

ĀRPUS TIEŠĀS REDZAMĪBAS BEZPILOTA LIDAPARĀTU INTEGRĀCIJA GAISA SATIKSMĒ INTEGRATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FLYING BEYOND VISUAL LINE OF SIGHT INTO AIR TRAFFIC

Autors: **Ivars JAPINS**, e-pasts japins.ivars@gmail.com

Darba vadītāji: Dr.sc.ing. docents **Sergejs KODORS**, Dr.oec. docente **Sandra EŽMALE**
Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija,
Rēzekne, Atbrīvošanas aleja 115

Abstract. *In this article Author describes the potential of Unmanned aircraft systems (UAS) that are flying Beyond visual line of sight (BVLOS). There are countless commercial applications of BVLOS UAS. Author provides an insight of the main challenges that need to be addressed in order to make BVLOS UAS operations safe and to integrate them into air traffic.*

Keywords: *Air traffic, BVLOS, UAS.*

Ievads

Bezpilota lidaparātu attīstība un tirgus segments aug ar augšupejošu eksponenciālu līkni. Ja agrāk bezpilota lidaparātus izmantoja praktiski tikai izklaidei (fotografēšanai, filmēšanai, sacīkstēm) un militāriem mērķiem (izlūkošana, novērošana, ofensīvas darbības), tad šobrīd ir grūti uzskaitīt visas nozares, kurās bezpilota lidaparātiem ir komerciāls potenciāls to pielietošanā. It īpaši liels potenciāls ir bezpilota lidaparātiem, kuri ir spējīgi lidot ārpus tiešās redzamības. Jāsecina, ka nozare attīstās daudz ātrāk nekā tās tiesiskais regulējums, kas noved pie tā, ka nav iespējams legāli un droši realizēt visu nozares potenciālu. Tomēr, Autors uzskata, ka tiešu tehnisko izaicinājumu atrisināšana šobrīd dos vislielāko pienesumu.

Šajā rakstā Autors apskatīs galvenos izaicinājumus, kurus ir jāatrisina pēc iespējas ātrāk, lai tiktu veicināta nozares attīstība un bezpilota lidaparātus varētu droši integrēt gaisa telpā.

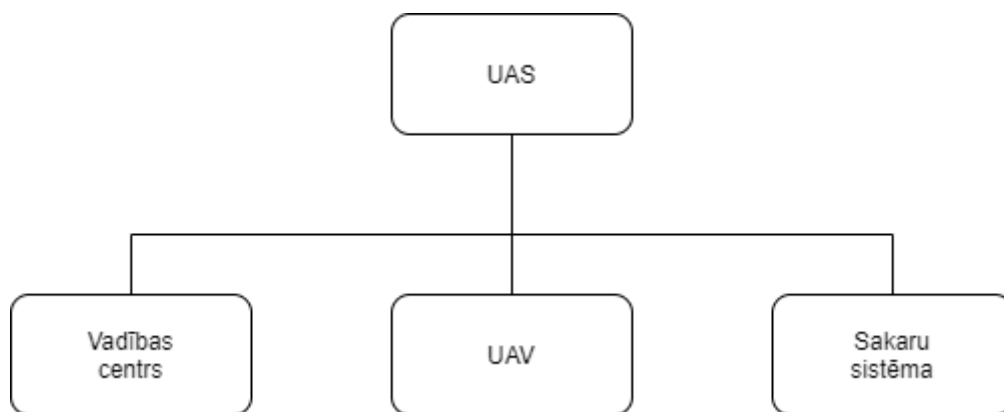
Raksta mērķis ir identificēt galvenās problēmas un izaicinājumus, kurus atrisinot tiktu būtiski paātrināta ārpus tiešās redzamības bezpilota lidaparātu integrācija gaisa telpā, kā arī attīstīta nozare kopumā. Mērķa sasniegšanai tika formulēti šādi uzdevumi:

1. sniegt bezpilota lidaparātu un to sistēmu īsu aprakstu;
2. raksturot ārpus tiešās redzamības bezpilota lidaparātu darbību;
3. analizēt galvenos ar BLVOS ieviešanu saistītos tehniskas dabas izaicinājumus.

Materiāli un metodes

Pirms raksturot ārpus tiešās redzamības bezpilota lidaparātu darbību, ir lietderīgi sniegt īsu bezpilota lidaparātus un to sistēmu aprakstu, lai ieviestu skaidrību dažos jēdzienos un terminos.

Visbiežāk sabiedrībā figurē termins “*drons*”, kas pēc savas būtības nav nepareizs, tomēr ne vienmēr atbilst patiesībai, kad runa iet par bezpilota lidaparātiem. Drons ir jebkurš attālināti pilotējams gaisa kuģis, jūras vai zemūdens kuģis, kā arī sauszemes transportlīdzeklis. Attiecībā uz bezpilota gaisa kuģiem, sākotnēji tika ieviests termins *UA* - “*Unmanned aircraft*”, kuru vēlāk aizstāja ar *UAV* - “*Unmanned aerial vehicle*”. Tomēr pats bezpilota lidaparāts ir tikai daļa no bezpilota lidaparāta sistēmas, kurā ietilpst vairāki elementi. Tādēļ tika ieviests jauns termins - *UAS* jeb “*Unmanned aerial system*” jeb “*Unmanned aircraft system*”. *UAS* struktūru var apskatīt 1.1. attēlā. Šajā darbā autors apskatīs pēdējos divus no minētajiem terminiem - *UAV* un *UAS*.



1. attēls. *UAS* struktūra

Bieži vien arī *UAV* pilots tiek uzskatīts par *UAS* sastāvdaļu. Lai arī tehniski tā nav, tomēr pat visautonomākās *UAS* nevar veikt savas funkcijas bez kaut vai minimālas pilota jeb operatora līdzdalības.

Par ārpus tiešās redzamības (turpmāk BVLOS) bezpilota lidaparātu sistēmām tiek uzskatīti jebkuri bezpilota lidaparāti, kuri lidojuma laikā atrodas ārpus operatora tiešās redzamības, neizmantojot papildus vizuālās identifikācijas līdzekļus, kā piemēram binokļus, stacionārās videokameras u.c. līdzekļus. Par BVLOS var tikt uzskatīts jebkura izmēra un klases *UAV*, neatkarīgi no tā lietošanas mērķa.

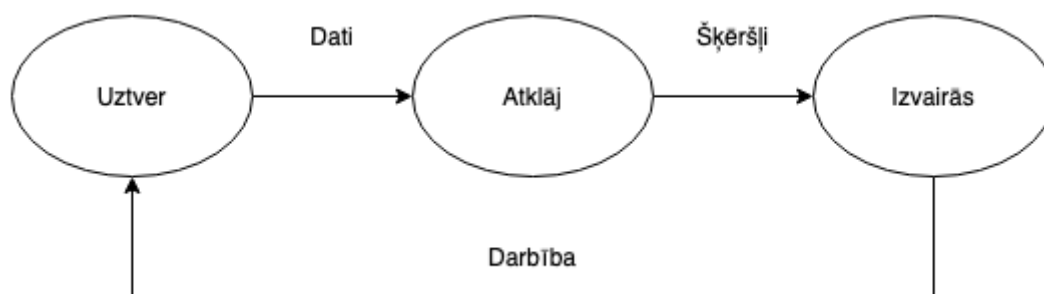
Liela daļa *UAS* tiek radīta ar mērķi veikt tieši BVLOS lidojumus. Šādu lidojumu veikšanai bezpilota lidaparātiem ir jābūt aprīkoti ar speciālu aprīkojumu, lai to varētu droši kontrolēt gaisa telpā. Šis aprīkojums var būt, piemēram, sākot no parastas videokameras, kas ir iebūvēta lidaparātā un nodrošina tās operatoru ar tiešsaistes attēlu, līdz pat sarežģītām sensoru sistēmām un iebūvētiem radariem, kas ļauj jau laikus pamanīt citus lidaparātus gaisa telpā un laicīgi izvairīties no sadursmēm. Aviācijā, cilvēku pilotētajiem lidaparātiem tiek piemērots “ieraugi un izvairies” princips (*see-and-avoid*, turpmāk - *SAA*) [1]. Valda uzskats, ka BVLOS bezpilota lidaparātiem ir jāpiemēro jauns koncepts - “atklāj un izvairies” (*detect-and-avoid* vai “*sense-and-avoid*”, turpmāk - *DAA*). Tas ir saistīts ar iepriekš pieminēto faktu, ka *UAS* vadībai tiek izmantots speciāls aprīkojums, ar kuru tiek atklāti šķēršļi.

BVLOS *UAS* ir daudz priekšrocību, salīdzinot citiem bezpilota lidaparātiem. Dažas no šīm priekšrocībām ir acīmredzamas, kā piemēram, lielāks lidojuma attālums. Citas nav tik acīmredzamas, tomēr ir nozīmīgas, kā piemēram, potenciālā spēja vienam operatoram vadīt vairākus *UAS*. Zemāk ir uzskaitītas tikai dažas no svarīgākajām BVLOS *UAS* priekšrocībām:

- lielāks *UAV* lidojuma attālums;
- piekļuve neaizsniedzamām vietām;
- paaugstināta darbinieku drošība;
- resursu ekonomija.

Tomēr, bez priekšrocībām, BVLOS *UAS* nozarei ir arī problēmas, kuras ir steidzami jārisina. Kopumā šīs problēmas var iedalīt divās kategorijās: juridiskās un tehniskās. Lai arī juridiskais ietvars neapšaubāmi ir ļoti svarīgs, tomēr rodot risinājumus tieši tehniskiem izaicinājumiem, tiks panākts vislielākais progress. Turpmāk apskatīsim galvenos ar BVLOS ieviešanu saistītos tehniskas dabas izaicinājumus.

Kā pirmais no izaicinājumiem ir jāmin **DAA principa ieviešana**. Raugoties nākotnē, lielas cerības tiek liktas uz *UAS* spēju patstāvīgi identificēt jeb atklāt šķēršļus ar dažādu sensoru palīdzību un izvairīties no tiem. Šis princips tiek dēvēts par atklāj-un-izvairies jeb *DAA*. Šī principa ieviešana ir viens no priekšnosacījumiem, lai pilnībā varētu izmantot BVLOS bezpilota lidaparātu potenciālu. Attēlā Nr. 1.2 ir attēlota *DAA* principa būtība.



2. attēls. DAA darbības principa diagramma

Ar dažādu sensoru palīdzību tiek uztverti apkārtējās vides dati. Vides skenēšana jeb datu uztveršana notiek nepārtraukti. Paralēli, reālā laikā notiek šo datu apstrāde un analīze, tajos tiek meklēti potenciālie šķēršļi. Šķēršļu atklāšanas gadījumā par to tiek signalizēts pilotam, lai tas varētu veikt nepieciešamās darbības lai izvairītos no šķēršļa [2]. Ir jābūt nodrošinātai iespējai signalizēt pilotam par potenciālajiem šķēršļiem gan ar vizuālajiem, gan ar audiālajiem līdzekļiem.

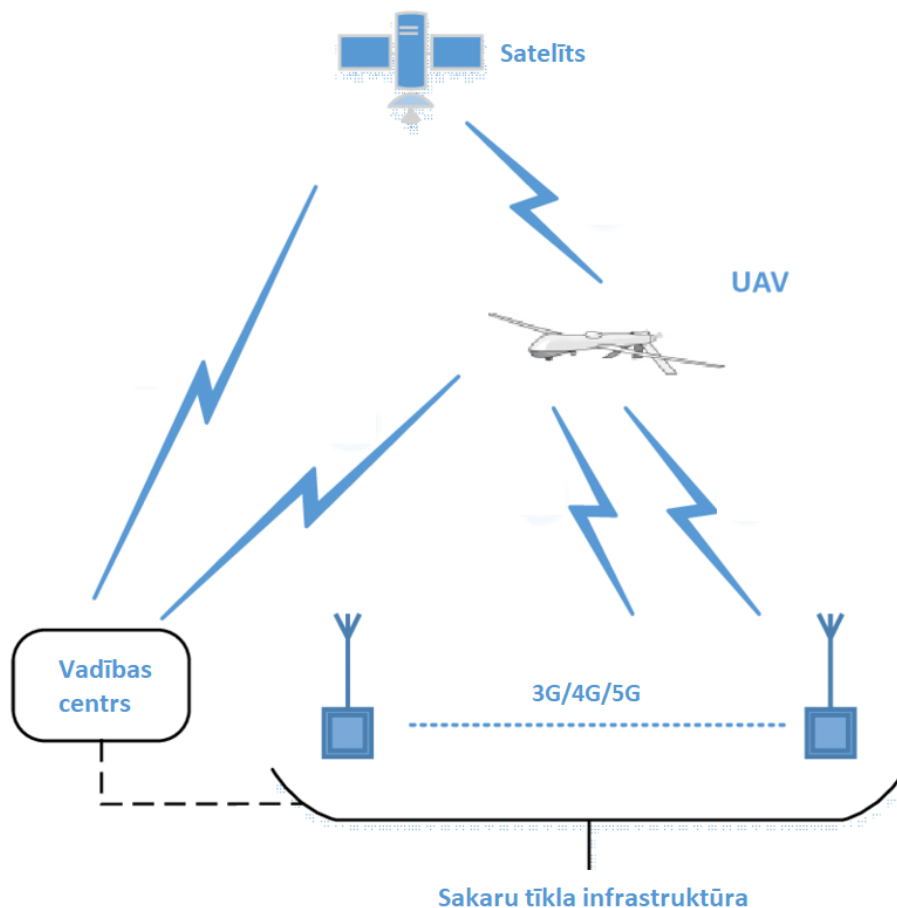
Ir jāpiemin divas svarīgas lietas, kuras nepieciešams ņemt vērā, analizējot šo diagrammu. Pirmkārt, šķēršļi var būt ne tikai statiski (tornis, ēka, koks), bet arī dinamiski (cits UAV vai gaisa kuģis). Ir viegli izvairīties no statiska šķēršļa, it sevišķi, ja tas tiek atklāts savlaicīgi. Daudz sarežģītākas situācijas rodas ar dinamiskiem šķēršļiem. Šajā gadījumā ir ļoti svarīgi, lai procesors, kurš apstrādā savāktos datus, spētu arī paredzēt potenciālā šķēršļa turpmākās kustības trajektoriju un ieteikt pilotam labāko izvairīšanās manevru.

Otrkārt, strauji attīstās arī pilnībā automatizētu BVLOS UAS koncepts, kur pilots pārsvarā tikai monitorē lidojuma gaitu un iejaucas tikai galējas nepieciešamības gadījumā. Šajā gadījumā UAS ir jābūt spējīgam pašam pieņemt lēmumu par izmaiņām lidojuma gaitā, lai izvairītos no potenciālā šķēršļa. Turklāt, jāņem vērā, ka pat ja DAA sistēma ir pietiekami jaudīga un spējīga laicīgi pieņemt pareizo lēmumu par manevra veikšanu, pats UAV var nebūt tehniski spējīgs veikt doto manevru.

Otrais izaicinājums ir **lidojumderīgums**. Lidojumderīgums ir apliecinājums tam, ka konkrēts gaisa kuģis ir pietiekami drošs, lai to varētu ekspluatēt un ka tā tehniskais stāvoklis un parametri atbilst noteiktam drošības prasībām. Šīs prasības attiecas uz visām gaisa kuģa daļām un to skaits var sasniegt tūkstošus. Lidaparātu ražotājs vai ekspluatants pierāda atbildīgajai institūcijai to, ka viņa ražojums ir lidojumderīgs un atbilst šīm prasībām.

Šobrīd UAS ražotāji un atbildīgās aviācijas jomu uzraugošās institūcijas saskaras ar lielu izaicinājumu - izstrādāt lidojumderīguma prasības bezpilota gaisa kuģiem. Lielākais izaicinājums ir tieši UAS ražotājiem, jo tiem ir jāpārskata visas esošās gaisa kuģu lidojumderīguma prasības un konkrētos gadījumos jāpierāda un jāpamato, kāpēc tieši šī prasība neattiecas uz viņu modeli. Taču, arī aviācijas uzraugošās institūcijas ir pretimnākošas un pamazām atjaunina atbilstošos normatīvos aktus. ES ir izdevusi regulu (darbojas EEZ), kas nosaka lidojumderīguma prasības civilās aviācijas jomā, tai skaitā arī UAS: Eiropas Parlamenta un Padomes regula (ES) 2018/1139, 2018. gada 4. jūlijs. Tajā ir aprakstītas vispārējas UAS lidojumderīguma prasības, kā arī prasības UAS pilotiem.

Kā nākošais izaicinājums ir jāmin **drošas un noturīgas liela attāluma komunikāciju sistēmas**. Jebkura UAS vadība tiek īstenota izmantojot kādu no datu pārraides sistēmām. Sākotnēji UAV vadībai izmantoja tikai tiešās redzamības radiosakarus. Vēlāk, attīstoties satelītsistēmām, arī tās sāka izmantot UAV vadībā. Mūsdienās izmanto arī mobilo sakaru tīklus (3G un 4G), kā arī notiek aktīvs darbs pie 5G tīkla funkcionalitātes pielāgošanas UAS vadībai.



3. attēls. UAS datu pārraides sistēma

Katrai no iepriekš minētajām datu pārraides sistēmām ir savas priekšrocības un trūkumi. Tomēr, izvēloties piemērotāko datu pārraides sistēmu BLVOS UAS lidojumiem ir jāņem vērā sekojoši parametri:

- Datu pārraides noturīgums
- Datu drošība

Katrs no šiem parametriem spēlē svarīgu lomu UAS vadībā, līdz ar to, tie ir arī kritiski priekšnosacījumi veiksmīgai BVLOS lidojumu integrācijai gaisa telpā un satiksmē. Datu pārraides ātrums, pašu datu un sistēmas kā tādas drošība, neapšaubāmi, ir svarīgas UAS īpašības. Tomēr, tas viss zaudē savu jēgu tajā brīdī, kad datu pārraide tiek pārtraukta, tādēļ tieši datu pārraides noturīgums ir ļoti svarīgs faktors. Gadījumā, ja kāds ar ļaunprātīgu nolūku pārņem UAV vadību, var tikt nodarīts fizisks kaitējums personām, vai to kustamajai vai nekustamajai mantai. Tieši tādēļ arī datu drošība šeit ir tik svarīga.

Ceturtais izaicinājums ir **ģeotelpisko robežu ievērošana**. Ģeotelpiskā robeža jeb ĢR (*geofencing, aut. tulk*) ir metode, ar kuras palīdzību UAS lidojumus var padarīt drošākus un atrisināt vairākas problēmas. ĢR tiek noteiktas vai nu konkrētai gaisa telpai, kurā tiks veikts UAS lidojums tā, lai konkrētais UAS neizlidotu no tās ārā, vai arī ĢR tiek nospraustas apkārt konkrētam objektam kuram ir aizliegts pietuvoties UAS, kā tas ir parādīts 4. attēlā.



4. attēls. ĢR izmantošanas piemērs

Ar ĢR metodes palīdzību BVLOS UAS lidojumus var padarīt daudz drošākus, kā arī racionālāk izmantot gaisa telpu. Šo iemeslu dēļ ĢR varētu uzskatīt nevis par izaicinājumu BVLOS ieviešanā, bet gan par tehnisku risinājumu. Tomēr, lai šo risinājumu pilnībā ieviestu, ir jāatrisina vairākas citas problēmas, kā piemēram:

- liels ierobežoto zonu skaits;
- nepārtrauktas zonu izmaiņas;
- pilnīgai īstenošanai nepieciešams autopilots;

Piektais izaicinājums ir **UAS attālinātā identifikācija** (*remote identification, aut. tulk*). Attālinātā identifikācija ļautu nosūtīt atbildīgajām iestādēm nepieciešamos datus par UAS un tās operatoru, kā arī sekot lidojumam reāllaikā. Tāpat arī tas ļautu, pēc nepieciešamības, nosūtīt daļu no šiem datiem citiem UAS operatoriem, lai tie zinātu, kur tieši to tuvumā notiek citi UAS lidojumi. Savā ziņā attālināto identifikāciju var salīdzināt ar automašīnas reģistrācijas numuru: CSDD darbinieks, ievadot datu bāzē konkrētu numuru redz datus par tā īpašnieku.

Vairākas organizācijas visā pasaulē kopā ar UAS ražotājiem un citiem industrijas pārstāvjiem pēta šo jautājumu un piedāvā savus tehniskos risinājumus, kā arī tiesiskā regulējuma ietvaru. Autors uzskata, ka šobrīd vistuvāk šī jautājuma atrisināšanai un ieviešanai dzīve ir ASV Federālā Aviācijas Administrācija. 2019. gada 31. decembrī FAA ir publicējusi noteikumu [3] projektu par UAS attālināto identifikāciju. Tajā ir aprakstīti attālinātās identifikācijas mērķi, principi, kā arī tehnisko risinājumu ietvars. Šie noteikumi paredz, ka visiem UAS (ar dažiem izņēmumiem), ar kuriem tiks veikti lidojumi ASV teritorijā ir jābūt iespējotai attālinātās identifikācijas funkcijai. Lai arī šim tehniskajam risinājumam ir ielikts labs tiesiskais pamats ASV, tomēr ir vēl tāls ceļš ejams, lai to pilnībā ieviestu dzīvē.

Secinājumi

1. BVLOS UAS ir milzīgs komerciālais potenciāls un to izmantošana aptver neskaitāmas nozares.
2. Lai arī BVLOS UAS tiesiskais regulējums ir ļoti svarīgs, tomēr šobrīd nepieciešams koncentrēties uz tehniskiem risinājumiem.
3. Ir identificēti pieci galvenie tehnoloģiskie izaicinājumi, kuru risināšanai šobrīd būtu jāpievērš galvenā uzmanība.
4. Ir vienlīdz svarīgi, lai problēmu risināšanā iesaistītos gan uzraugošās iestādes, gan arī citi nozares pārstāvji.

Summary

The field of BVLOS UAS has a huge commercial potential that spreads over a countless different industries. It has been developing rapidly over the past years and now it has reached the point, where legal framework is way behind the technical possibilities. This is why countries must act quickly and implement a new legal framework, that would allow to safely pilot BVLOS UAS and integrate it into airspace. Yet, finding a solution to the technical problems might speed up this process. To this day, in Author's opinion, there are five main technical challenges that need a good solution: implementation of DAA principle, airworthiness, secure and robust communications, geofencing and remote ID. Solving these problems would greatly speed up the progress on the way to safe BVLOS operations.

Literatūra

1. See and avoid. SKY Brary. (2019) skat. EUROCONTROL. https://www.skybrary.aero/index.php/See_and_Avoid
2. Current development of UAV sense and avoid system. A. Zhahir, A. Razali, IOP Conference series, 2016.
3. Remote Identification of Unmanned Aircraft Systems. Federal Register/ Vol. 84, No. 250, Tuesday, December 31, 2019/ Proposed Rules. Skat. <https://www.regulations.gov/document?D=FAA-2019-1100-0001>