

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Infotehnoloogia teaduskond

Arvutiteaduse instituut

Võrgutarkvara õppetool

Lennuinfo sõnumite terminal

Bakalaureusetöö

Üliõpilane: Egle-Riin Rüütel

Üliõpilaskood: 121074IAPB

Juhendaja: Jaagup Irve

Tallinn

2015

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

(kuupäev)

(allkiri)

Annotatsioon

Käesoleva töö eesmärgiks on luua süsteem lennuinfo talletamiseks ja esitamiseks. Süsteemi põhifunktsionaalsuseks on üle TCP ühenduse sissetulevate ICAO ja ADEXP formaadis lennuinfo sõnumite vastuvõtmine, salvestamine ja kasutajale esitamine. Lisafunktsionaalsuseks on vastuvõetud sõnumitele korraga mitme välja järgi hajusotsingu rakendamine ning ajavahemiku valimine, mille kestel olevaid sõnumeid soovitakse näha.

Töö peamisteks probleemideks oli vastuvõetud lennuinfo sõnumitest väljade automaatne eristus ning samuti nende sõnumite visualiseerimine kasutajale tabelandmetena. 90 päeva lennuinfo andmete suurusjärg on hinnanguliselt 200 000 sõnumit, seega tuli töös erilisel rõhku panna süsteemi töö kiirendamisele.

Töö tulemuseks on tarkvaraline lahendus kasutajaliidesega, mis võimaldab võtta vastu sissetulevaid lennuinfo sõnumeid, neid talletada ning kasutajale kuvada. Samuti teostada hajusotsingut ning kuvatavatele sõnumitele ajavahemiku määramist.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 46 leheküljel, 6 peatükki, 10 joonist, 14 tabelit.

Abstract

The aim of this thesis is to create a system for flight information reception, storage and monitoring purposes. The main functions of the system is to receive incoming flight information via TCP connection in the ICAO and ADEXP format, keep it in a database and present to an operators. An extra functionality is being able to choose a specific time frame and using filters by multiple field values to refine the search of the information.

The main limitation of the project was being able to automatically differentiate the incoming information and visually dividing them into table formats. A lot of emphasis has been put on enhancing the speed of the system to be able to comprehend the vast about of information received, which is estimated to be about 200 000 messages within a 90-day period.

The final product is a software solution with an added user interface that supports receiving incoming flight information messages, saving them and displaying them to the user. Added features include refining and setting time frames for the enquiries.

The thesis is written in Estonian and includes text on 46 pages, 6 chapters, 10 figures, 14 tables.

Lühendite ja mõistete sõnastik

ADEXP	<i>Air Traffic Services Data Exchange Presentation</i> Andmeformaad lennuinfo vahetuseks
FPL	<i>Filed Flight Plan</i> Esitatud lennuplaan
ICAO	<i>International Civil Aviation Organisation</i> Rahvusvaheline Tsiviillennunduse Organisatsioon Antud töös kitsamas tähenduses lennuinfo sõnumite vahetuse formaad
SSR kood	<i>Secondary Source Radar code</i> Sekundaarjälgimisradari tunnuskoode

Jooniste nimekiri

Joonis 1 Tallinna lennuinfo piirkond	12
Joonis 2 Lennuinfo vahetamine.....	13
Joonis 3 AFTN Terminal Application.....	25
Joonis 4 Lennuinfo süsteemi arhitektuur	30
Joonis 5 Andmebaasi skeem	36
Joonis 6 Lennuinfo sõnumite põhitabel	38
Joonis 7 Ajavahemiku valimine	39
Joonis 8 Ajavahemiku valimine kalendri abil	39
Joonis 9 Hajusotsing.....	40
Joonis 10 Lennuinfo sõnum originaalkujul	41

Tabelite nimekiri

Tabel 1 ICAO formaadis sõnumite väljad.....	15
Tabel 2 FPL sõnumist eraldatavad väljad	17
Tabel 3 CHG sõnumist eraldatavad väljad.....	18
Tabel 4 DEP sõnumist eraldatavad väljad.....	19
Tabel 5 ARR sõnumist eraldatavad väljad	19
Tabel 6 DLA sõnumist eraldatavad väljad	20
Tabel 7 CNL sõnumist eraldatavad väljad	20
Tabel 8 ADEXP formaadis sõnumite väljad	22
Tabel 9 BFD sõnumist eraldatavad väljad	23
Tabel 10 CFD sõnumist eraldatavad väljad	24
Tabel 11 Süsteemi mittefunktsionaalsed nõuded	26
Tabel 12 Lennuinfo sõnumite vastuvõtmise ja salvestamise nõuded	26
Tabel 13 Andmebaasi nõuded	28
Tabel 14 Kasutajaliidese nõuded.....	28

Sisukord

1.	Sissejuhatus	10
2.	Süsteemi taust.....	11
2.1	Valdkonna tutvustus	11
2.2	Lennuinfo vahetamine	13
2.3	ICAO formaadis sõnumid.....	14
2.3.1	FPL sõnum	17
2.3.2	CHG sõnum.....	18
2.3.3	DEP sõnum.....	19
2.3.4	ARR sõnum.....	19
2.3.5	DLA sõnum.....	20
2.3.6	CNL sõnum	20
2.4	ADEXP formaadis sõnumid	21
2.4.1	BFD sõnum	23
2.4.2	CFD sõnum	24
3.	Nõuded süsteemile	25
3.1	Teised süsteemid.....	25
3.2	Mittefunktsionaalsed nõuded.....	26
3.3	Funktsionaalsed nõuded	26
3.3.1	Lennuinfo sõnumite vastuvõtmine ja salvestamine.....	26
3.3.2	Andmebaas	28
3.3.3	Kasutajaliides	28
4.	Ülevaade süsteemist	30
4.1	Lennuinfo süsteemi arhitektuur	30
4.2	Kasutatavad tehnoloogiad.....	32
4.2.1	Java.....	32
4.2.2	SQLite	32
4.2.3	Python.....	33
4.2.4	AngularJS	33
4.2.5	Bootstrap ja Font Awesome	33
5.	Süsteemi lahendus	34
5.1	FPLReceiver	34
5.1.1	Kasutus simuleerijana	34
5.1.2	Vastuvõetud sõnumi transpordipäis ja –jalus.....	35
5.1.3	Sõnumi väljadeks eraldamine.....	35
5.2	Andmebaas	36

5.3	FPLServer.....	37
5.4	FPLClient.....	37
5.4.1	Põhitabel ja selle lehitsemine	38
5.4.2	Ajavahemiku valimine	39
5.4.3	Hajusotsing.....	40
5.4.4	Originaalkujul sõnum.....	41
6.	Süsteemi analüüs	42
	Kokkuvõte	43
	Summary	44
	Kasutatud kirjandus.....	45

1. Sissejuhatus

Paljudel lennuinfo tarbijatel (nt. lennujaamad, lennuvälja tehniline teenindus, lennujälgimiskeskused) on siamaani lennuinfo vaatlemiseks kasutusel tavaline tekstiterminal. Lennuinfo kuvamine toimub lihtsustatud viisil tekstiaknas, millest otsimine ja pikema ajaloo jälgimine on raskendatud.

Süsteemi loomise idee on pärit lennuinfo operaatoritelt, kes on tundnud vajadust lennuinfo sõnumite kuvamise varasemale süsteemile lisada ka lihtsustatud infootsingu funktsionaalsus üle pikemaajalise ajaloolise andmestiku (kuni 90 päeva). Ülesande püstitamisel ja lahenduse koostamisel on malli võetud olemasolevatest turul pakutavatest lennuinfo terminalidest.

Käesolev süsteem on kujundatud tuginedes selles valdkonnas välja kujunenud tavadele ja täiendavalt lisatud funktsionaalsusele. Süsteem võimaldab lennuinfo sõnumeid võtta vastu üle TCP (*Transmission Control Protocol*) ühenduse, talletada vastuvõetud sõnumeid andmebaasis 90 päeva, automaatselt eristada sõnumitest vajalikud väljad, kuvada sõnumeid kasutajale arusaadaval viisil, rakendada üle mitme välja hajusotsingut ning valida ajavahemikku, mille kestel soovitakse sõnumeid näha.

Töö esimeses sisulises peatükis antakse ülevaade süsteemi taustast, kirjeldades sealjuures ka süsteemi poolt toetavate sõnumite formaate ning neist eristatavaid väljasid. Järgnevalt tuuakse välja nõuded uuele süsteemile. Lisaks illustreeritakse loodava süsteemi arhitektuuri joonise abil ning kirjeldatakse lühidalt kasutatavaid tehnoloogiaid. Viimasena tuuakse välja süsteemi erinevate komponentide omadused ja olulisemate probleemide lahendused.

2. Süsteemi taust

Järgnevas peatükis antakse ülevaade süsteemi valdkonnast ja lennuinfo vahetamisest. Kirjeldatakse ja demonstreeritakse süsteemi poolt toetatud ICAO ja ADEXP formaadis lennuinfo sõnumite väljade eraldamist. Samuti tuuakse näiteid erinevate lennuinfo sõnumite kohta.

2.1 Valdonna tutvustus

Lennuplaan on piloodi, operaatori või tema poolt määratud esindaja enne väljasõitu esitatud vastavasisuline teade, näidates õhusõiduki kavandatavat lendu või lennu osa. Lennuplaani formaat on kindlaks määratud Rahvusvahelise Tsiviillennunduse Organisatsiooni (ICAO) publikatsioonis Doc 4444. [2, 17]

ICAO on asutatud 7. detsembril 1994. aastal Chicago kokkuleppe alusel, mille kohaselt on ICAO peamiseks eesmärgiks välja töötada rahvusvahelise lennuliikluse arengu põhimõtted. Samuti kooskõlastada ja suunata tehnilist arendust üldise lennuliikluse turvalisuse eesmärgil. [18, 24]

1992. aastal sai Eestist ICAO 166. liige, mis tõi kaasa kohustuse tagada ICAO standardite ja soovitusliku praktikaga kehtestatud nõuetele vastav lennuvälja- ja lennujuhtimisteenus Eesti riigi territooriumil olevale rahvusvahelisele lennuliiklusele [15]. Tallinna lennuinfopiirkond on õhuruumiosa, milles ICAO poolt kinnitatud kahepoolsete kokkulepete alusel osutab Eesti lennuliiklusteenuseid [16].

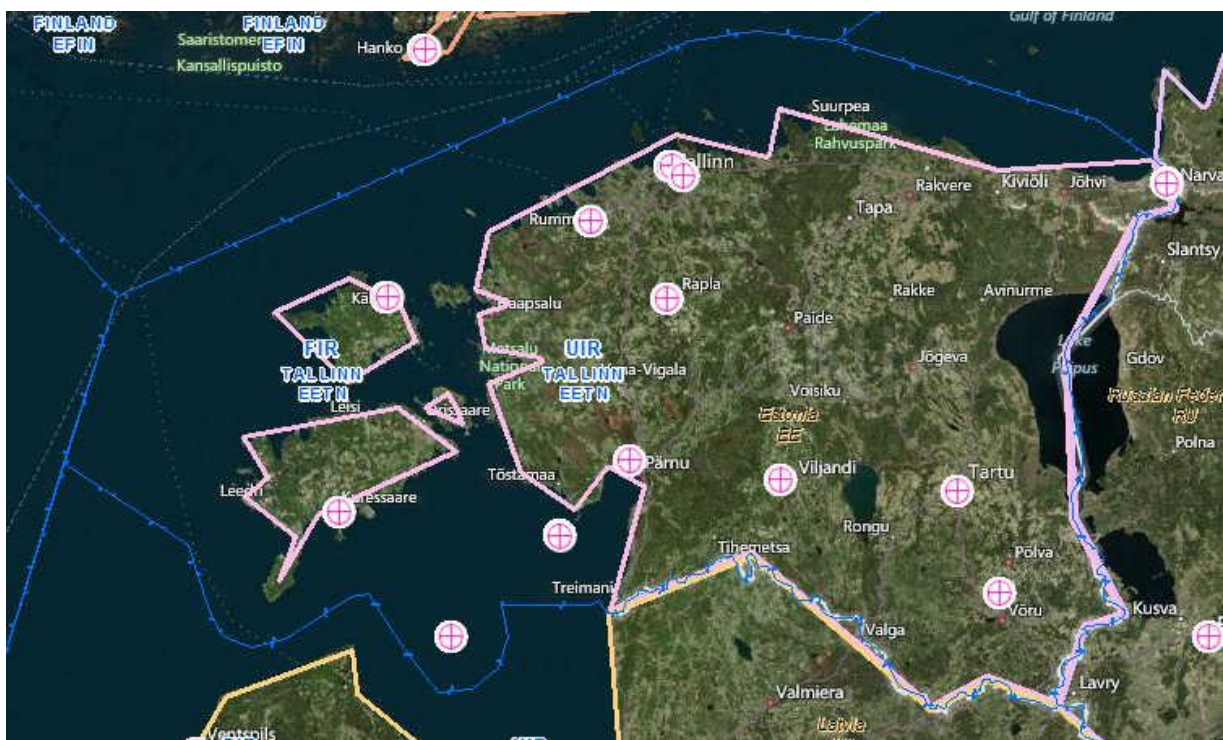
Lennuliiklusteeninduse Aktsiaselts on Eesti Vabariigi Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi haldusalasse kuuluv ettevõtte, mille põhitegevuseks on rahvusvaheliste ja kohalike lendude juhtimine Tallinna lennuinfopiirkonnas. Lennuliiklusteeninduse AS-i üks seitsmest allüksusest on Lennuminfo osakond. [15]

Lennueelne ettevalmistus interneti vahendusel on Lennuliiklusteeninduse AS-i poolt ülalpeetav teenus, mis on mõeldud lennuminfo teenuste pakkumiseks internetikeskkonnas. See võimaldab ja aitab kasutajatel muuhulgas sisestada ning muuta lennuplaane. [14]

Lennuplaane esitatakse mitte rohkem kui 120 tundi enne väljasõitu või erandkorras peale õhkuõhusmist [2]. Üldiselt hõlmavad lennuplaanid põhiandmeid nagu õhusõiduki tunnus, lennu liik ja lennureeglid, lähte- ja sihtlennuväli, arvestuslik üldlennuaeg, inimeste arv õhusõidukis, õhusõiduki kapteni nimi ja muu õhusõiduki kohta käiv info [17].

Vastavalt ICAO poolt avaldatud dokumendile 7910, on lennujaama kood või asukohta indikaator neljakohaline tähtedest koosnev kood, mis määrab ära lennujaamad üle kogu maailma. Koodi esimene täht tähistab regiooni ja teine täht riiki – sellest lähtuvalt on kõik Eesti lennuväljad algusega EE. Viimased 2 tähte määravad ära konkreetse lennuvälja antud riigis. Näiteks Tallinna lennujaam (Lennart Meri Tallinna lennujaam) on EETN, Tartu lennujaam EETU ja Ämari lennuväli EEEI. [12]

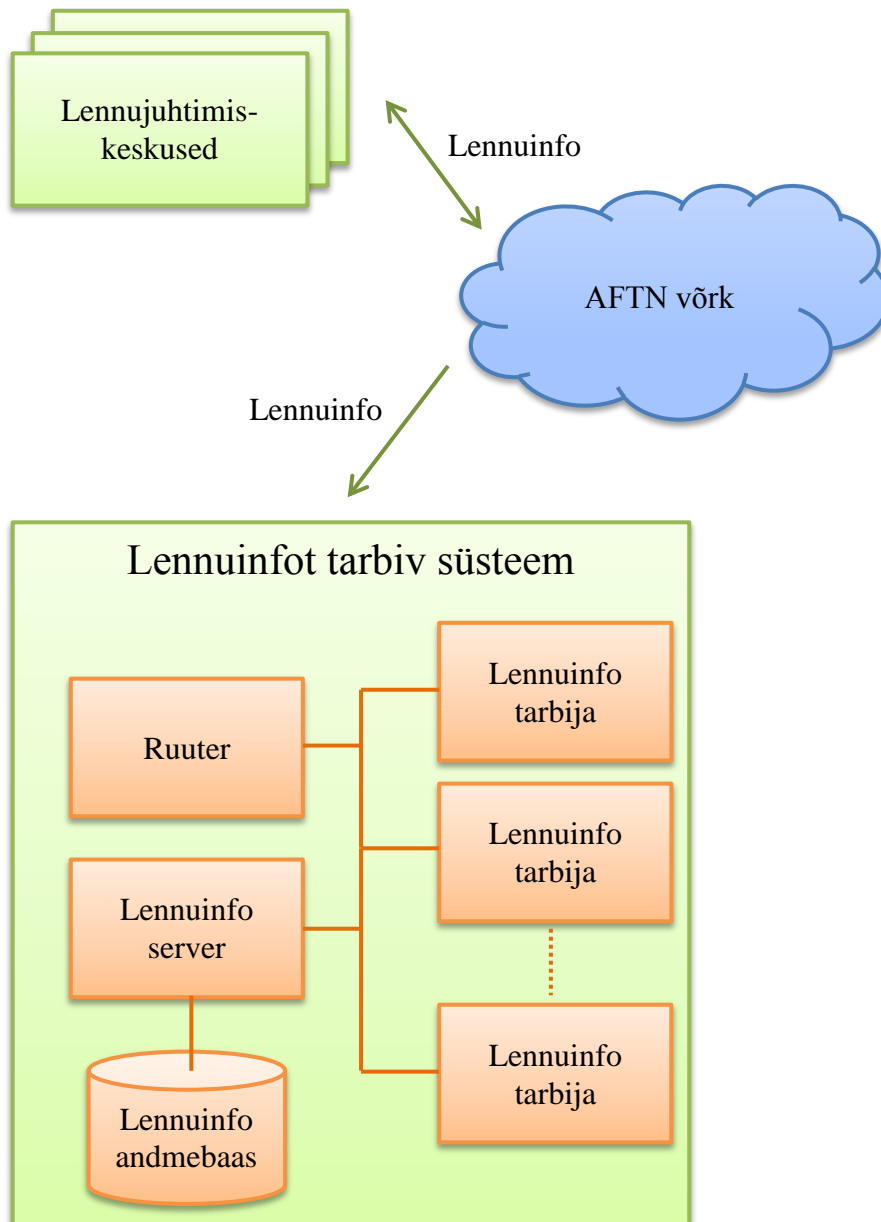
Järgneval joonisel 1 on sinise piirjoonega ära määratud Tallinna lennuinfo piirkond ning samuti Eestis asuvad lennuväljad [11].



Joonis 1 Tallinna lennuinfo piirkond

2.2 Lennuinfo vahetamine

Lennujuhtimiskeskused saadavad registreeritud kasutajatele laiali lennuinfo, mis toimetatakse üle AFTN (*Aeronautical Fixed Telecommunication Network*) võrgu tarbijasüsteemideni. Lennuinfot tarbivas süsteemis võtab info vastu lennuinfo server, talletab vastuvõetud info andmebaasi ning jagab süsteemisestele tarbijatele. Lennuinfo vahetamine on kujutatud järgneval joonisel 2.



Joonis 2 Lennuinfo vahetamine

2.3 ICAO formaadis sõnumid

Lennuliikluse korraldamiseks saadetakse lennuliiklusteeninduse organisatsioonide vahel lennuliiklusteeninduse sõnumeid, mis koosnevad ICAO poolt koostatud ja standardiseeritud väljadest. Sõnumites kasutatakse piiratud märgisüsteemi, sest nad peavad olema kooskõlas teletaipides kasutatava Rahvusvahelise Telegraafi tähestik number 2-ga (ITA2 - *International Telegraph Alphabet No. 2*). [2]

Sõnum algab vasakuluga „(“ ja lõppeb paremsuluga „)“. Iga väli algab ühekordse sidekriipsuga „-“, millele järgneb üks või enam elementi. Väli võib koosneda suurtähtedest A-Z, numbritest 0-9 ja mõnel juhul tühikutest elementide eraldajana ja kaldkriipsudest „/“ elementide vahel, näitamaks, et järgnev on kindlat tüüpi informatsioon. [2]

ICAO formaadi poolt on määratud suur hulk erinevaid sõnumitüüpe, millest antud süsteemis on kasutusel 5:

1. CHG (*modification*) – muudatuse sõnum.
2. DEP (*departure*) – väljumise sõnum.
3. ARR (*arrival*) – saabumise sõnum.
4. DLA (*delay*) – hilinemise sõnum.
5. CNL (*flight plan cancellation*) – lennuplaani tühistamise sõnum.

ICAO formaat määrab ka hulga andmeväljasid, kus fikseeritud välja numbrile vastab konkreetne sisu. Loetletud teadetes võivad esineda väljad numbritega 3, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 16, 18, 22 [2].

Järgnevas tabelis 1 on välja toodud ICAO formaadis selle süsteemi poolt toetavate sõnumite väljade tähendused ja süntaksi seletused [2].

Tabel 1 ICAO formaadis sõnumite väljad

Väli	Tähendus	Süntaksi seletus
3	Sõnumi tüüp	3 täheline väli, määramaks sõnumi tüübi.
7	Õhusõiduki kutsung	Tähtnumbriline väli pikkusega 2-7 märki, identifitseerimaks õhusõidukit.
	Sekundaarjälgimisradar (SSR kood)	Algab kaldkriipsuga '/', eraldamaks elemente, ja tähega 'A', millele järgneb 4 numbrit vahemikus 0-7, määramaks SSR koodi. Väli puudub, kui kood pole teada või on ebaoluline.
8	Lennu reegel	Väli võib olla väärtusega 'I' 'V' 'Y' 'Z'. 'I' ja 'Y' – instrumentaallennureeglite järgi toimuv lend. 'V' ja 'Z' – visuaallennureeglite järgi toimuv lend. 'Y' ja 'Z' kasutuse puhul on tegu muudatusega lennuplaanis ja siis peaks väärtus esinema väli nr 15 all.
	Lennu tüüp	Väli võib olla väärtusega 'S' 'N' 'G' 'M' 'X'. 'S' – regulaarlennud. 'N' – mitteregulaarlennud. 'G' – üldlennunduse lennud. 'M' – sõjalised lennud. 'X' – muud liiki lennud.
9	Õhusõiduki mark	Tähtnumbriline väli pikkusega 2-4 märki, millest vähemalt üks märk on täht, määramaks õhusõiduki tüübi.
	Õhusõiduki kategooria	Algab kaldkriipsuga '/', eraldamaks element. Väli võib olla väärtusega 'L' 'M' 'H'. 'L' – kerge, lubatud MTOW (<i>maximum takeoff weight</i> – maksimaalne õhkutõusu kaal) alla 7000 kg. 'M' – keskmine, lubatud MTOW vahemikus 7000 kg ja 136000 kg. 'H' – raske, lubatud MTOW üle 136000 kg.
10	Õhusõiduki varustus	Tähtedest koosnev väli, määramaks õhusõidukil olevat varustust. Järgneb kaldkriips '/' koos tähega 'N' 'S'. 'N' – varustus puudub või on kasutuskõlbmatu. 'S' – varustuse standard on täidetud ja kasutuskõlblik.
13	Lähtelennuväli ja aeg	Koosneb 4 tähelisest lähtelennuvälja koodist, millele võib järgneda 4 numbriline lennu stardiaeg (UTC – <i>Coordinated Universal Time</i> – aeg 24 tunni formaadis).
15	Marsruut	Väli sisaldab marsruuditunnust, olulisi teekonnapunkte, lennusuunda(sid) ja vahemaad punktide vahel. Väli ei sisalda lähte- ja sihtlennuvälja.

Väli	Tähendus	Süntaksi seletus
16	Sihtlennuväli ja aeg	Koosneb 4 tähelisest sihtlennuvälja koodist, millele võib järgneda 4 numbriline arvestuslik lennuaeg (UTC aeg 24 tunni formaadis).
18	Muu informatsioon	Väli sisaldab lennu kohta käivat mistahes muud informatsiooni.
22	Muudatus	Algab välja numbriga, milles on toimunud muudatus. Järgneb kaldkriips '/' ja muudatuse sisu, vastavalt antud välja reeglitele.

2.3.1 FPL sõnum

Lennuplaan (FPL) esitatakse lennuliiklusteeninduse üksusele piloodi või volitatud esindaja poolt [17].

FPL sõnum võib koosneda väljadest numbriga 3, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 16 ja 18.

Näide FPL sõnumist:

```
(FPL-DILFH-VG
-BN2P/L-SDG/S
-EEPU1030
-N0110VFR DCT
-EEKU0015
-OPR/LFH RMK/ARR REP BY PHONE TO EEPU AFIS DOF/120330)
```

Tabelis 2 on esitatud näitena toodud FPL sõnumist eraldatavad väljad.

Tabel 2 FPL sõnumist eraldatavad väljad

Välja number	Välja nimetus	Välja tähendus	Väärtus näites
3	msgtyp	Sõnumi tüüp	FPL
7	arcid	Õhusõiduki kutsung	DILFH
8	fltrul	Lennu reegel	V
	flttyp	Lennu tüüp	G
9	arctyp	Õhusõiduki mark	BN2P
	arccat	Õhusõiduki kategooria	L
10	arcequip	Õhusõiduki varustus	SDG/S
13	adep	Lähtelennuväli ja aeg	EEPU1030
15	route	Marsruut	N0110VFR DCT
16	ades	Sihtlennuväli ja aeg	EEKU0015

2.3.2 CHG sõnum

Muudatuse sõnum (CHG) saadetakse kõikidele lennuliiklusteeninduse üksustele, mis on saanud esitatud FPL sõnumi, kui lennuplaanis toimub mistahes muudatus [2].

CHG sõnum võib koosneda koosneb väljadest numbriga 3, 7, 13, 16, 18 ja 22.

Näide CHG sõnumist:

```
(CHG-DLH4TP-EFHK1135-EDDF-10/SDIPRWY/S  
-18/EET/EETT0008 EVRR0027 EYVL0042 UMKK0045 EPWW0050 EDUU0118  
EDGG0145 REG/DAILP OPR/DLH RMK/TCAS DOF/120330 RVR/200  
ORGN/EDDFDLHD)
```

Järgnevas tabelis 3 on esitatud näitena toodud CHG sõnumist eraldatavad väljad.

Tabel 3 CHG sõnumist eraldatavad väljad

Välja number	Välja nimetus	Välja tähendus	Väärtus näites
3	Msgtyp	Sõnumi tüüp	CHG
7	Arcid	Õhusõiduki kutsung	DLH4TP
13	Adep	Lähtelennuväli ja aeg	EFHK1135
16	Ades	Sihtlennuväli	EDDF
10*	arcequip	Õhusõiduki varustus	SDIPRWY/S

* Eraldatud väli number 10 tuleneb sõnumis olevast väljast number 22, mis näitab, millistes algse lennuplaani väljades on esinenud muudatused.

2.3.3 DEP sõnum

Väljumise sõnum (DEP) saadetakse vahetult pärast lennu väljumist lähtelennuvälja lennuliiklusteeninduse üksuse poolt kõigile teistele lennuliiklusteeninduse üksustele, mis on saanud esitatud FPL sõnumi, kui pole teisiti kokku lepitud. [2]

DEP sõnum võib koosneda koosneb väljadest numbriga 3, 7, 13, 16 ja 18.

Näide DEP sõnumist:

(DEP-CLX699D-UNNT0944-ELLX)

Tabelis 4 on esitatud näitena toodud DEP sõnumist eraldatavad väljad.

Tabel 4 DEP sõnumist eraldatavad väljad

Välja number	Välja nimetus	Välja tähendus	Väärtus näites
3	msgtyp	Sõnumi tüüp	DEP
7	arcid	Õhusõiduki kutsung	CLX699D
13	Adep	Lähtelennuväli ja aeg	UNNT0944
16	Ades	Sihtlennuväli	ELLX

2.3.4 ARR sõnum

Saabumise sõnum (ARR) saadetakse lähtelennuvälja lennuliiklusteeninduse üksusele teavitamiseks neid lennu saabumisest [2].

ARR sõnum võib koosneda koosneb väljadest numbriga 3, 7, 13, 16 ja 17.

Näide ARR sõnumist:

(ARR-FCM603B/A7355-ESSB-EETN0948)

Tabelis 5 on esitatud näitena toodud ARR sõnumist eraldatavad väljad.

Tabel 5 ARR sõnumist eraldatavad väljad

Välja number	Välja nimetus	Välja tähendus	Väärtus näites
3	msgtyp	Sõnumi tüüp	ARR
7	arcid	Õhusõiduki kutsung	FCM603B
	ssr	Sekundaarjälgimisradari kood	A7355
13	adep	Lähtelennuväli	ESSB
16	ades	Sihtlennuväli ja aeg	EETN0948

2.3.5 DLA sõnum

Hilinemise sõnum (DLA) saadetakse lähtelennuvälja lennuliiklusteeninduse üksusele ja kõikidele teistele lennuliikluse üksustele, mis on saanud esitatud FPL sõnumi, juhul, kui lennu eeldatavast algusest on möödunud rohkem kui 30 minutit [2].

DLA sõnum võib koosneda koosneb väljadest 3, 7, 13, 16 ja 18.

Näide DLA sõnumist:

(DLA-DLH4TP-EFHK1135-EDDF)

Tabelis 6 on esitatud näitena toodud DLA sõnumist eraldatavad väljad.

Tabel 6 DLA sõnumist eraldatavad väljad

Välja number	Välja nimetus	Välja tähendus	Väärtus näites
3	msgtyp	Sõnumi tüüp	DLA
7	arcid	Õhusõiduki kutsung	DLH4TP
13	adep	Lähtelennuväli ja aeg	EFHK1135
16	ades	Sihtlennuväli	EDDF

2.3.6 CNL sõnum

Lennuplaani tühistamise sõnum (CNL) saadetakse lähtelennuvälja lennuliiklusteeninduse üksusele ja kõikidele teistele lennuliikluse üksustele, mis on saanud esitatud FPL sõnumi, juhul, kui lend on tühistatud [2].

CNL sõnum võib koosneda koosneb väljadest 3, 7, 13, 16 ja 18.

Näide CNL sõnumist:

(CNL-FIN1836-LCPH0900-EFHK)

Tabelis 7 on esitatud näitena toodud CNL sõnumist eraldatavad väljad.

Tabel 7 CNL sõnumist eraldatavad väljad

Välja number	Välja nimetus	Välja tähendus	Väärtus näites
3	msgtyp	Sõnumi tüüp	CNL
7	arcid	Õhusõiduki kutsung	FIN1836
13	adep	Lähtelennuväli ja aeg	LCPH0900
16	ades	Sihtlennuväli	EFHK

2.4 ADEXP formaadis sõnumid

ADEXP standard määrab kindlaks lennuinfo sõnumite formaadi ja ülesehituse reeglid lennuinfo vahetuseks. ADEXP on tekstiline formaat, mis põhineb tähemärkidel. Tekstiline formaat on arusaadavam ja inimloetav, mis võimaldab ADEXP formaadis sõnumite parema mõistmise. ADEXP formaadis sõnum koosneb väljadest, mis on eraldatud omavahel uue välja algust tähistava sidekriipsu märgiga „-“ ja tuvastatav konkreetse märksõna abil. [8]

ADEXP formaat määrab hulga eriotstarbelisi sõnumeid, millest antud süsteemis on lennuinfo edasikandmiseks kasutusel 2 põhilist:

1. BFD (*Basic Flight Data Message*) – esmane lennuplaani sõnum.
2. CFD (*Change to Flight Data Message*) – lennuplaani muudatuse sõnum.

Antud süsteemis kasutusel olevate väljade süntaksi lekseem ADEXP formaadis sõnumite puhul [8]:

```
ALPHA ::= 'A'|'B'|'C'|'D'|'E'|'F'|'G'|'H'|'I'|'J'|'K'|'L'|'M'|'N'|'O'|'P'|'Q'|'R'|'S'|'T'|'U'|'V'|'W'|'X'|'Y'|'Z'  
DIGIT ::= '0'|'1'|'2'|'3'|'4'|'5'|'6'|'7'|'8'|'9'  
ALPHANUM ::= ALPHA | DIGIT  
SPACE ::= '  
SPECIAL ::= SPACE | '(' | ')' | '?' | ':' | '!' | ',' | '"' | '=' | '+' | '/'  
FEF ::= Carriage_return | Line_Feed  
LIM_CHAR ::= ALPHA | DIGIT | SPECIAL | FEF
```

Järgnevas tabelis 8 on välja toodud antud süsteemi poolt toetavate sõnumite vajalike väljade semantika ja süntaks ADEXP formaadis sõnumite puhul.

Tabel 8 ADEXP formaadis sõnumite väljad

Välja nimetus	Semantika	Süntaks
msgtyp	Sõnumi tüüp	'-' "TITLE" 1{ALPHA}10
arcid	Õhusõiduki kutsung	'-' "ARCID" 2{ALPHANUM}7
fltrul	Lennu reegel	'-' "FLTRUL" 'T' 'V' 'Y' 'Z'
flttyp	Lennu tüüp	'-' "FLTTYP" 'S' 'N' 'G' 'M' 'X'
arctyp	Õhusõiduki mark	'-' "ARCTYP" ALPHA ! 1{ALPHANUM}3 'ZZZZ'
arccat	Õhusõiduki kategooria	'-' "WKTRC" 'H' 'M' 'L' 'J'
arcequip	Õhusõiduki varustus	'-' "SEQPT" ["N"] (1{ ("I" "P" "X") "A" "C"}3) 1{ "A" "C" "E" "H" "L" "S"}6 [1{ "B1" "B2" "D1" "G1" "U1" "U2" "V1" "V2"}8]
adep	Lähtelennuväli ja aeg	'-' "ADEP" 4{ALPHA}4 'AFIL' 'ZZZZ'
ades	Sihtlennuväli ja aeg	'-' "ADES" 4{ALPHA}4 'ZZZZ'
ssr	Sekundaarjälgimisradar (SSR kood)	'-' "SSRCODE" 'A' ! 4{ '0' '1' '2' '3' '4' '5' '6' '7' }4 'REQ'
route	Marsruut	'-' "ROUTE" {LIM_CHAR}

2.4.1 BFD sõnum

Lennuplaani sõnum (BFD) koosneb lennu täpsetest andmetest koos uuenduste ja lisateabega. Sõnumi tüüp, õhusõiduki kutsung, sõnumi number ja SSR kood on kohustuslikud väljad [9].

Näide BFD sõnumist:

```
-TITLE BFD -ADEP ENRY -ADES EETN -ARCID RYR1341 -ARCTYP B738 -FILTIM  
301007 -FLTRUL I -NBARC 1 -PREVSSRCODE A6133 -REFDATA -SENDER -FAC  
EETNYFYX -RECVR -FAC AIRSZQZX -SEQNUM 342 -ROUTE N0460F370 ELVOM  
P850 MASEV P607 APTUG M851 NISIX UM851 OSMUR OSMUR3B -BEGIN RTEPTS -  
PT -PTID OSTOT -FL F250 -ETO 1203301022 -PT -PTID LARKU -FL F010 -ETO  
1203301033 -END RTEPTS -SSRCODE A6133 -WKTRC M
```

Tabelis 9 on esitatud näitena toodud BFD sõnumist eraldatavad väljad.

Tabel 9 BFD sõnumist eraldatavad väljad

Välja nimetus	Väärtus näites
msgtyp	BFD
arcid	RYR1341
fltrul	I
arctyp	B738
arccat	M
adep	ENRY
ades	EETN
ssr	A6133
route	N0460F370 ELVOM P850 MASEV P607 APTUG M851 NISIX UM851 OSMUR OSMUR3B

2.4.2 CFD sõnum

Lennuplaani muudatuse sõnum (CFD) koosneb varem saadetud lennuandmete muudatusest. Sõnumi tüüp, õhusõiduki kutsung, sõnumi number ja viide on kohustuslikud väljad [9].

Näide CFD sõnumist:

```
-TITLE CFD -ADEP EETN -ADES LEGE -ARCID RYR9376 -FILTIM 300945 -FPLSTAT  
C -MSGREF -SENDER -FAC EETNYFYX -RECVR -FAC AIRSZQZX -SEQNUM 323 -  
REFDATA -SENDER -FAC EETNYFYX -RECVR -FAC AIRSZQZX -SEQNUM 330 -  
BEGIN RTEPTS -PT -PTID LONSA -FL F360 -ETO 1203300937 -PT -PTID LATEG -FL  
F380 -ETO 1203300955 -END RTEPTS -SSRCODE A4017
```

Tabelis 10 on esitatud näitena toodud BFD sõnumist eraldatavad väljad.

Tabel 10 CFD sõnumist eraldatavad väljad

Välja nimetus	Väärtus näites
msgtyp	CFD
arcid	RYR9376
adep	EETN
ades	LEGE
ssr	A4017

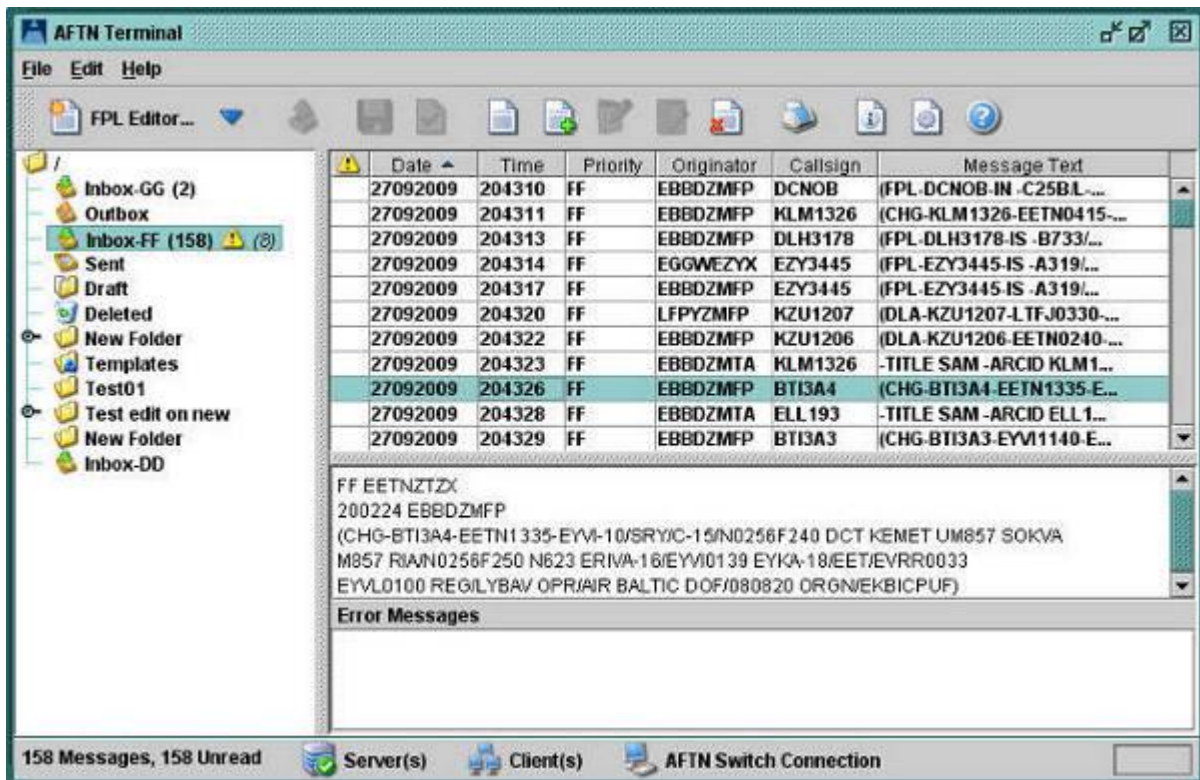
3. Nõuded süsteemile

Käesolevas peatükis tuuakse näide sarnasest olemasolevast süsteemist ning püstitatakse nõuded uuele süsteemile.

3.1 Teised süsteemid

Järgnev joonis 3 on illustreerimaks Flight ATM Systems-ile kuuluvat süsteemi AFTN Terminal Application. Süsteem on parem kui tavaline tekstiterminal – eksisteerib sõnumite järjestuse ja väljade eraldamise funktsioon. Süsteem võimaldab sõnumeid eristada, sorteerida ja otsida kutsungi (joonisel 3 „*Callsign*“ väli), saatja (joonisel 3 „*Originator*“ väli) ning aja järgi. [1]

Mitmetel lennuinfo tarbijatel on kasutada rohkem lihtsustatud süsteemid, kus operatori kasutuses on tavaline tekstiterminal. Teadete töötlus käib visuaalselt ning otsing on tavaline alamteksti otsing suuremast tekstijadast.



Joonis 3 AFTN Terminal Application

3.2 Mittefunktsionaalsed nõuded

Järgnevas tabelis 11 on välja toodud loodava süsteemi mittefunktsionaalsed nõuded koos verifitseerimise meetodiga.

Tabel 11 Süsteemi mittefunktsionaalsed nõuded

Nõude identifikaator	Nõue	Verifitseerimise meetod
M_01	Andmete vastuvõtu moodul töötab hooldusvabalt aastaringset 24/7.	Analüüs
M_02	Andmete vastuvõtu moodul töötab probleemideta nii suve- kui ka talveajale üleminekul.	Analüüs
M_03	Kliendi moodul toetab brauserite Chrome, Mozilla Firefox ja Opera kõige uuemaid versioone. Ning Internet Explorer versioone 9-11.	Analüüs
M_04	Tarkvara peab töötama hooldusvabalt – operaator ega süsteemi administraator ei pea käsitsi algatama arhiveerimise ega kustutamise tegevusi.	Analüüs
M_05	Kasutajaliides peab olema ergonoomiline ja kaasaegne.	Demonstratsioon
M_06	Kliendi mooduli tegevuste reaktsiooniaeg peab olema alla sekundi.	Demonstratsioon

3.3 Funktsionaalsed nõuded

Järgnevates alapunktides on välja toodud loodava süsteemi funktsionaalsed nõuded koos verifitseerimise meetodiga.

3.3.1 Lennuinfo sõnumite vastuvõtmine ja salvestamine

Tabelis 12 on välja toodud lennuinfo vastuvõtmise ja salvestamise kohta käivad funktsionaalsed nõuded.

Tabel 12 Lennuinfo sõnumite vastuvõtmise ja salvestamise nõuded

Nõude identifikaator	Nõue	Verifitseerimise meetod
F_01	Tarkvara loob lennuinfo sõnumite saamiseks TCP ühenduse lennuinfo keskusesse.	Test
F_02	TCP ühenduse katkemisel lennuinfo keskusega üritab tarkvara automaatselt ühendust taastada 30-sekundiliste intervallide tagant.	Test

Nõude identifikaator	Nõue	Verifitseerimise meetod
F_03	Lennuinfo sõnumid tuvastatakse andmevoost automaatselt.	Test
F_04	Tuvastatud sõnumitele omistatakse saabumise kuupäev ja kellaaeg.	Test
F_05	Tuvastatud sõnumilt eemaldatakse transpordiümbrik – transpordipäis ja -jalus.	Test
F_06	Sõnumist loetakse eristatakse automaatselt järgmised väljad: <ol style="list-style-type: none"> 1. Sõnumi tüüp 2. Õhusõiduki kutsung 3. Lennu reegel 4. Lennu tüüp 5. Õhusõiduki mark 6. Õhusõiduki kategooria 7. Õhusõiduki varustus 8. Lähtelennuväli ja aeg 9. Sihtlennuväli ja aeg 10. Marsruut 11. Sekundaarjälgimisradari kood Sõnumi väljale vastava info puudumisel jääb antud väli tühjaks.	Test
F_07	Automaatselt eristatakse informatsioon järgnevatest sõnumi tüüpidest: <ol style="list-style-type: none"> 1. ICAO formaadis sõnumid: <ol style="list-style-type: none"> a. FPL sõnum b. CHG sõnum c. DEP sõnum d. ARR sõnum e. DLA sõnum f. CNL sõnum 2. ADEXP formaadis sõnumid: <ol style="list-style-type: none"> a. BFD sõnum b. CFD sõnum Muud sõnumid lähevad edasisse töötlusesse ilma andmeväljade automaatse eristuseta.	Test

3.3.2 Andmebaas

Tabelis 13 on välja toodud funktsionaalsed nõuded andmebaasile.

Tabel 13 Andmebaasi nõuded

Nõude identifikaator	Nõue	Verifitseerimise meetod
F_08	Vastuvõetud sõnumid ja nendest eristatud andmeväljad salvestatakse andmebaasi.	Test
F_09	Andmebaas võimaldab hoiustada kuni 90 päeva lennuinfo sõnumid – suurusjärgus 200 000 sõnumit.	Test
F_10	Vanemad andmed kui 90 päeva kustutatakse automaatselt uue päeva alguses.	Test

3.3.3 Kasutajaliides

Järgnevas tabelis 14 on välja toodud funktsionaalsed nõuded kasutajaliidesele.

Tabel 14 Kasutajaliidese nõuded

Nõude identifikaator	Nõue	Verifitseerimise meetod
F_11	Lennuinfo esitatakse tabelandmetena.	Demonstratsioon
F_12	Põhitabel jaotub väljadeks vastavalt sõnumist automaatselt eristatud informatsioonile (nõue F_06).	Demonstratsioon
F_13	Põhitabeli read moodustuvad vastuvõetud sõnumitest, kus iga sõnum on eraldi real.	Demonstratsioon
F_14	Põhitabeli read on sorteeritud ajalises järjestuses.	Demonstratsioon
F_15	Valitud reall peab saama kuvada vastavat sõnumit algupärasel tekstikujul.	Demonstratsioon
F_16	Read, mis ei mahu ekraaniaknasse on kättesaadavad kerimisriba abil.	Demonstratsioon
F_17	Kasutaja saab valida ajavahemikku, mille kestel olevad sõnumeid soovitakse näha. Valitava ajavahemiku pikkus päevades on vabalt määratav vahemikus 1 kuni 90 päeva.	Demonstratsioon
F_18	Ajavahemiku valimisel on kasutada kiirvalikud 1, 3, 7, 30 ja 90 päeva.	Demonstratsioon
F_19	Põhitabelile saab määrata esitusfiltrit, mis realiseerib hajusotsingu üle mitme välja.	Demonstratsioon

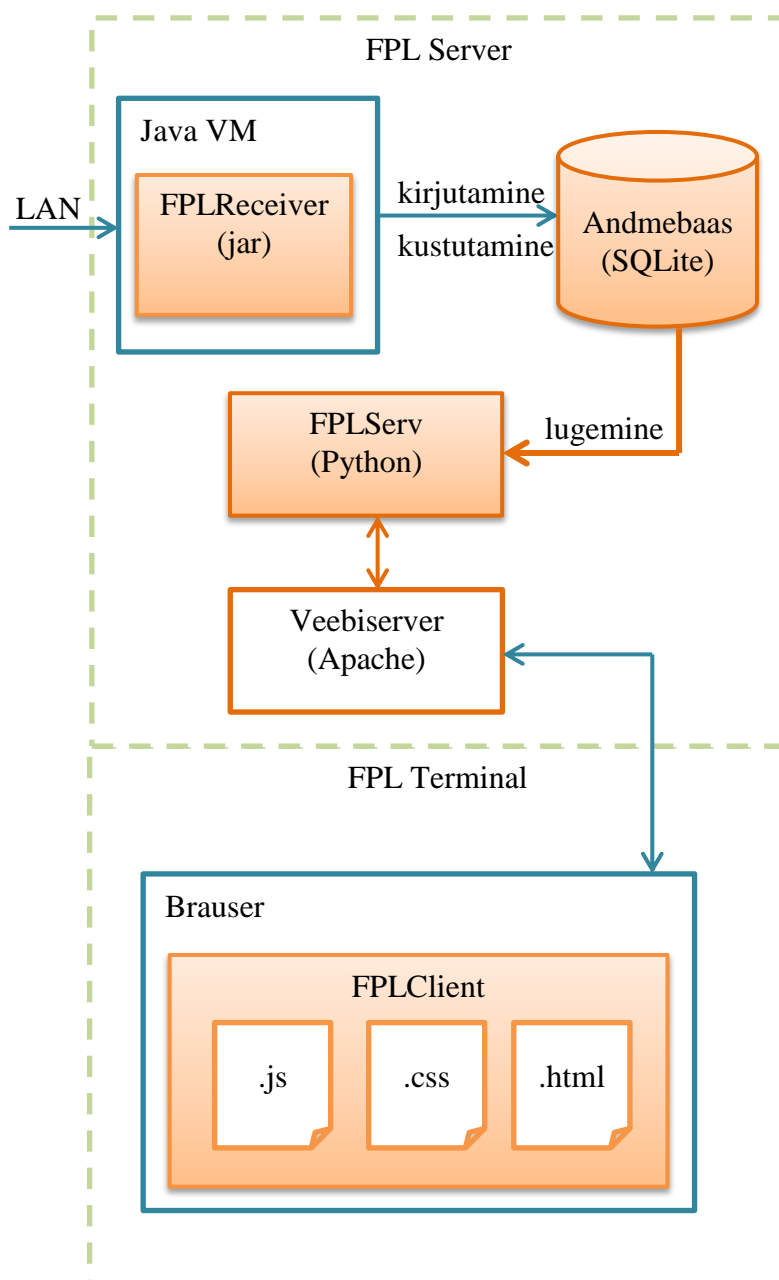
Nõude identifikaator	Nõue	Verifitseerimise meetod
F_20	Hajusotsingut on võimalik rakendada kõikidele väljadele, mis on esitatud nõudes F_06.	Demonstratsioon
F_21	Kiirvalikuga on võimalik tühistada otsingu tingimust.	Demonstratsioon
F_22	Uued vastuvõetud sõnumid kuvatakse kasutajale automaatselt, juhul, kui nad vastavad seatud filtrile.	Demonstratsioon
F_23	90 päeva vanuste andmete automaatsel kustutamisel peab kliendi tarkvara adekvaatselt reageerima ega tohi enam näidata aegunud ja kustunud andmeid.	Demonstratsioon

4. Ülevaade süsteemist

Antud peatükis käsitletakse lennuinfot tarbiva süsteemi arhitektuuri ning antakse ülevaade kasutatavatest tehnoloogiatest.

4.1 Lennuinfo süsteemi arhitektuur

Järgneval joonisel 4 on näha lennuinfo süsteemi arhitektuuri.



Joonis 4 Lennuinfo süsteemi arhitektuur

Süsteem koosneb FPLReceiver-ist, andmebaasist, FPLServer-ist ja FPLClient-ist:

1. FPLReceiver

Moodul lennuinfo sõnumite vastuvõtmiseks ja salvestamiseks:

- Sõnumite vastuvõtmine ja tuvastamine üle TCP ühenduse.
- Sõnumilt transpordiümbriku eemaldamine.
- Automaatne väljade eristamine sõnumist.
- Sõnumite salvestamine andmebaasi.

Realiseeritud Java programmina.

2. Andmebaas

Moodul lennuinfo sõnumite talletamiseks:

- Lennuinfo sõnumite hoiustamine kuni 90 päeva.

Realiseeritud SQLite relatsioonilise andmebaasi failina.

3. FPLServer

Moodul andmebaasist lennuinfo andmete vahendamiseks klientidele.

Realiseeritud Python-is.

4. FPLClient

Moodul lennuinfo andmete esituseks operaatoritele:

- Lennuinfo kuvamine tabelandmetena.
- Kuvatavatele sõnumitele ajavahemiku ja esitusfiltri määramine.
- Sõnumi kuvamine algupärasel kujul.

Realiseeritud kasutades JavaScript-i (AngularJS), HTML-i ja CSS-i (Bootstrap, Font Awesome).

4.2 Kasutatavad tehnoloogiad

Käesolevas peatükis vaadeldakse lähemalt süsteemis kasutatavaid tehnoloogiad. Kõik tehnoloogilised komponendid on järgnevates alampunktides eraldi välja toodud.

4.2.1 Java

Java on objektorienteeritud programmeerimiskeel, mille peamiseks arendajaks on Oracle Corporation. Java esimene versioon avaldati 1995. aastal Sun Microsystems-i poolt. Java peamiseks põhimõteteks loomise hetkel oli muuhulgas see, et ta oleks lihtne, objektorienteeritud, turvaline, kaasaskantav ja suure jõudlusega. [13, 25]

Java on vabavaraline ja platvormist sõltumatu, pakkudes häid sisend-väljund, võrgustiku ja andmebaasiühenduse rakendusliideseid süsteemis kasutusolevale lennuinfo sõnumite vastuvõtu, töötlemise ja salvestamise moodulile. Java lihtsustab dokumenteerimisega struktureeritud koodi loomist ning aitab vältida programmeerimisvigu, eriti mäluhalduse puhul.

4.2.2 SQLite

SQLite on D. Richard Hipp poolt arendatud relatsiooniline andmebaas, mille esimene väljaanne oli 2000. aasta augustis [22, 23]. SQLite transaktsioonid on järjekindlad, eraldatud ja vastupidavad isegi süsteemi kokkujooksmisel ning volukatkestuse puhul. SQLite ei vaja konfigureerimist ega administreerimist ning kogu andmebaas on salvestatud ühte faili. [21]

SQLite-l on siduvused mitmete programmeerimiskeeltega, sealhulgas antud süsteemis kasutatavate Java ja Pythoniga. SQLite võtab vähe ressursi. Tema omadused sobivad hästi antud süsteemile:

1. Andmebaasis on üksainus tabel.
2. Andmebaasi kirjutab samaaegselt ainult 1 protsess.
3. Korraga võib lugeda mitu klienti.
4. Administreerimise puudumine.

Rakenduse prognoositud kirjete arv 90 päeva peale on umbkaudu 200 000 kirjet. SQLite-t kasutatav rakendus suhtleb otse andmebaasi failiga, mitte läbi kommunikatsiooniliideste, muutes ta väga kiireks ja tõhusaks [19].

4.2.3 Python

Python on laialdaselt kasutatav kõrgtasemeline programmeerimiskeel, mida arendab Python Software Foundation [20]. CGI moodul on osa Pythoni põhilisest teegist [7].

Süsteemis on kasutusel küllaltki õhuke server – ainult andmebaasist andmete lugemiseks ja kliendile edastamiseks, mitte lehekujunduse jaoks. Olles kiire, võimas, lihtsalt kirjutatav ja loetav, sobib Python süsteemi serveriks, mille põhirõhk on andmebaasi päringute tegemisel.

4.2.4 AngularJS

AngularJS on avatud lähtekoodiga veebirakenduse raamistik, mida haldab Google ja individuaalsete arendajate kogukond. Angular-i eesmärgiks on lihtsustada arendamist ja testimist, pakkudes kliendi pool mudel-vaade-kontroller (MVC – *Model-View-Controller*) arhitektuuri. [3, 4]

AngularJS lihtsustab oluliselt koodi kirjutamist rakenduses, mis tegeleb andmete kuvamisega, eriti kui enamus funktsionaalsust toimub kliendi poolel – serverilt saadakse ainult andmed, nende kujutamise tegeleb klient.

Lisaks on süsteemis kasutusel Angular-i moodulid AngularStrap kuupäeva valimiseks ja aknasüsteemi kuvamiseks, Angular Snap parem- ja vasakpoolse riuli avamiseks ja Smart table põhitabelis andmete kuvamiseks.

4.2.5 Bootstrap ja Font Awesome

Bootstrap on vabavaraline front-end raamistik veebiarenduse lihtsustamiseks ja kiirendamiseks, sisaldades HTML-il ja CSS-il põhinevaid kujundusmalle. Bootstrap-i on lihtne kasutada, kui omatakse HTML-i ja CSS-i baasteadmisi. Samuti ühildub Bootstrap kõigi kaasaegsete brauseritega. [6]

Bootstrap-il on palju valmis kirjutatud ilusaid baaskujunduse elemente, mis vähendavad oluliselt koodikirjutamist ning hoiavad aega kokku. Kasutajaliides on esteetiline ning seda on mugav ja hea kasutada.

Font Awesome on vabavaraline front-end ikoonikomplekt, mida saab kohandada vastavalt soovile [10].

5. Süsteemi lahendus

Järgnevas peatükis antakse ülevaade süsteemi lahendusest. Eraldi on välja toodud süsteemi erinevate moodulite lahendused. Samuti on lähemalt kirjeldatud olulisemate probleemide lahendamist.

5.1 FPLReceiver

FPLReceiver nimeline moodul on kasutusel lennuinfo sõnumite vastuvõtmiseks üle TCP ühenduse, sõnumite tuvastamiseks ja eeltötluseks ning andmebaasi salvestamiseks. Moodul on kirjutatud Java-s ning käivitatakse kasutusreegli „-r host port -db dbpath“ alusel, kus host, port ja andmebaas, kuhu vastuvõetud sõnumeid kirjutada, on kohustuslikud parameetrid. Kõik lennuinfo sõnumid, mis võetakse vastu sellelt hostilt ja pordilt, salvestatakse andmebaasi väljadeks eraldatuna.

TCP ühendus luuakse vastavalt käsurealt ette antud hosti ja pordi numbri parameetritele. Moodul kontrollib ühenduse olemasolu ning selle katkemisel sulgeb ühenduse ja proovib iga poole minuti tagant uuesti lennuinfo tarnijaga ühendust võtta.

Lennuinfo sõnumid tuvastatakse andmevoost automaatselt ning neile omistatakse saabumise kuupäev ja kellaaeg.

5.1.1 Kasutus simuleerijana

Sama programmi on võimalik kasutada ka kui simulaatorit, mis imiteerib lennuinfot jagava süsteemi tööd. Simuleerija käivitamine toimub kasutusreegli „[-d DD/MM/YY] -s port filename“ alusel, kus pordi ja sõnumite andmefaili etteandmine on kohustuslik. Kuupäev on valikuline – kui see puudub, määrab programm saadetavate sõnumite kuupäevaks automaatselt tänase päeva.

Simuleerija loeb andmed käsurealt ette antud tekstifailist, kuhu on järjestikku maha salvestatud päeva jooksul saabunud lennuinfo sõnumid originaalkujul (testandmestik). Ette antud pordilt võetakse vastu sissetulev TCP ühendus FPLReceiver-ilt ning hakatakse talle edastama failist loetavaid lennuinfo sõnumeid, imiteerides sellega lennuinfo tarnijat.

5.1.2 Vastuvõetud sõnumi transpordipäis ja –jalus

ICAO ja ADEXP formaadis sõnumid sisaldavad algsel kujul ka transpordipäist ja –jalust, milles esinevad mitte printitavad erimärgid. Lennuinfo andmete salvestamisel andmebaasi pole transpordipäis ega –jalus vajalikud, seega need eemaldatakse, et eraldada välja oluline osa – sõnumi tekst.

Sõnumi päis algab erimärgiga SOH (ASCII – *American Standard Code for Information Interchange* – kood 01), millele järgneb transpordipäise tekstiline osa. Sõnumi tekst algab teksti algust tähistava erimärgiga STX (ASCII kood 02) ja lõpeb transpordijalusega, mis koosneb tabulatsiooni erimärgist VT (ASCII kood 11) ja teksti lõppu tähistavast erimärgist ETX (ASCII kood 03). [5]

Näide ICAO sõnumist koos transpordipäisega ja -jalusega, kus märkide „<” ja „>” vahel on mitte printitav erimärk:

```
<SOH> EET531 030738  
FF EETTZQZX  
030738 EUCBZMFP  
<STX>(DEP-ETD141/A3722-OMAA0737-CYYZ)  
<VT><ETX>
```

5.1.3 Sõnumi väljadeks eraldamine

Automaatselt eristatakse informatsiooni ICAO formaadis FPL, CHG, DEP, ARR, DLA ja CNL sõnumist ning ADEXP formaadis BFD ja CFD sõnumist. Mõlemas formaadis on sõnumitüüpe veelgi, seega sõnum, mille tüüp ei kuulu eelpool loetletusse, salvestatakse andmebaasi ilma andmeväljade automaatse eristusega täites ainult originaalteksti välja.

Automaatselt eristatakse sõnumist sõnumi tüüp, õhusõiduki kutsung, lennu reegel, lennu tüüp, õhusõiduki mark, kategooria ja varustus, lähtelennuväli ja aeg, sihtlennuväli ja aeg, marsruut ning SSR kood. Vastava info puudumisel jäetakse antud väli tühjaks.


5.2 Andmebaas

Andmebaasi moodul on kasutusel lennuinfo sõnumite hoiustamiseks kuni 90 päeva. Vanemad sõnumid kustutatakse vastuvõtumooduli poolt automaatselt. Andmebaasi on salvestatud vastuvõetud sõnumid ja nendest eristatud andmeväljad.

Järgneval joonisel 5 on ära näidatud süsteemis kasutusel oleva andmebaasi skeem. Nagu jooniselt näha koosneb andmebaas ühest tabelist nimega „Messages“. Samuti on joonisel ära näidatud tabeli väljade nimetused koos tüüpidega, samuti võtmeväli.

Väljade grupid:

- Võtmeväli (*time*)
Selleks on sõnumi saabumise kellaaeg esitatuna sekundites alates 01.01.1970.
Selle välja järgi toimuvad kõik andmebaasipäringud.
- Sõnumi tüüp (*msgtyp*)
- Eristatud andmeväljad (*arcid* kuni *ssr*)
Sõnumitest automaatselt eristatud väljad. Võivad olla täitmata.
- Originaalkujul sõnum (*message*)



Messages	
time	INTEGER PK
msgtyp	CHAR (3)
arcid	CHAR (7)
filtrul	CHAR (1)
flttyp	CHAR (1)
arctyp	CHAR (4)
arccat	CHAR (1)
arcequip	CHAR (64)
adep	CHAR (8)
ades	CHAR (8)
route	TEXT
ssr	CHAR (5)
message	TEXT

Joonis 5 Andmebaasi skeem

5.3 FPLServer

Kiirendamiseks süsteemi tööd toimub sõnumite filtreerimine serveri poolel. FPLServer nimeline moodul on kliendilt tulevate päringute täitmiseks ja andmebaasiga suhtlemiseks. Mahukate vastustega päringute (üle kogu andmestiku) kiirendamiseks on antud süsteemis kasutusele võetud niinimetatud sõnumite indeks. Indeks on massiiv seatud ajavahemikule ja filtreerimistingimustele vastavate sõnumite identifikaatoritest (aja- ehk võtmeväli). Moodul teostab kahte operatsiooni – indeksi leidmine, identifikaatorite järgi kirjade leidmine. Mõlemal juhul tagastatakse kliendile vastus JSON (*JavaScript Object Notation*) formaadis.

Esmalt saab klient serverimooduli kaudu pärida sõnumite indeksit ehk esitustingimustele vastavate sõnumite loetelu. Indeksi saamiseks leitakse kõigepealt kirjed vastava ajavahemiku (algus ja lõpp UTC ajana) järgi. Järgnevalt filtreeritakse kirjed seatud hajusotsingu filtri järgi. Kliendile tagastatakse indeks ehk massiiv kirjade identifikaatoritest vastavalt määratud ajavahemikule ja esitusfiltrile.

Sõnumite (kõikide väljade) päring käib ette antud identifikaatorite järgi. Kliendi tarkvara saab pärida sõnumeid ühe, mitme või bloki kaupa, tagades niimoodi kontrolli päritava andmestiku mahu üle. Kliendile tagastatakse massiiv identifikaatoritele vastavate sõnumite kõikide väljade väärtustest.

5.4 FPLClient

FPLClient nimeline moodul on kasutuses kasutajaliidese realiseerimiseks. Funktsionaalsuse täitmiseks kasutatakse AngularJS-i, kujunduses Bootstrap-i ning Font Awesome-i. Järgnevates alapeatükkides on FPLClient jagatud vastavalt erinevatele toimingutele, mida on võimalik selles moodulis teostada.

5.4.1 Põhitabel ja selle lehitsemine

FPLClient moodulis esitatakse lennuinfo sõnumid tabelandmetena. Iga vastuvõetud sõnum on eraldi real ning jaotub vastavalt eristatud informatsioonile väljadeks. Sõnumite filtreerimine toimub serveri poolel ning kliendini jõuavad ainult konkreetsel leheküljel kuvatavad sõnumid nagu näha joonisel 6.

Esimese serverile tehtava andmepäringuga, mis koosneb määratud ajavahemikust ja esitusfiltrist, saadakse serverilt tagasi sõnumite identifikaatorite loend. Olenevalt sellest, millise lehekülje sõnumeid soovitakse näidata, tehakse serverile lisapäring indekseid järgi antud lehele mahtuvate sõnumite sisu küsimiseks. See vähendab oluliselt korruga saadetavat andmemahutu ning kiirendab süsteemi tööd.

Põhitabeli automaatseks uuendamiseks toimub AngularJS funktsiooni „\$interval“ kasutades regulaarset päringut küsimaks, kas andmebaasi on peale viimast teadaolevat kirjet uusi sõnumeid lisatud. Juhul kui on, lisatakse kirjed automaatselt vastavalt määratud filtreerimistingimustele põhitabelisse.

Date	Time	Type	Aircraft ID	Departure	Arrival	FType	FRule	ArcType	Cat	Equipment	SSR	Route
+ 09/03/2015	11:05:43	CFD	RYR9376	EETN	LEGE						A4017	
+ 09/03/2015	11:05:57	DEP	CLX699D	UNNT0944	ELLX							
+ 09/03/2015	11:06:05	FPL	RYR4974	EDDW0545	EETN0225	S	I	B738	M	SPRWY/S		N0460F370 WSR7K WSR
+ 09/03/2015	11:06:29	CFD	THY1761	LTBA	EFHK						A7714	
+ 09/03/2015	11:07:20	CFD	RYR9376	EETN	LEGE						A4017	
+ 09/03/2015	11:07:40	BFD	TSO575	UUEE	MDPC		I	B744			A4022	N0491F300 AR07D AR DCT
+ 09/03/2015	11:07:48	DEP	FIN794M	LIMC0945	EFHK						A0422	
+ 09/03/2015	11:09:03	DEP	CLX648	ELLX0944	ZBAA							
+ 09/03/2015	11:09:44	ARR	FCM603B	ESSB	EETN0948						A7355	
+ 09/03/2015	11:09:51	FPL	MOSPB	LSGS0700	ULLI0311	G	I		M	SGHIRWXYZ/S	A6203	N0329F190 SPR Z64
+ 09/03/2015	11:10:02	DEP	CSA1EP	LKPR0949	ULLI							
+ 09/03/2015	11:10:19	BFD	MOSPB	LSGS	ULLI		I	GALX			A6203	N0329F190 SPR Z64
+ 09/03/2015	11:10:20	CFD	MOSPB	LSGS	ULLI						A6203	
+ 09/03/2015	11:10:32	CFD	RYR9376	EETN	LEGE						A4017	
+ 09/03/2015	11:11:21											
+ 09/03/2015	11:12:22	ARR	DLH2436	EDDM	EETN0951						A6215	
+ 09/03/2015	11:12:56	FPL	FIN733	EFHK1420	LEMG0406	S	I	A321	M	SDGJPRWXYZ/S		N0462F300 DOBAN UP739
+ 09/03/2015	11:13:04	BFD	AFR129	ZBAA	LFPG		I	B77W			A4020	N0485F302 YV B334 GM
+ 09/03/2015	11:13:17											
+ 09/03/2015	11:14:01	BFD	ELL174	EHAM	EETN		I	CRJ9			A3137	N0444F370 ANDIK UN873

First < 1 of 434 > Last

Joonis 6 Lennuinfo sõnumite põhitabel

5.4.2 Ajavahemiku valimine

Süsteem võimaldab hoiustada lennuinfo sõnumeid kuni 90 päeva. Sellest lähtuvalt saab kasutaja nii AngularJS mooduli AngularStrap poolt pakutavat kalendrit kasutades kui ka ise kuupäeva sisestades, määrata kuvatavatele sõnumitele ajavahemikku 1 kuni 90 päeva nagu näha jooniselt 7 ja 8. Ajavahemiku valimine määrab ära, millise aja kestel soovitakse sõnumeid näha.

Samuti on kasutada ajavahemiku valimisel kiirvalikud 1, 3, 7, 30 ja 90 päeva. Kiirvalikut valides määratakse alguskuupäev lõppkuupäevast automaatselt tagasi vastavalt valiku väärtusele. Samas ei saa kiirvalikut kasutades siiski ületada kuni 90 päeva ajaloo piirangut.

The screenshot shows a user interface for selecting a date range. It features two date input fields: 'From' with the value '09/03/2015' and 'To' with the value '30/04/2015'. Below these fields is a green button labeled 'Set Period'. Underneath, there is a section titled 'Quick selections' with five options: '1 day', '3 day', '7 day', '30 day', and '90 day'.

Joonis 7 Ajavahemiku valimine

This screenshot shows the same date selection interface as in Figure 7, but with a calendar view open for April 2015. The calendar has a header 'April 2015' with left and right navigation arrows. The days of the week are listed as 'Mon', 'Tue', 'Wed', 'Thu', 'Fri', 'Sat', and 'Sun'. The date '30' is highlighted in a green box, indicating it has been selected as the end date.

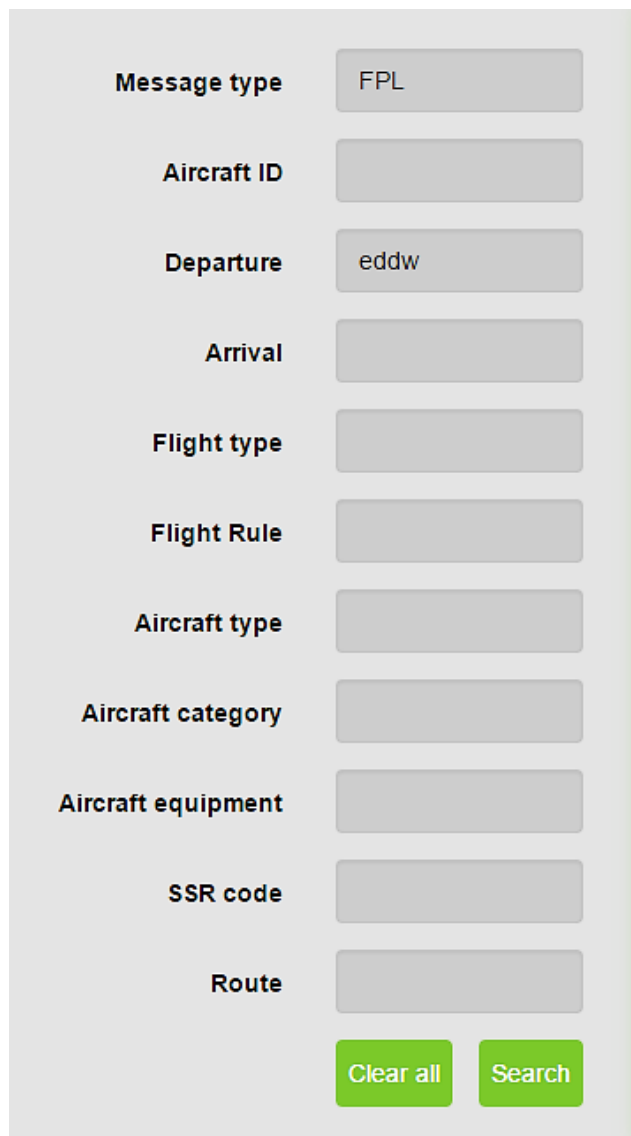
Joonis 8 Ajavahemiku valimine kalendri abil

5.4.3 Hajusotsing

Põhitabelile saab rakendada hajusotsingu funktsiooni üle kõikide väljade, sealjuures ka mitmele väljale korraga. Samuti saab hajusotsingu tingimust tühistada kiirvalikuga.

Kliendi poolel saadetakse serverile need parameetrid, mis väljad on otsingus täidetud. Serveri poolel leitakse seatud hajusotsingu tingimustele vastavad kirjed ning kliendile tagastatakse massiivina nende kirjete identifikaatorid.

Näide hajusotsingust on järgneval joonisel 9.

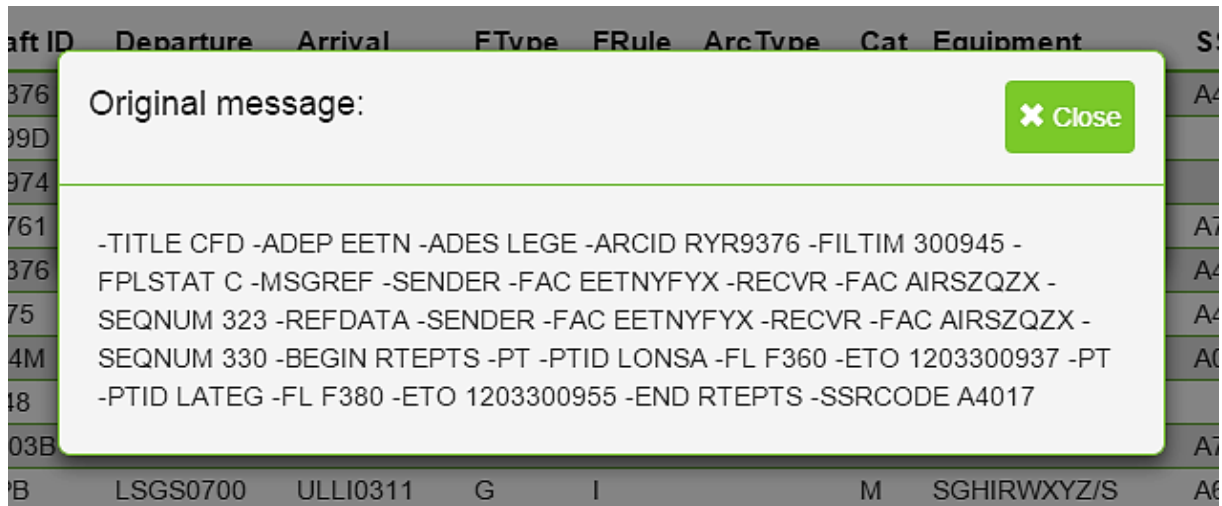


Message type	<input type="text" value="FPL"/>
Aircraft ID	<input type="text"/>
Departure	<input type="text" value="eddw"/>
Arrival	<input type="text"/>
Flight type	<input type="text"/>
Flight Rule	<input type="text"/>
Aircraft type	<input type="text"/>
Aircraft category	<input type="text"/>
Aircraft equipment	<input type="text"/>
SSR code	<input type="text"/>
Route	<input type="text"/>
	<input type="button" value="Clear all"/> <input type="button" value="Search"/>

Joonis 9 Hajusotsing

5.4.4 Originaalkujul sõnum

Süsteem võimaldab näidata sõnumit originaalkujul. Selleks on iga rida varustatud vastava nupuga, millele vajutades avaneb originaalkujul teate vaade. Sõnumi kuvamiseks on kasutusel AngularJS-i moodul AnguarStrap, mis võimaldab kuvada eraldiseisvat dialoogiakent. Ilmuvas aknas kuvatakse esialgne sõnum nagu näha jooniselt 10.



Joonis 10 Lennuinfo sõnum originaalkujul

6. Süsteemi analüüs

Süsteemi põhieesmärgiks oli vastu võtta, talletada ja kasutajale esitada lennuinfo sõnumeid. Süsteemile püstitati hulk mittefunktsionaalseid nõudeid ning moodulite kaupa funktsionaalseid nõudeid. Kõik püstitatud nõuded ja eesmärgid said täidetud.

Mittefunktsionaalsete nõuete osas langes suurim rõhk sellele, et kasutajaliides oleks kaasaegne, ergonoomiline ning lihtsalt kasutatav. Teine põhiline probleem seisnes süsteemi töö kiirendamisel. Süsteemis on kasutusel lennuinfo sõnumite indeksi küsimine ning kliendini jõuavad vaid antud leheküljel kuvatavad sõnumid, tagades sellega kliendi mooduli tegevuste reaktsioonaja alla sekundi.

Eeldades, et kasutusel on lokaalvõrk kiirusega 100 Mbit/s, kulub 90 päeva pikkuse terve andmebaasi (suurusjärgus hinnanguliselt 200 MB) kliendini korruga kohale toimetamiseks ligikaudu 20 sekundit. Võttes süsteemis kasutusele indeksi, mis sisaldab endas kliendile tagastatavat massiivi kirjade identifikaatoritest (identifikaator 10 tähemärki pikk), kulub 200 000 kirjele vastava indeksi (kokku ~2 MB) kliendini toimetamiseks ligikaudu 0,2 sekundit. Seega võib öelda, et indeksi kasutusele võtmine süsteemis oli põhjendatud otsus, kiirendades sellega süsteemi tööd.

Mittefunktsionaalsete nõuete täitmisest osutus põhirõhk lennuinfo sõnumite vastuvõtja nõuetele. Olemasoleva testandmestiku puhul suudab süsteem automaatselt tuvastada kõik sõnumid ning eraldada neist kõik väljad vigadeta. Seda nii ICAO kui ka ADEXP formaadis sõnumite puhul. Sõnumid, mis ei kuulu automaatselt eristavate hulka, said samuti tuvastatud ning andmebaasi salvestamisel täideti nendel kirjetel ainult originaalteksti väli. Kõikidele vastuvõetud sõnumitele omistab süsteem vastuvõtmise kuupäeva ja kellaaja sekundi täpsusega ning eemaldab transpordipäise ja –jaluse.

Serveri poole pealt võib öelda, et hajasotsing toimib edukalt ning seda üle mitme välja. Samuti leitakse määratud ajavahemikule vastavad kirjed korrektselt.

Kokkuvõte

Käesoleva töö põhieesmärgiks oli luua lennuinfo talletamise ja vaatlemise süsteem. Süsteemi põhifunktsionaalsuseks oli sissetulevate lennuinfo sõnumite vastuvõtmine, väljade automaatne eristamine, sõnumite salvestamine ning kasutajale nende kuvamine tabelandmetena. Lisafunktsionaalsuseks oli mitme välja järgi hajusotsingu võimaldamine ning ajavahemiku valimine, mille kestel soovitakse sõnumeid näha.

Töö järelduseks võib öelda, et täideti kõik süsteemi eesmärgid ning püstitatud nõuded. Lennuinfo andmete vastuvõtumoodul suudab andmevoost sõnumeid edukalt eristada. Väljade automaatne eraldamine toimub olemasoleva testandmestikuga kõikide ICAO ja ADEXP formaadis sõnumite puhul vigadeta ning andmebaasi uuendatakse automaatselt, kui on uus sõnum vastu võetud ning väljadeks eraldatud.

Veebirakenduses on võimalik valida ajavahemikku kuni 90 päeva, et määrata, millise aja kestel soovitakse sõnumeid näha. Samuti on kasutusel ajavahemiku valimise kiirvalikud, lihtsustamaks kasutaja tööd. Hajusotsing toimib korraga mitme välja järgi ning kuvab põhitabelisse vastavalt seatud filtreerimistingimusele sõnumid.

Olgugi, et kõik eesmärgid ja nõuded said täidetud, saaks süsteemi tööd veelgi parandada. Esimeseks laienduseks võiks olla üle 90 päeva vanuste sõnumite automaatne arhiveerimine. Samuti võiks saada vastavalt seadistatud tingimustele nii esialgseid sõnumeid kui ka automaatselt väljadeks eristatud sõnumeid üle e-posti süsteemi automaatselt edastada. Viimasena võiks parandada ka hajusotsingut, muutes ta interaktiivseks – ehk iga uue tähemärgi vajutuse peale värskendatakse filtreeritud sõnumite tulemus koheselt.

Summary

The main aim of the thesis is to create a system that allows you to monitor and store flight information. The system's main functionalities include receiving flight information, automatic differentiation of the categories, message storing and displaying it in table format. Added functions include refining the search terms through a number of filters and setting a time scale to be displayed.

In conclusion, all of the system's objectives and requirements have been met. The flight information receiver can successfully differentiate the incoming messages. All of the automatic categorizing in the ICAO and ADEXP message formats is performed without fault within the existing test database. Also, the database is renewed automatically after a message is received and categorized.

The web application enables the user to choose a period between 90 days to display the required messages. Additionally there are shortcuts to choosing the timeframe, making it more accessible for the user. Search refining is done over multiple filters and displayed in the main table accordingly.

Although all the set goals and requirements have been met, the system can be still be further developed. Future developments could include an automatic archiving system for messages older than 90 days. Another expansion could be an option to automatically forward the original and categorized messages via email. Finally, the search refining could also be improved by making it interactive – with every letter key inserted the search feed will be renewed instantly.

Kasutatud kirjandus

1. „AFTN Terminal Application“, [WWW].
http://www.flightatm.com/site/showpage.php?pagetitle=aftn_terminal_application&lang=01 (06.05.15).
2. Air Traffic Management – ICAO Doc 444-ATM/501, Amendment No. 1, 15.11.12.
3. „AngularJS - MVC Architecture“, [WWW].
http://www.tutorialspoint.com/angularjs/angularjs_mvc_architecture.htm (18.05.15).
4. „AngularJS Tutorial“, [WWW]. <http://www.tutorialspoint.com/angularjs/index.htm> (18.05.15).
5. „ASCII Control Characters“, [WWW]. <http://ascii.cl/control-characters.htm> (11.05.15).
6. „Bootstrap“, [WWW]. http://www.w3schools.com/bootstrap/bootstrap_get_started.asp (07.05.15).
7. „Common Gateway Interface support“, [WWW].
<https://docs.python.org/2/library/cgi.html> (18.05.15).
8. EUROCONTROL SPECIFICATION for ATS Data Exchange Presentation (ADEXP) – Edition 3.1, 01.07.2011.
9. EUROCONTROL Specification for On-Line Data Interchange (OLDI) - Edition 4.2, 16.12.2010.
10. „Font Awesome“, [WWW]. <http://fontawesome.github.io/Font-Awesome/> (07.05.15).
11. „ICAO Doc 7910“, [WWW]. <http://gis.icao.int/7910FLEX/> (18.05.15).
12. „International Civil Aviation Organization (ICAO) airport codes database“, [WWW].
<http://airportsbase.org/ICAO.php> (18.05.15).
13. „Learn About Java Technology“, [WWW]. <https://www.java.com/en/about/> (18.05.15).
14. „Lennuliiklusteeninduse AS Lennuettevalmistus“, [WWW].
<http://www.eans.ee/teenused/lennundusteave/lennuettevalmistus> (29.04.15).
15. „Lennuliiklusteeninduse AS Üldine“, [WWW]. <http://www.eans.ee/firma/uldine> (29.04.15).
16. Lennundusseadus – RT I, 26.02.2015, 30.
17. Lennureeglid – RTL 2007, 59, 1075.
18. „Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium Terminid ICAO“, [WWW].
<http://terminis.mkm.ee/index.php?vaata=8935> (18.05.15).

19. O. S. Tezer, „SQLite vs MySQL vs PostgreSQL: A Comparison Of Relational Database Management Systems“, [WWW].
<https://www.digitalocean.com/community/tutorials/sqlite-vs-mysql-vs-postgresql-a-comparison-of-relational-database-management-systems> (15.05.15).
20. „Python Software Foundation“, [WWW]. <https://www.python.org/psf/> (18.05.15).
21. „SQLite About“, [WWW]. <https://www.sqlite.org/about.html> (15.05.15).
22. „SQLite Changes“, [WWW]. <http://www.sqlite.org/changes.html> (15.05.15).
23. „SQLite Support“, [WWW]. <https://www.sqlite.org/support.html> (15.05.15).
24. „The International Civil Aviation Organization (ICAO) - Purposes“, [WWW].
<http://www.nationsencyclopedia.com/United-Nations-Related-Agencies/The-International-Civil-Aviation-Organization-ICAO-PURPOSES.html> (18.05.15).
25. „What is Java technology and why do I need it?“, [WWW].
https://www.java.com/en/download/faq/whatis_java.xml (18.05.15).