Pragma, perduodant užfiksuotą produkcijos judėjimo tarp sandėlių ar išorės informaciją;
- Pirkėjų užsakymų valdymas.

Detaliau sistemos funkcijos atvaizduojamos UML panaudos atvejų diagrama (8 pav.).



8 pav. RFID grindžiamos logistikos valdymo sistemos panaudojimo atvejų diagrama

2.1.3 Vartotojų charakteristikos

Pakuotojas: RFID įrašymas (unikalaus kodo suteikimas ir pagaminimo fiksavimas gaminiui), nekomplektinių gaminių fiksavimas, paminos supakuotų gaminių kiekių sekimas ir ataskaitos spausdinimas.

Sandėlininkas: tai sandėlio operacijas valdantis ir stebintis darbuotojas. Jis vykdo pažeistų gaminių palečių grąžinimą į gamybą perpakavimui, valdo pakrovimą į automašinas pagal užsakymus, rankiniu būdu su mobiliu įrenginiu įrašo RFID žymes, formuoja reikiamus dokumentus/ataskaitas pakrovimams.

Keltuvo vairuotojas: tai gaminių paletes sandėliuojantis ir pakraunantis į auto mašinas darbuotojas. Jo pagrindinė užduotis teisingai pagal užsakymą pakrauti reikiamą kiekį gaminių palečių į auto mašiną.

RFID vartai: tai vartų pavidalo automatiškai pro vartus pravežtus gaminius fiksuojantis mechanizmas.

Vartotojai yra vidutinio ir žemesnio kompiuterinio raštingumo lygio. Jie daugiau yra įsigilinę į probleminę veiklos sritį. Galima dažna jų kaita, taigi sistemos naudojimas turi būti paprastas, patogus, intuityvus, lengvai perprantamas, neapsunkinantis įprasto darbo.

2.1.4 Vartotojų tikslai

Įmonės, diegiančios logistikos valdymo sistemą, pagrindinis tikslas, kad visa reikiama informacija realiu laiku būtų prieinama kiekvienam logistikos procese dirbančiam darbuotojui. Taip pat svarbu galimybė didinti darbo apimtį, nedidinant darbuotojų skaičiaus tuo pačiu sumažinant galimų klaidų atsiradimo tikimybę.

Išanalizavus logistikos valdymo sprendimus, galima pažymėti, kad RFID technologija dauguma atvejų leidžia pasiekti aukščiau išvardintus tikslus.

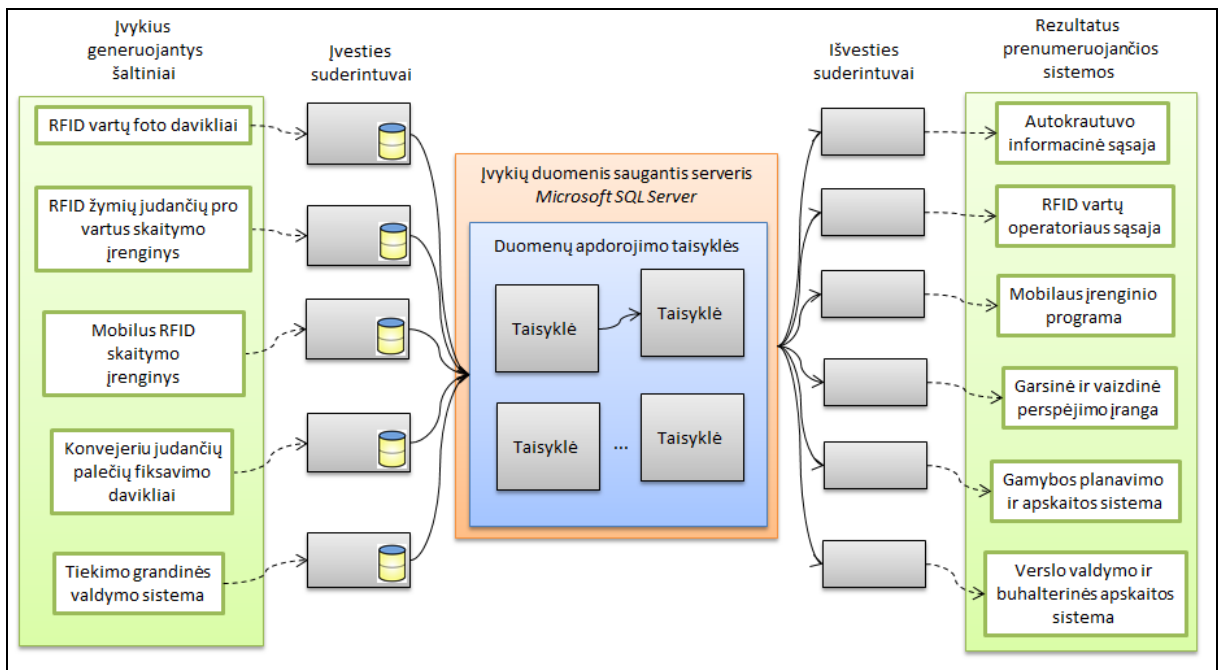
2.2 KELIAMI REIKALAVIMAI

Kuriamai logistikos valdymo sistemai keliami šie pagrindiniai reikalavimai:

- Sistema turi dirbti agresyvios aplinkos sandėliavimo ir gamybinėse patalpose;
- Darbas bevielame tinkle;
- Turi būti numatyti esminių funkcijų vykdymo atsarginiai variantai, automatinio programos darbo pakeitimo rankiniu galimybė;
- Sistemos įrengimų užimama vieta turi būti kuo mažesnė;
- Prieinamumas 24 valandas per parą, 7 dienas per savaitę;
- Išvežimui turi būti pakrauti tie gaminiai, kurie buvo numatyti užsakyme.

2.3 SISTEMOS ARCHITEKTŪROS MODELIS

Sistemos architektūra buvo suprojektuota, naudojant mišrų analizės dalyje aprašytą modelį. Šis modelis labai tinka kuriamos sistemos RFID duomenų surinkimui ir apdorojimui. Sistemos realizacijai (9 pav.) idealiai tiko šio modelio idėja – atskirti duomenų surinkimo procesus nuo duomenų apdorojimo procesų.



9 pav. Logistikos valdymo sistemos architektūros modelis

Pagal šį modelį pirmiausia apibrėžti įvykius generuojantys šaltiniai:

- RFID vartų fotodavikliai;
- RFID žymių, judančių pro vartus skaitymo įrenginiai;
- Mobilus RFID skaitymo įrenginys;
- Pagamintos produkcijos konvejeriu judančių palečių fiksavimo davikliai;
- Nuolat besikeičianti informacija iš išorinės užsakovo tiekimo grandinės valdymo sistemos.

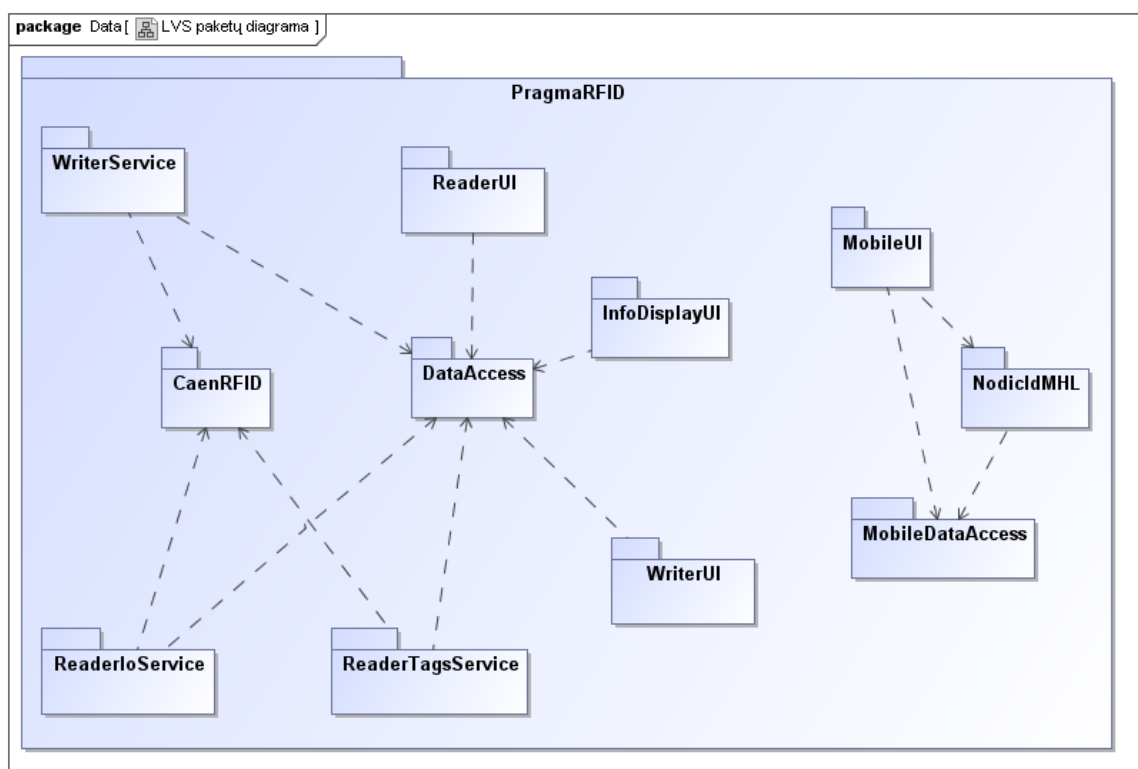
Tuomet apibrėžtos rezultatus prenumeruojančios sistemos:

- Autokrautuvo kompiuterio informacinė sąsaja;
- RFID vartų operatoriaus sąsaja;
- Mobilus įrenginio programa;
- Pakuotojo informacinė sąsaja;

- Apie išimtines situacijas perspėjanti garsinė ar vaizdinė įranga;
- Gamybos planavimo ir apskaitos sistema;
- Verslo valdymo ir buhalterinės apskaitos sistema.

Visiems įvesties šaltiniams ir rezultatus prenumeruojančioms sistemoms sukurti įvesties ir išvesties suderintuvai. Dalis jų realizuoti, kaip Windows paslaugos (*angl.* Windows Services), kiti kaip klientinės programos ir atskiros sistemos.

Vėliau aprašytos duomenų filtravimo, apjungimo ir apdorojimo taisyklės. Vienos iš sudėtingiausių taisyklių algoritmas pateikiamas 2.5 Skyrelyje *žymės judėjimo krypties nustatymo algoritmas*.



10 pav. Sistemos sudalinimo į paketus diagrama

Sistema buvo suskaidyta į 11 paketų (10 pav.):

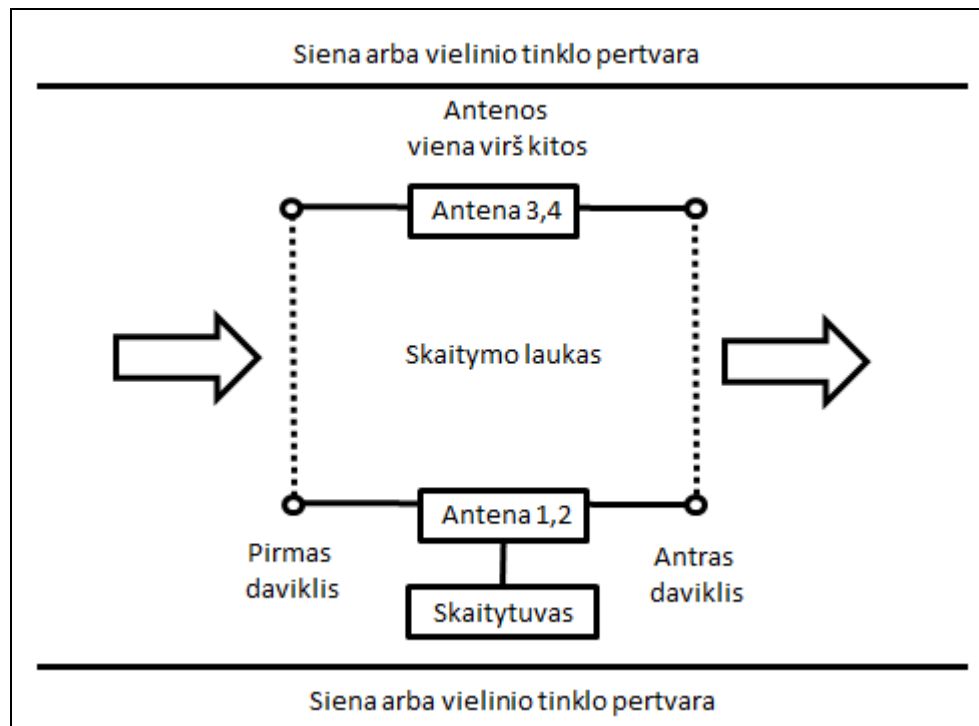
- **WriterService** – žymių įrašymo serviso pagrindinis paketas;
- **ReaderIoService** – daviklių nuskaitymo serviso pagrindinis paketas;
- **ReaderTagsService** – žymių nuskaitymo serviso pagrindinis paketas;
- **WriterUI** – žymių įrašymo vartotojo sąsajos pagrindinis paketas;
- **ReaderUI** – žymių nuskaitymo vartotojo sąsajos pagrindinis paketas;
- **InfoDisplayUI** – keltuvo vairuotojo vartotojo sąsajos pagrindinis paketas;
- **DataAccess** – darbo su duomenų baze paketas;

- **CaenRFID** – darbo su Caen RFID įrenginiais paketas;
- **MobileUI** – mobilaus įrenginio vartotojo sąsajos pagrindinis paketas;
- **NordicIdMHL** – darbo su NordicID RFID technine įranga paketas;
- **MobileDataAccess** – mobilaus įrenginio darbo su duomenų baze paketas.

2.4 SISTEMOS PAGRINDINIAI ALGORITMAI

2.4.1 Žymės judėjimo krypties nustatymas

Žymės judėjimo krypties nustatymo modifikuota davikliais grindžiamo metodo schema pateikta žemiau (11 pav.).



11 pav. Modifikuoto davikliais grindžiamo metodo schema

Atsižvelgiant į specifinius reikalavimus schemoje buvo padaryta keletas pakeitimų. Pirmiausia dėl trumpos buvimo skaitymo lauke trukmės. Kadangi objektai, paženklinėti RFID žymėmis, vežami autokrautuvu gana dideliu greičiu, buvo nuspręsta panaudoti skaitymo antenas abejose vartų pusėse. Taip pat dėl to, kad dažniausiai vežama po dvi paletes, sukrautas viena ant kitos, ir jos yra gana aukštos buvo nuspręsta abejuose pusėse naudoti po dvi antenas, kad jos būtų kuo arčiau pro vartus vežamų skaitomų RFID žymių. Dėl vietos trūkumo sandėlyje gana netoli skaitymo vartų yra laikomos kitos paruoštos išvežti paletės, kurios yra paženklintos RFID žymėmis ir gali per klaidą būti nuskaitytos. Ši problema buvo išspręsta, vartų zonos kraštus užtvėriant vielinio tinklo pertvara, kuri skirta atspindėti radijo bangas ir neleidžia nuskaityti ne pro vartus vežamų, netoliese sandėliuojamų palečių.

Toliau pateikiamas pseudokodu aprašytas žymės krypties nustatymo algoritmas ir jame naudojamų pažymėjimų paaiškinimai pagal pateiktą schemą (11 pav.).

Pradžia – tai laikas, kuomet pro vartus judantis objektas pirmą kartą uždengia pirmą daviklis;

Pabaiga – tai laikas, kuomet pro vartus judantis objektas palieka vartų zoną ir atidengia antrą daviklį;

Būsena – tai algoritmo būsena, kuri nusako vartų būklę;

Laukimo būsena (0) – tai dažniausia būsena, kuomet pro vartus niekas nejuda;

Išvežimo būsena (1) – tai pateiktoje schemoje pavaizduota būsena, kuomet judama iš pagrindinės zonos į kitą;

Įvežimo būsena (2) – tai schemoje pateiktai būsenai atvirkštinė būsena, kuomet judama iš kitos zonos į pagrindinę (arba kitaip dar galima ją pavadinti grąžinimo būsena);

Paskutinio pravežimo pabaiga – tai paskutinio įvykusio pravežimo pabaigos laikas;

Neapdoroti daviklių pasikeitimai (NDP) – tai daviklių pasikeitimai tarp Pradžios ir einamo momento;

P1 – konfigūruojamas parametras, skirtas patekimo į skaitymo zoną pradžios laikui sumažinti (prailginti intervalą) – nustatyta, kaip tinkamiausia reikšmė: 3

P2 – konfigūruojamas parametras, skirtas išvažiavimo iš skaitymo zonos pabaigos laikui padidinti (prailginti intervalą) – nustatyta, kaip tinkamiausia reikšmė: 2

Einamojo daviklių pasikeitimo apdorojimo (žymės judėjimo krypties nustatymo)

ALGORITMAS

1. **IF** Pradžia žinoma **ir** ne laukimo būsena
2. **IF** Pradžia < Paskutinio pravežimo pabaiga
3. Pradžia := Paskutinio pravežimo pabaiga
4. **IF** Laukimo būsena
5. **IF** Aktyvus pirmas daviklis
6. Pereinam į išvežimo būseną
7. Pradžia := apdorojamo daviklio pasikeitimo fiksavimo laikas
8. **ELSE IF** Aktyvus antras daviklis
9. Pereinam į įvežimo būseną
10. Pradžia := apdorojamo daviklio pasikeitimo fiksavimo laikas
11. **ELSE**
12. Liekam laukimo būsenoje
13. **ELSE IF** Išvežimo būsena

14. **IF** Neaktyvus antras daviklis

15. Randamas NDP pirmas elementas

16. **IF** Vienas iš dviejų elementų prieš rastą buvo aktyvus pirmas daviklis

17. **ir** prieš rastą elementą buvo neaktyvus pirmas daviklis

18. **IF** Pradžia – P1 <= antro prieš rastą elementą laikas

19. Pradžia := antro prieš rastą elementą laikas

20. Pabaiga := apdorojamo element fiksavimo laikas

21. **IF** NDP egzistuoja aktyvus antras daviklis **ir** neaktyvus pirmas daviklis

22. Žymes užfiksuotas nuo Pradžia – P1 iki Pabaiga + P2 užfiksuoti kaip išvežtas

23. Pereiti į laukimo būseną

24. **ELSE**

25. **IF** NDP element skaičius = 3

26. **IF** NDP neegzistuoja aktyvus pirmas daviklis **ar** aktyvus antras daviklis

27. Pereiti į laukimo būseną

28. **ELSE**

29. Pereiti į laukimo būseną

30. **ELSE IF** Neaktyvus pirmas daviklis **ir** NDP neegzistuoja antras daviklis

31. Pereiti į laukimo būseną

32. **ELSE IF** Įvažiavimo būseną

33. **IF** Neaktyvus pirmas daviklis

34. Randamas NDP pirmas elementas

35. **IF** Vienas iš dviejų elementų prieš rastą buvo aktyvus antras daviklis

36. **ir** prieš rastą elementą buvo neaktyvus antras daviklis

37. **IF** Pradžia – P1 <= antro prieš rastą elementą laikas

38. Pradžia := antro prieš rastą elementą laikas

39. Pabaiga := apdorojamo element fiksavimo laikas

40. **IF** NDP egzistuoja aktyvus pirmas daviklis **ir** neaktyvus antras daviklis

41. Žymes užfiksuotas nuo Pradžia – P1 iki Pabaiga + P2 užfiksuoti kaip įvežtas

42. Pereiti į laukimo būseną

43. **ELSE**

44. **IF** NDP element skaičius = 3

45. **IF** NDP neegzistuoja aktyvus antras daviklis **ar** aktyvus pirmas daviklis

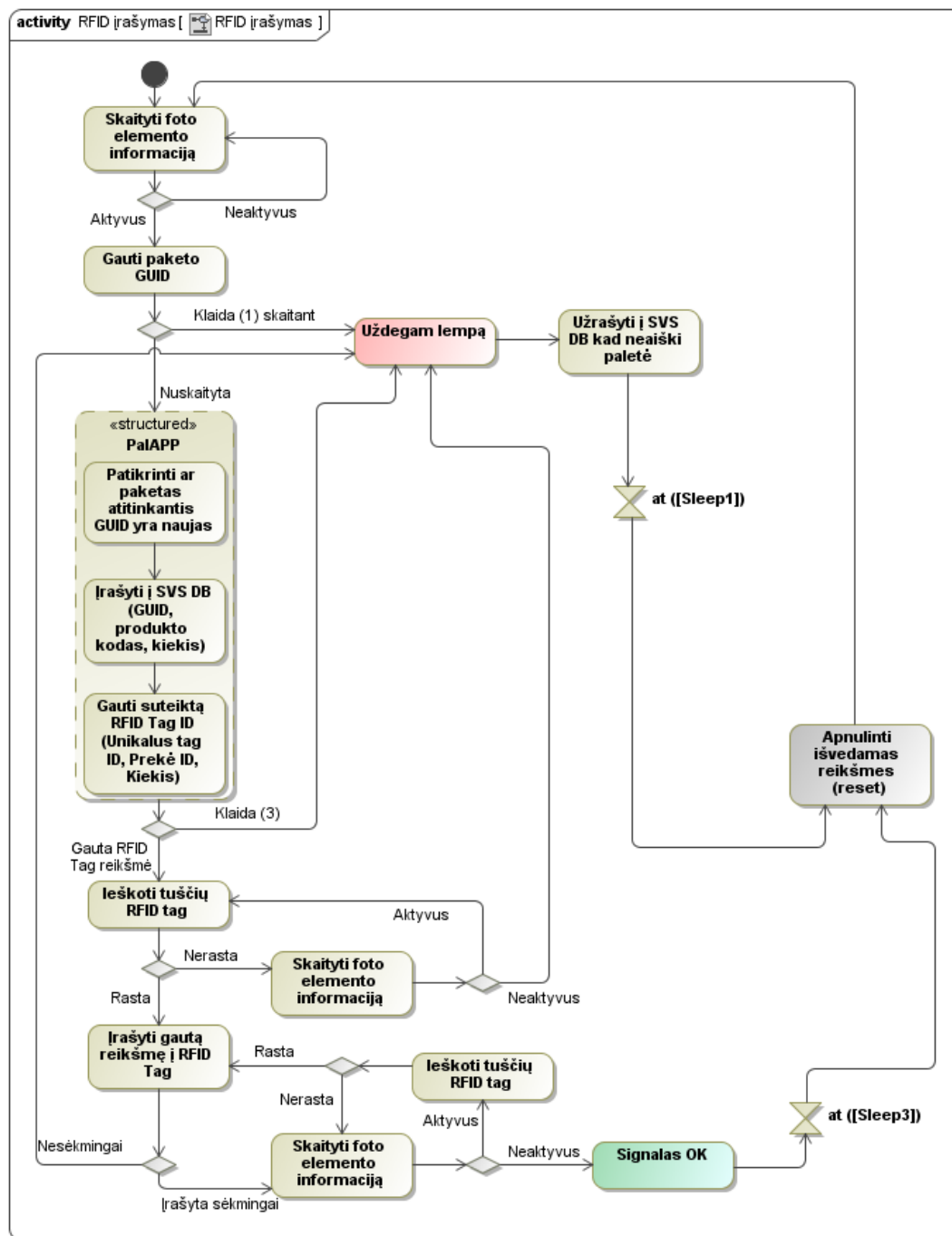
46. Pereiti į laukimo būseną

47. **ELSE**

- 48. Pereiti į laukimo būseną
- 49. **ELSE IF** Neaktyvus antras daviklis **ir** NDP neegzistuoja pirmas daviklis
- 50. Pereiti į laukimo būseną

2.4.2 Žymės įrašymas

Norėdami realizuoti RFID skaitymo funkcionalumą, turime turėti ir RFID žymių įrašymo schemą. Taigi pateikiama UML veiklos diagrama (12 pav.).



12 pav. RFID žymės įrašymo veiklos diagrama

2.5 SISTEMOS KŪRIME NAUDOTOS PRIEMONĖS

2.5.1 Realizacijos priemonės

Logistikos valdymo sistema realizuota panaudojant 5 lentelėje pateiktas priemones. Taip pat šioje lentelėje pateikiamas pasirinkimo pagrindimas.

5 lentelė. Realizavimo priemonės ir jų pasirinkimo pagrindimas

Priemonė	Pagrindimas
<i>Microsoft .NET</i> technologija, <i>C#</i> programavimo kalba	Nuolatinis technologijos vystymasis ir palaikymas
	Galimybė patogiai kurti <i>Windows Services</i> suderintuvus realizavimui
	Galimybė valdyti RFID techninę įrangą, pasinaudojant jos gamintojų pateikiamomis bibliotekomis
<i>Microsoft SQL Server</i>	Paprastesnis integravimas su numatytų bendradarbiaujančių sistemų duomenų bazėmis
	Galimybė <i>Microsoft SQL Server Reporting Services</i> įrankiu greitai ir gana paprastai kurti ataskaitas
<i>Windows CE</i> <i>Microsoft .NET Compact Framework</i>	Plačiai paplitusi mobilių įrenginių operacinė sistema
	Tokia pati programavimo aplinka kaip ir <i>Microsoft .NET Framework</i> , turinti tik mažiau funkcijų
<i>MagicDraw UML</i>	Patogus įrankis sudaryti UML diagramoms
	Platus UML standarto diagramų palaikymas

2.5.2 Kokybės užtikrinimo priemonės

Sistemos kūrimui pagreitinti ir kokybei padidinti panaudojami trečių asmenų sukurti komponentai:

- *Xceed Components for .NET* – sąrašų atvaizdavimui ir kitų „turtingų“ (*angl. rich*) komponentų realizavimui;
- *NordicID MHL* biblioteka – komunikavimui su *NordicID PL3000* įrenginiu;
- *CAEN RFID* biblioteka – komunikavimui su *CAEN RFID* įrenginiais.

Duomenų saugojimo kokybei užtikrinti naudojama plačiai paplitusios *Microsoft SQL Server* priemonės.

2.6 PRAKTINIS DARBO REZULTATAS

1. Sukurta logistikos valdymo sistema 2010 metų antrajame pusmetyje įdiegta baldų gamybos įmonėje AB „Freda“.
2. Per mėnesį virš 10 000 palečių, pažymėtų RFID žymėmis, išvežama į švedų koncerno IKEA parduotuves visame pasaulyje.
3. Naudojant sukurtą sistemą, sutrumpėjo sandėlio operacijų trukmė ir padidėjo operacijų fiksavimo tikslumas.
4. Atsirado lankstumas valdant pirkėjo užsakymus, juos galima koreguoti netgi vykdant užsakytos produkcijos krovimo į automašinas darbus.
5. Iki minimumo sumažėjo išsiuntimo klaidos, jas aptinkant pradinėje logistikos operacijos stadijoje.
6. Supaprastėjo buhalterinės apskaitos tvarkymas, nes prekių judėjimo duomenys gaunami automatiškai.

Sukurto ir įdiegto projekto (kurio įdiegimo aktas pateikiamas priede A) rezultatai aptariami su RFID technologija susijusiuose pasauliniuose straipsniuose. Juose AB „Freda“ gamybos vadovas V. Brundza teigia, kad RFID sprendimo dėka jie pasiekė kokybiškai naują skaidrumo ir gamybinės logistikos automatizavimo lygį [10,16].

3. EKSPERIMENTINĖ IR TIRIAMOJI DALIS


Šioje dalyje pateikiama, kaip RFID technologija buvo pritaikyta bandomojo projekto vykdymo metu. Įvertinus gautus eksperimentinius rezultatus, galima suformuluoti taisykles, kaip parinkti darbo parametrus.



Visi eksperimentai buvo atlikti, įdiegus sistemą realiomis sąlygomis ir naudojant 3.1 skyriuje pateikiamą įrangą. Kadangi sistema yra automatinė ir nereikalauja daug žmogaus pastangų, ji pradžioje buvo įdiegta dirbti lygiagrečiai su prieš tai naudota brūkšninių kodų sistema. Tai leido pilnai išbandyti sistemos veikimą, nustatyti tinkamus darbo parametrus ir paruošti sistemą, kad ji galėtų pilnai pakeisti seniau naudotą. Buvo atlikti įvairūs eksperimentai, kurie aprašomi šiame skyriuje.

3.1 EKSPERIMENTUOSE NAUDOTA TECHINĖ ĮRANGA

Pateikiamas detalus eksperimentuose naudotos techninės įrangos sąrašas (6 lentelė). Sistemos darbą buvo pasirinkta tirti su pasyvinėmis žymėmis dėl jų realiesnio įsisavinimo praktikoje. Pagrindinė priežastis, nulėmusi žymių pasirinkimą, buvo jų kaina, kadangi, sistemai veikiant sėkmingai, RFID žymių kiekvieną mėnesį būtų sunaudojama bent 10000 vienetų.

6 lentelė. Eksperimentuose naudojamos techninės įrangos aprašymas

Įranga	Techninis aprašymas
RFID vartų įranga	
Skaitytuvas	<i>CAEN RFID A948MEI IP65 UHF</i> 
Antenos (4 vnt.)	<i>Circular polarized 860-960 MHz</i>
Kabelis antenoms su skaitytuvu sujungt (4 vnt.)	<i>TNC-N slopinimas 0.32 dB/m, ilgis 15m</i>
Davikliai (2 vnt.)	<i>fotoelektriniu principu veikiantys davikliai</i>
RFID pakuotojo įranga (RFID įrašymo)	
Skaitytuvas	<i>CAEN RFID A829 pilnai integruotas stalinis skaitytuvas</i>

	
Garsinė, vaizdinė perspėjimo įranga	<i>Žalios ir raudonos spalvos lempos su garsine sirena</i>
Mobili įranga	
Mobilus įrenginys	<i>NordicID PL3000 duomenų kaupiklis su lazeriniu brūkšninių kodų skaitytuvu, 200mW UHF RFID skaitytuvu, Bluetooth ir WLAN ryšio prievadais</i> 
Keltuvo kompiuteris	<i>TX800, OS Windows XP, 600 MHz Celeron, 512 MB RAM, 60 GB HDD, 10.4`` SVGA lietimui jautrus displėjus, ETSI 802.11 b/g, On-Screen klaviatūra</i>
Bevielio tinklo prieigos taškai (2 vnt.)	<i>Cisco 1240 su LXE Spire antenomis</i>

3.2 ATLIKTI TYRIMAI

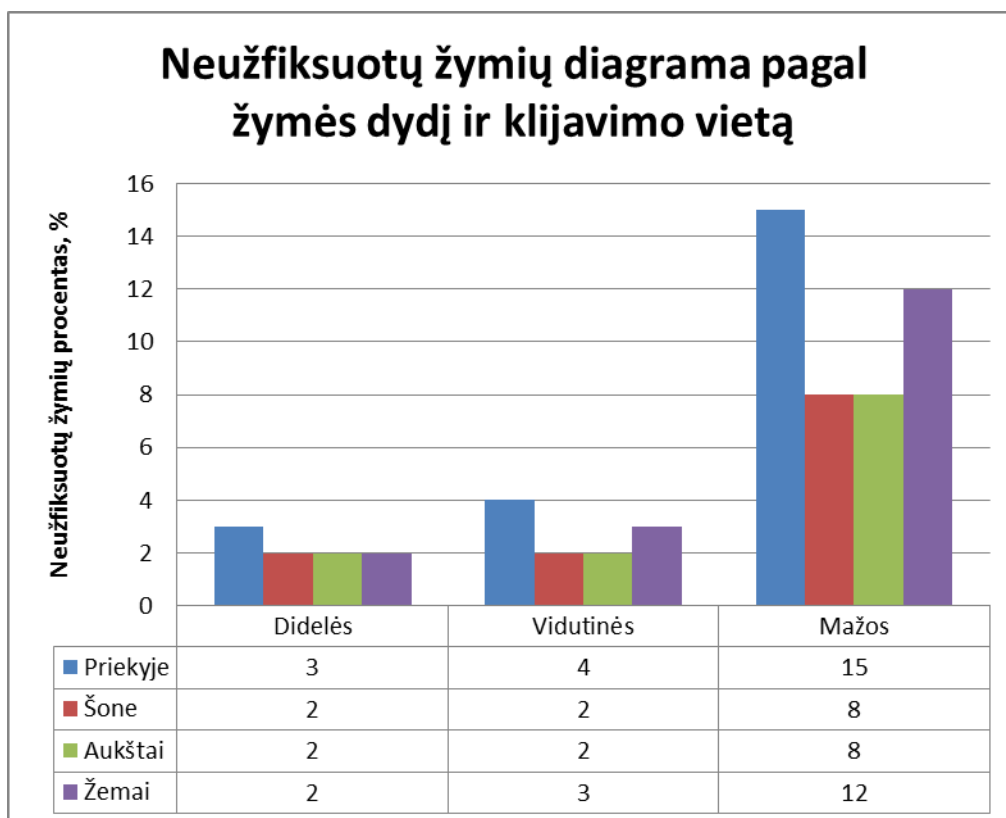
3.2.1 Žymių nuskaitymo patikimumas

Analizės metu sužinota, kad RFID technologija turi trūkumų, nuskaitymą RFID žymes sunkiai skaitytuvo bangoms pasiekiamose vietose. Taigi buvo atliekami įvairūs bandymai, siekiant parinkti tinkamiausią žymės klįjavimo ant paletės vietą. Atliekant RFID žymių nuskaitymo eksperimentus, žymės buvo klįjuojamos skirtingose paletės vietose, skirtingame aukštyje ir klįjuojamos netoli žinomų, problemas sukeliančių, medžiagų tokių, kaip metalo elementų.

Pačioje bandymų pradžioje RFID vartuose buvo bandymas panaudoti asinchroninį žymių nuskaitymo režimą. Po keleto testų buvo įsitikinta, kad šis variantas taip, kaip tikėtasi, neveikia. Vėliau išsiaiškinta, kad CAEN skaitytuvo bibliotekos valdomas asinchroninio

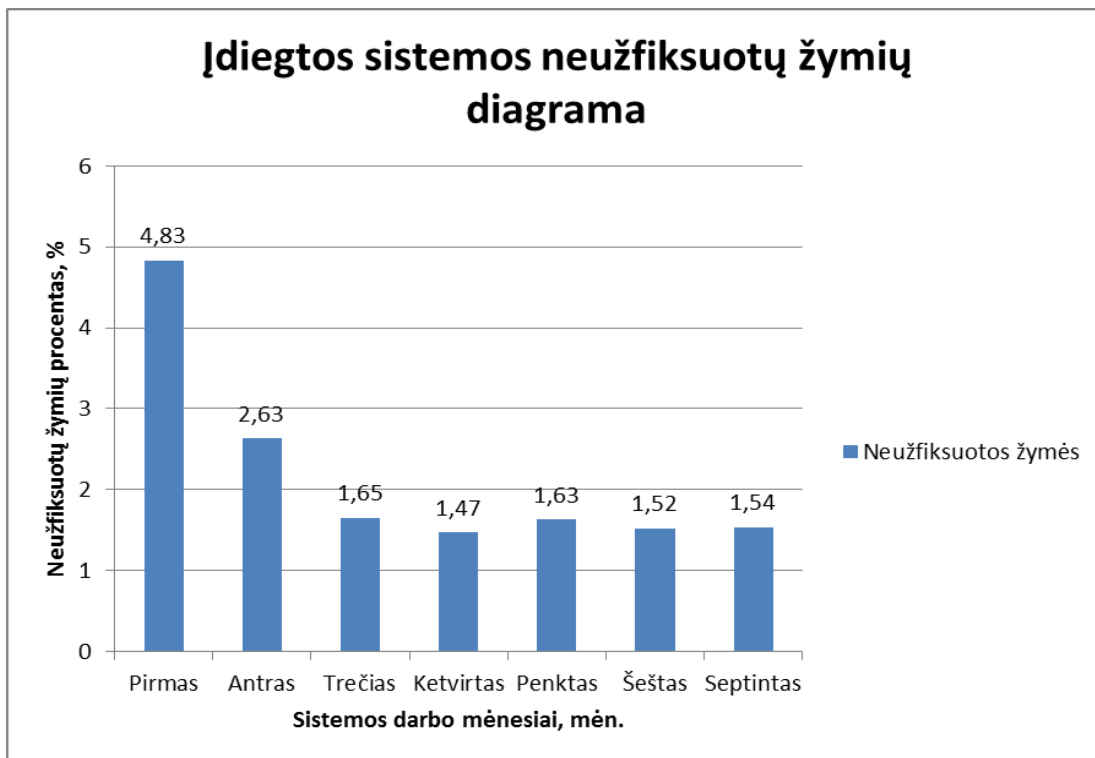
skaitymo režimas vis dar yra neišbaigtas. Taigi teko skaitymui naudoti sinchroninį mechanizmą, vis užklausiant skaitytuvą, skaitytuvo skaitymo lauke esančių žymių inventorizavimui.

Atlikti žymės dydžio ir klijavimo vietos įtakos tyrimai. Rezultatai pateikti diagramos pavidalu (13 pav.).



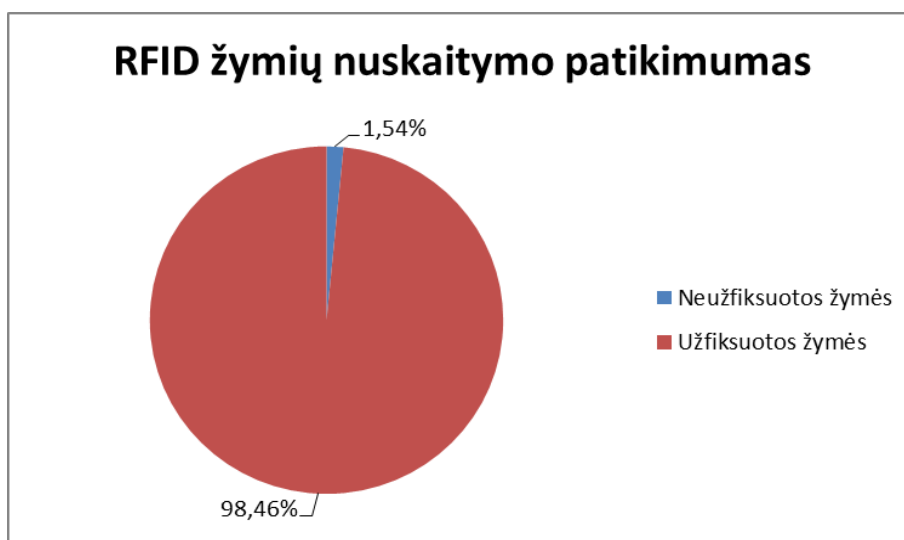
13 pav. Neužfiksuotų žymių tyrimo diagrama pagal jų dydį ir klijavimo vietą

Buvo atliekamas eksperimentas žymių nuskaitymo RFID vartuose patikimumui nustatyti. Eksperimente buvo analizuojami 7 mėnesių duomenys. Pateikiama eksperimento rezultatų palyginimo diagrama (14 pav.). Duomenų tyrimo laikotarpiu vidutiniškai buvo neužfiksuota 2.18%. Iš šių rezultatų matoma, kad sistemos tobulinimo darbai buvo naudingi ir sumažino klaidingo veikimo procentą. Prie tokio rezultatų pagerėjimo taip pat greičiausiai prisidėjo ir žmonių, dirbančių su šia sistema augantis apibrėžtų taisyklių laikymasis.



14 pav. Įdiegtos sistemos RFID žymių neužfiksavimo diagrama pagal mėnesius

Toliau pateikiama septinto mėnesio po sistemos įdiegimo (kuomet jau nebebuvo keičiami algoritmo parametrai) neužfiksuotų ir užfiksuotų žymių procentinė skritulinė diagrama (15 pav.). Ekperimento rezultatai parodė, kad 198 iš 12872 palečių pažymėtų RFID žymėmis buvo neužfiksuotos.



15 pav. RFID žymių nuskaitymo patikimumo skritulinė diagrama

Atsitiktinės plėtos (*angl.* Bootstrap) metodu suskaičiuota, kad su 95% pasiklovimo tikimybe neužfiksuotų žymių pasikliautinas intervalas 1,3% - 1,7%.

Nustatymo patikimumo eksperimento tikslai ir rezultatai pateikiami žemiau (7 lentelė).

7 lentelė. Nuskaitymo patikimumo eksperimento rezultatai

Ekspertas	Tikslas	Rezultatai
RFID žymės klijavimo vietos	Nustatyti tinkamą vietą, kur klijuoti žymę	Tinkamiausia vieta – ant paletės šono ar priešingoje nei autokrautuvus pusėje
RFID žymės aukščio	Nustatyti tinkamą RFID žymės klijavimo aukštį	Rekomenduojama klijuoti skaitytuvo antenos aukštyje, jei neįmanoma, tuomet aukščiau, nei skaitytuvo antena
Palečių keliais aukštais pervežimas pro RFID vartus	Nustatyti kelių palečių vienos ant kitos įtaką nuskaitymui	Tokiu atveju, jei paletės vežamos dideliu greičiu rekomenduotina antenas statyti keliais aukštais, kad jos būtų arčiau RFID žymės klijavimo aukščio
Suglaustų palečių nuskaitymas	Nustatyti nuskaitymo žymės paslėpimo įtaką nuskaitymo patikimumui	Jei žymė patenka tarp didelio sluoksnio medienos ar panašių medžiagų, jos skaitymo patikimumas smarkiai sumažėja
Klijuojavimas arti skirtingų medžiagų	Nustatyti nuskaitymo patikimumą klijuojant arti metalo, skysčio, medienos	Rekomenduojama vengti klijavimo arti metalinio paviršiaus (metalas atspindi radijo bangas), įpratų pasyvinių žymės neturėtų būti klijuojamos ant talpų su skysčiais (skysčiai sugeria radijo bangas), mediena nesukelia problemų

Apdorojus eksperimentų rezultatus:

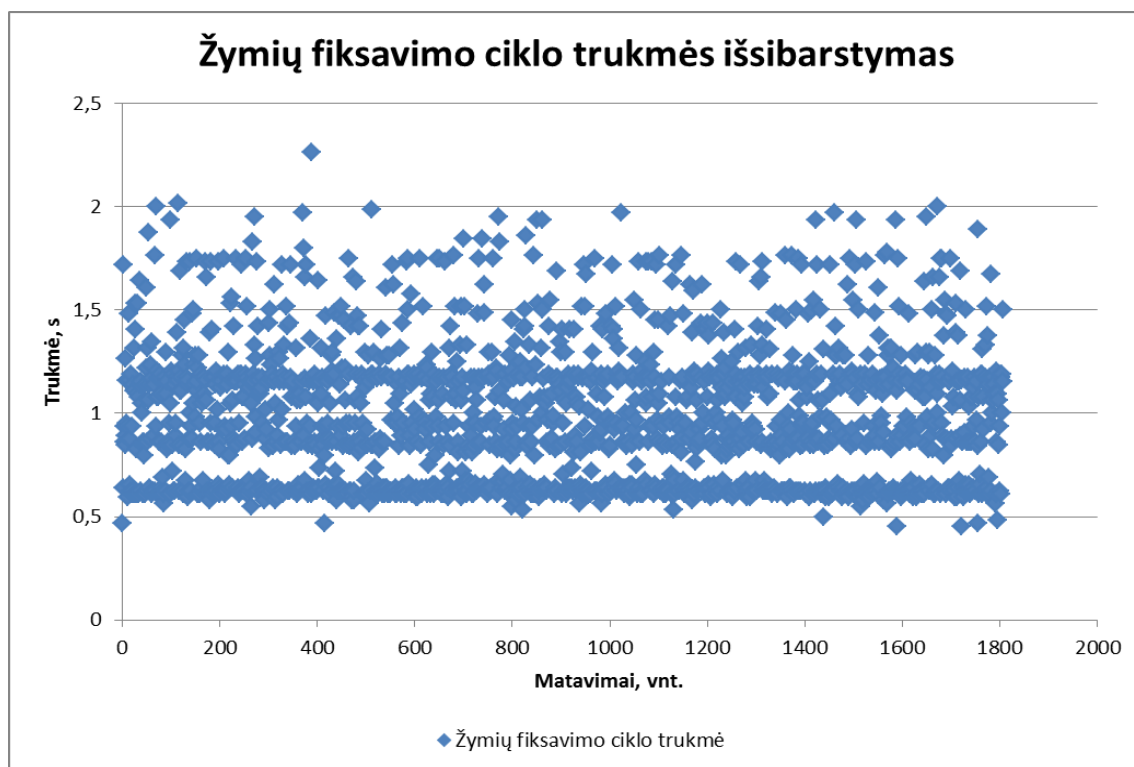
- parinkti optimalūs RFID skaitytuvo parametrai;
- programinėje įrangoje realizuotas parametų konfigūravimo funkcionalumas;
- paruoštos parametų rekomenduojamos reikšmės (8 lentelė).

8 lentelė. Skaitytuvo konfigūruojamų parametrų rekomenduojamos reikšmės

Skaitytuvo parametrai	Reikšmės
Galingumas	1200
Antena (dBi)	8
Polerizacija	Apskritiminė (<i>angl. circular</i>)
Kabelis (dB)	1.5

3.2.2 Žymių nuskaitymo trukmė

Kita RFID vartų svarbi charakteristika yra žymių paieškos ir fiksavimo trukmė. Buvo atliktas eksperimentas, kurio metu intensyviai buvo naudojami RFID vartai. Eksperimentas truko apie pusę valandos. Eksperimentas parodė, kad vienas skaitymo ciklas eksperimento metu minimaliai truko 0,453 s, maksimaliai 2,265 s. Vidutiniškai skaitymo ciklas truko 0,971 s. Kadangi žinoma, jog autokrautuvai fiksavimo lauke būna bent 2 sekundes, tai galima daryti išvadą, kad bent kartą autokrautuvo pravežamos paletės yra fiksuojamos. Šis laikas aišku yra minimali autokrautuvo buvimo fiksavimo zonoje trukmė. Įprastai autokrautuvai, veždami keletą palečių, važiuoja lėčiau ir zonoje būna apie 4-5 sekundes. Grafiškai atvaizdavus eksperimento duomenis buvo pastebėti vaizdingi rezultatai (16 pav.).



16 pav. RFID žymių fiksavimo ciklo trukmės išsibarstymo grafikas

Grafike gana aiškiai matomas taškų grupavimasis aplink tris reikšmes. Kadangi skaitytuvas dirba sinchroniniu ir vis besikartojančiu skaitymo režimu, tai didžiąją dalį laiko jis neužfiksuoja nė vienos žymės savo skaitymo lauke. Grafike matomas tris išsiskiriančias reikšmes paaiškina tai, kad iš tikrųjų dažniausiai galimi tik trys dažniausi palečių vežimo variantai:

- Nė vienos pažymėtos paletės nėra skaitymo lauke;
- Viena pažymėta paletė;
- Dvi pažymėtos paletės.

Žinoma, kartais pasitaiko, kad būna vežama po 3-5 paletes, kurios yra mažesnių matemenu tačiau ši situacija pasitaiko retai.

3.2.3 Žymių judėjimo krypties nustatymas

Eksperto metu nebuvo pastebėta neteisingo krypties nustatymo. Šie duomenys automatiškai nebuvo registruojami. Tiesiog buvo apklausti RFID vartų operatoriai, jie teigė, kad nebuvo nė vieno atvejo, kad judėjimo kryptis būtų nustatyta neteisingai.

Atliekant eksperimentus, buvo ieškoma, kaip išspręsti dažnai pasireiškiančias ir įprastas logistikoje problemas:

- Neteisinga apskaitos informacija apie sandėlio objektus, sandėlio talpumą ir sandėliavimo vietas;
- Neteisingos ir neoperatyvios ataskaitos sprendimus priimantiems darbuotojams;
- Dėl aukščiau išvardintų problemų neįgyvendinami priimti įsipareigojimai.

3.2.4 Metalų įtaka žymių skaitymui

Šis tyrimas buvo atliktas, siekiant išsiaiškinti metalo įtaką RFID žymės aptikimui. Tyrimą įtakojo analizės etape rasti argumentai apie ženkliai neigiamą metalinių objektų įtaką. Tai nulemia metalo elektromagnetinių bangų atspindėjimo – ekranavimo savybę.

Ekspertas teoriją patvirtino: blogai nuskaitytų žymių šalia metalinės furnitūros paketo ~2.5 karto daugiau, negu šalia baldinės plokštės.

Ekspertiškai buvo išbandyti du variantai, kuomet metalinis objektas yra už RFID žymės ir kuomet jis yra tarp skaitytuvo ir RFID žymės.

Pirmuoju variantu turint metalinę medžiagą už žymės metalo įtaka skaitymui didėja, kuomet yra mažinamas atstumas tarp metalinės medžiagos ir žymės. Užklįjavus pasyvinę žymę ant metalo, ji išvis nebus nuskaityta. Visgi yra išeitis iš šios situacijos: jei norima ženklinti metalinius objektus, tuomet galima naudoti kitų tipų žymes, kurios būna didesnės ir specialiai pritaikytos šiai problemai išspręsti. Tik šios žymės kainuos brangiau. Taigi tai dar kartą įrodo, kad negalima akiai imti diegti RFID paremtos sistemos, neįvertinus diegimo aplinkos.

Antruoju atveju buvo pastebėta, kad metalinė medžiaga suteikė didelį ekranavimo efektą, kuomet nukreipė skaitytuvo bangas nuo žymės ir ji nebuvo fiksuojama. Šiuo atveju yra gana didelė tikimybė, kad žymių skaitymas baigsis nesėkme.

Apibendrinant galima būtų teigti, kad reikia žinoti galimą metalo įtaką ir vengti tokių situacijų, kada žymė yra arti metalo paviršiaus ir kuomet metalinis objektas skiria žymę nuo skaitytuvo. Taip pat galima teigti, kad nerekomenduojama pasyvinėmis žymėmis ženklinti tokių produktų, kaip šaldytuvai ir kitos buitinės technikos ar objektų, kurių paviršius yra metalinis.

3.2.5 Aplinkos įtaka

Pačioje eksperimentų pradžioje buvo pastebėta, kad užfiksuojamos ir paletės, kurios nebuvo vežamos pro vartus. Ši problema iš esmės atsirado dėl to, kad sandėlis nėra didelis ir aplinkui RFID vartus turi būti sandėliuojamos paletės, kurios yra paženklintos RFID žymėmis. Šios žymės iškreipdavo per RFID vartus vežamų palečių fiksavimo rezultatus. Panaudojus literatūroje rastas žinias, kad metalas atspindi ir nepraleidžia radijo bangų, buvo nutarta RFID vartus nuo sandėlio atskirti vielinio tinklo pertvara (ekranu). Šios pertvaros prireikė tik vienoje vartų pusėje, kadangi kitoje pusėje buvo siena. Vietos tinklas buvo padarytas 5 metrų aukščio ir 4 metrų pločio. Įrengus šį pakeitimą, iškart buvo pastebėtas ženklus pagerėjimas ir nebuvo fiksuojamos ne per vartus vežamos paletės.

Vėliau su tam tikro produkto paletėmis, kuriose RFID žymės klįjavimo vietoje yra supakuotos metalinės furnitūros detalės, buvo pastebėta kita problema. Kai šios paletės jau būna įvežtos į vilkiką, tai, vežant kitas paletes ar tiesiog autokrautuvui grįžtant į sandėlio zoną, būdavo fiksuojamos ir vilkike esančių palečių žymės. Ištyrus šį atvejį, buvo pastebėta, kad taip dažniausiai nutinka su konteinerio tipo vilkikais. Ir nutinka būtent tada, kai keltuvas metalinės konstrukcijos juda pro RFID vartų antenas. Norint išspręsti šią problemą, teko mažinti skaitytuvo galingumą. Sumažinus skaitytuvo galingumą, atsirado naujų problemų - pradėjo sunkiau fiksuoti tarp palečių atsidūrusias žymes.

Ateityje numatoma išbandyti RFID skaitytuvą, kuris parodytų žymės siunčiamo signalo stiprumą ir galbūt taip pavyktų visiškai eliminuoti šią problemą.

3.3 TYRIMO REZULTATŲ APIBENDRINIMAS

1. Nustatyta, kad pakanka naudoti 2 klasės vidutinio dydžio pasyvines žymes (eksperimento metu naudota UPM UHF žymė ShortDipole, žymės antenos dydis 93x11mm) ir jas klijuoti paletės šone, kuris, vežant pro RFID vartus, atsuktas į skaitytuvo anteną.
2. Neužfiksuota problemų, susijusių su didesniu judančių žymių skaičiumi, vienu metu būnančių skaitytuvo nuskaitymo zonoje (išbandyta su ≤ 7 žymėmis vienu metu, didesnio žymių poreikio nebuvo).
3. Nerekomenduojama klijuoti RFID žymių šalia metalinių gaminio dalių, jei tai leidžia technologinis procesas.
4. Žymės nuskaitymo ir užfiksavimo duomenų bazėje trukmė tenkina net ir intensyvaus pakrovimo atveju.
5. Įvertinus sistemos tyrimų rezultatus, galima teigti, kad sistemos architektūra pasirinkta teisingai ir naujų pakeitimų įgyvendinimas yra lankstus.
6. RFID įrangus sukaupti įvykių duomenys gali būti panaudoti plačiau, nei tai buvo numatyta bandomojo projekto sistemos reikalavimuose.

3.4 SISTEMOS IŠPLĖTIMO GALIMYBĖS

3.4.1 Sistemos papildymas įvesties suderintuvu

Operatyvus reagavimas į klientų poreikio pasikeitimus minimas, kaip vienas iš svarbiausių momentų šiuolaikinėse logistikos valdymo sistemose.

Buvo ištirti procesai, kurie vyksta logistikos įmonėje, pasikeitus kliento užsakymui tuo metu, kai gaminiai jau yra kraunami į transporto priemones.

Išanalizavus paaiškėjo, kad šie procesai yra labai sunkiai valdomi. Seniau veiksmų seka buvo tokia:

- Pasikeitusio poreikio informacijos atsekimas kliento užsakymų programoje
- Duomenų perdavimas iš užsakymų programos į ERP sistemą
- Paskyros atkrovimui pakeitimas
- Žodinis reikiamos informacijos perdavimas autokrautuvo darbuotojui.

Įvertinus šiuos keblumus keliančius procesus, sukurtoje sistemoje buvo padarytas pakeitimas: į sistemą įvestas naujas įvesties suderintuvas, kuris automatiškai fiksuoja kliento užsakymų pasikeitimų įvykius. Vėliau, ištyrus naujai aprašytą duomenų srautą, buvo modifikuotas autokrautuvo kompiuterio informacijos išvesties suderintuvo aprašymas. Realizavus šiuos patobulinimus, logistikos valdymo sistema leidžia realiu laiku atvaizduoti pasikeitusį kliento poreikį autokrautuvo kompiuterio ekrane.

Šis sistemos papildymas buvo atliktas per labai trumpą laiką – keletą valandų. Taip greitai realizuoti pakeitimą buvo galima dėl tinkamai parinktos sistemos architektūros. Galima daryti prielaidą, kad ir ateityje prireikus prijungti naują duomenų šaltinį tai bus galima įgyvendinti labai operatyviai.

3.4.2 Naujų rezultatų gavimas iš istorinių duomenų

Buvo nagrinėjama galimybė panaudoti sukauptus istorinius duomenis, siekiant išspręsti naujai iškylančius uždavinius. Vienas tokių uždavinių – nustatyti autokrautuvų poreikį naujai projektuojamam sandėliui. Pasinaudota tuo, kad nuo pat bandomojo projekto pradžios prie kiekvieno autokrautuvo buvo pritvirtinta stacionari RFID žymė. Taigi buvo automatiškai fiksuojama, kada kiekvienas autokrautuvas pravažiuoja RFID vartus. Atsiradus papildomam uždaviniui, iš RFID vartų skaitytuvo suderintuvo sugeneruoto duomenų srauto buvo išskirti įvykiai, fiksuojantys autokrautuvų žymių judėjimą sandėlyje. Kilo idėja, panaudojant istorinius duomenis, vartotojui pateikti trukmes, kurios reikalingos pervežti gaminius iš sandėliavimo į pakrovimo zoną. Taip pat galima nustatyti kitus autokrautuvo darbo dėsningumus.

4. IŠVADOS

1. Logistikos valdymo sistemoje panaudojant RFID technologiją, logistikos operacijas galima automatiškai fiksuoti artima realiam laikui sparta (nuskaitymo ciklas užtrunka ~0.9 s) ir tai atlikti patikimai (nuskaitoma ~98,5% žymių).
2. Projektuojant RFID grindžiamą sistemą, duomenų surinkimo organizavimui labai tinka sistemą sudalinti į šias atskiras dalis: įvesties suderintuvus, apdorojimo logiką, išvesties suderintuvus.
3. RFID žymių nuskaitymui pasirinktą davikliais grindžiamą metodą buvo būtina modifikuoti tam, kad jis tinkamai veiktų realioje aplinkoje.
4. Sprendimas sukurti logistikos valdymo sistemą, naudojant RFID technologiją, pasiteisino: įdiegus sistemą, sutrumpėjo sandėlio operacijų trukmė, padidėjo operacijų fiksavimo tikslumas, atsirado lankstumas valdant pirkėjo užsakymus, iki minimumo sumažėjo išsiuntimo klaidos, supaprastėjo buhalterinės apskaitos tvarkymas, nes prekių judėjimo duomenys gaunami automatiškai.

5. LITERATŪROS SĄRAŠAS

- [1] Chatziantoniou D., K. Pramataris and Y. Sotiropoulos. Supporting real-time supply chain decisions based on RFID data streams. *The Journal of System and Software* – 2011, 84, p.700-710.
- [2] Elmorshidy A. Radio Frequency Identifiers: What are the Possibilities?. *Journal of telecommunications*, Volume 2, Issue 2 – 2010, p. 21-24.
- [3] Finkenzeller K. *RFID Handbook*, John Wiley & Sons. New York, NY, USA, 2nd edition – 2003.
- [4] He T., C. Huang, B. John, A. Stankovic and T. Abdelzaher. Range free localization schemes for large scale sensor networks. *Mobicom* – 2003, p. 81-93.
- [5] Hightower J., G. Borriello and R. Want.. SportON: an indoor 3D location sensing technology based on RF signal strength. *UW CSE Tech. Rep.* – 2000.
- [6] Yan B., Y. Chen and X. Meng. RFID Technology Applied in Warehouse Management System. *ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management* – 2008, p. 363-367.
- [7] Luckham D. *The Power of Events: an Introduction to Complex Event Processing in Distributed Enterprise Systems*. Boston, Addison Wesley – 2002.
- [8] Luckham D. and M. Palmer. Separating Wheat from Chaff. *RFID Journal* – 2010.
- [9] Ni L., Y. Liu, Y. Lau and A. Patil. Landmarc: indoor location sensing using active RFID. *In Proc. of PerCom* – 2003, p. 407-415.
- [10] Nordic ID. *NordicIDea 2011-2012. Lithuania furniture maker optimizes just-in-time manufacturing with RFID* – 2011, p. 22-23.
- [11] Ochi H., S. Tagashira and S. Fujita. A localization system for wireless sensor networks, *IPSI SIG Tech. Rep.*, ARC-160 – 2004, p.17.
- [12] Oikawa Y. Tag Movement Direction Estimation Methods in an RFID Gate System. *Wireless Communication Systems*, 2009. *ISWCS* – 2009, p. 41-45.
- [13] Palmer M. *Seven Principles of Effective RFID Data Management*. Progress software – 2004.
- [14] Poulsen B. How to implement RFID successfully. *RFID Journal* – 2010.
- [15] RFID Journal, Inc. A summary of RFID standards. *RFID Journal* – 2010.
- [16] Swedberg C. Lithuania manufacturer tracks IKEA-bound furniture. *RFID Journal* – 2010.

- [17] Vhatkar K. N., G. P. Bhole. 2008 Second Asia International Conference on Modelling Simulation AMS – 2010.
- [18] Wang G. and G. Jin. Research and design of RFID Data Processing Model Based on Complex Event Processing. International Conference on Computer Science and Software Engineering – 2008, p. 1396-1399.

6. TERMINŲ IR SUTRUMPINIMŲ ŽODYNAS

Terminas	Apibūdinimas
Auto-ID centras	Pasaulinis RFID tinklų tyrimų laboratorijų centras (<i>angl.</i> Auto-ID center)
C#	Microsoft sukurta objektiškai orientuota programavimo kalba
CEP	Sudėtingų įvykių apdorojimas (<i>angl.</i> Complex Event Processing)
DB	Duomenų bazė (<i>angl.</i> Database)
EPC	Elektroninis produkto kodas (<i>angl.</i> Electronic Product Code)
EPCglobal	Nepelno siekianti organizacija, sukurta pagrindinių brūkšnių kodų standartų kūrėjų
ERP	Sistema, kuri valdo įmonės verslo išteklius, informaciją ir funkcijas (<i>angl.</i> Enterprise Resource Planning)
IKEA	Didžiausia pasaulyje baldų ir namų apyvokos daiktų prekybos įmonė, turinti parduotuves visame pasaulyje
RFID	Radijo dažnio atpažinimo technologija (<i>angl.</i> Radio Frequency Identification)
RFID žymė	Radijo dažniu atpažįstama žymė, lipdukas ar dėžutė su mikroschema (<i>angl.</i> RFID Tag)
RFID skaitytuvas	Radijo dažniu žymes atpažįstantis skaitymo, įrašymo įrenginys (<i>angl.</i> RFID reader)
SQL	Struktūrizuota užklausų kalba (<i>angl.</i> Structured Query Language)
UML	Vieninga modeliavimo kalba (<i>angl.</i> Unified Modeling Language)
Windows CE	Mobiliuose įrenginiuose plačiai paplitusi operacinė sistema (<i>angl.</i> Windows Embedded Compact)

PRIEDAS A – SUKURTOS SISTEMOS ĮDIEGIMO AKTAS

UAB „PRORINGAS“

Savanorių pr. 271, LT-50131, Kaunas
Įmonės kodas 134550094, PVM mokėtojo kodas LT345500917
Tel. (37) 310301, faksas (37) 310303
El. paštas: info@proringas.lt

PROGRAMŲ SISTEMOS PERDAVIMO IR APROBAVIMO AKTAS

201 0 m. rugpjūčio 6 d.

Programų sistemos pavadinimas RFID technologija grindžiama logistikos valdymo sistema

Kūrinio tipas Programinė įranga

Programų sistemos sukūrimo data 201 0 m. liepos 5 d.

Kūrinio įteikimo UŽSAKOVUI data 201 0 m. liepos 26 d.

Užsakovo arba trečiojo asmens Kūrinio aprobavimo rezultatas:

Studento sukurta programinė įranga pilnai atitinka nustatytus reikalavimus. Programinė įranga įdiegta gamybinėje įmonėje AB „Freda“.

Kūrinio aprobavimo data 201 0 m. rugpjūčio 6 d.


Kūrinio originalo saugotojas - UAB „Proringas“

AUTORIUS

Žuvinto g. 30-76, LT-51405, Kaunas
Tel. 8-687-88509
El. paštas: mindaugas.zilnys@gmail.com

Kauno technologijos universiteto
Informatikos fakulteto
Programų sistemų inžinerijos
magistrantūros studijų
IFM-9/2 gr. studentas

Mindaugas Zilnys

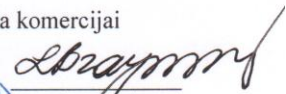

(parašas)

UŽSAKOVAS

UAB „Proringas“
Savanorių pr. 271, LT-50131, Kaunas
Įmonės kodas 134550094
PVM mokėtojo kodas LT345500917
Tel. (37) 310301, faksas (37) 310303
El. pastas: info@proringas.lt

UAB „Proringas“
direktoriaus pavaduotoja komercijai

Lina Brazduonienė


(parašas)

