

Dokumentáció

Könnyű Légijármű Követő és Ütközés Elkerülő Rendszer

Lightweight Aircraft Tracking and Collision Avoidance System
LATCAS

Bevezető

Az általunk fejlesztett Könnyű Légijármű Követő és Ütközés Elkerülő Rendszer (Lightweight Aircraft Tracking and Collision Avoidance System röviden LATCAS) célja, hogy növelje a légiközlekedés biztonságát.

A légiközlekedésben mindazok részt vesznek, akik használják a légteret, legyenek azok pilótával rendelkező légijárművek (pl. vitorlázógépek, motoros kisrepülőgépek, ballonok), pilóta nélküli légijárművek - hétköznapi nevükön drónok. Mivel egyre több a légtérfelhasználó, ezért a légtérben történő ütközés (mid-air collision) veszélye még jó időjárási körülmények között is fennállhat. A repülőesemények bekövetkezésének valószínűségét, valamint az összeütközés lehetőségét növeli a hiányos kommunikáció, a bizalmatlanság, navigációs hibák, a repülési tervektől való eltérések, a helyismeret hiánya és az ütközésselkerülő rendszerek alkalmazásának hiánya. A légijárművek rendelkezésére álló szabad tér hatalmas volta miatt általában ritkák az összeütközések, ha mégis előfordulnak, akkor gyakran a repülőterek közelében történnek vagy ott, ahol egyszerre egyidőben több repülőgép is tartózkodik. Az összeütközések és az összeütközéshez közeli veszélyes helyzetek – amelyek súlyos vagy jelentős repülőeseménynek számítanak - egy része elkerülhető lenne, amennyiben pontosabb információink lenének alégiforgalom aktuális állapotáról, a közelben lévő légijárművekről és a körülményekről.

A LATCAS rendszer feladata kettős, egyrészt lehetővé teszi a légijárművek valósidejű nyomonkövetését, másrészt figyelmezteti a légijárművek pilótáit a veszélyhelyzetekre, amellyel segíti az összeütközés elkerülését, valamint csökkenti a repülőesemények bekövetkezésének valószínűségét, ezáltal a rendszer alkalmazása nagymértékben hozzájárul a repülésbiztonság növeléséhez.

Az EUROCONTROL Biztonság-növelési csoportja egy, a légiforgalomról tájékoztató és ütközés-elkerülő rendszer kiépítését az 5 legfontosabb feladata között említi [Forrás: IATA], tehát belátható, hogy egy ilyen rendszer kialakítása sürgető a légiközlekedés biztonságának fenntartása érdekében

Számos ország és cég próbálkozik hasonló rendszerek megépítésével, azonban a használt technikai eszközök és technológiák igen változatosak, legtöbbször egy-egy adott eszközre, légijárműre készülnek, továbbá nem jól dokumentáltak vagy pedig nem nyílt hozzáférésűek, ilyenek például az [OGN], [Flarm], [Pilotaware], [FANET], [SoftRF] eszközei.) A LATCAS kiépítése során számos különböző lehetőséget vizsgáltunk meg és tanulmányoztunk át. A létrehozott prototípusok viszont nem mindig működtek a követelményeinknek megfelelően. Azonban ezek a próbálkozások sem kudarcok voltak, hanem az innováció részei, hiszen a hibák okának feltárása tovább növelte a tudásunkat, és hozzásegített ahhoz, hogy biztosan kiválaszthassuk a céljainknak leginkább megfelelő alkatrészeket, technológiát és szakembereket.

Miből is áll az LATCAS?

Az LATCAS a következő elemekből épül fel:

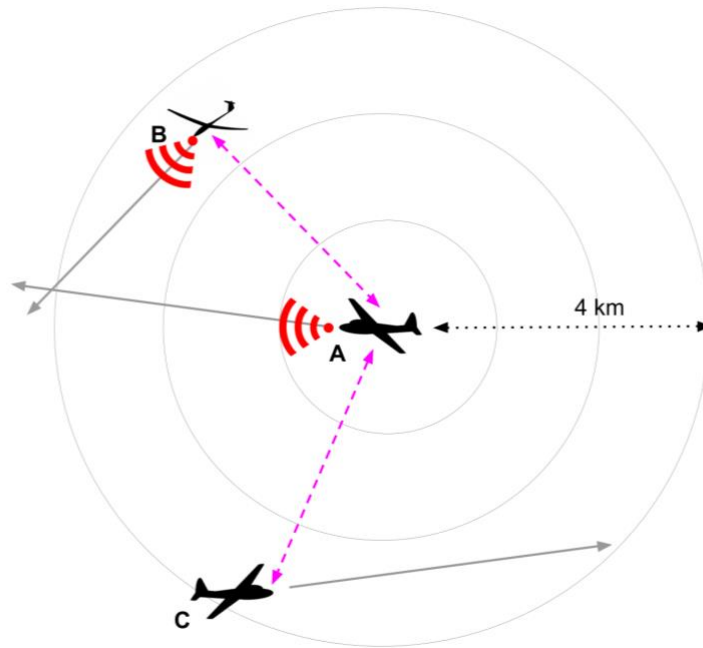
- Fedélzeti jeladó egység
- Földi infrastruktúra
- Webes adminisztrációs felület

Hogyan működik?

Az LATCAS fedélzeti GNSS vevővel és nyomásérzékelő szenzorral felszerelve meghatározza a légi jármű pontos helyzetét, sebességét és irányszögét. Az LATCAS ezekből az adatokból képes rövidtávon előre jelezni a légi jármű várható repülési útvonalát. Ezeket az információkat egyedi azonosítóval ellátva rádiófrekvencián keresztül továbbítja a földi infrastruktúra, illetve a közelben lévő járművek fedélzeti jeladói felé.

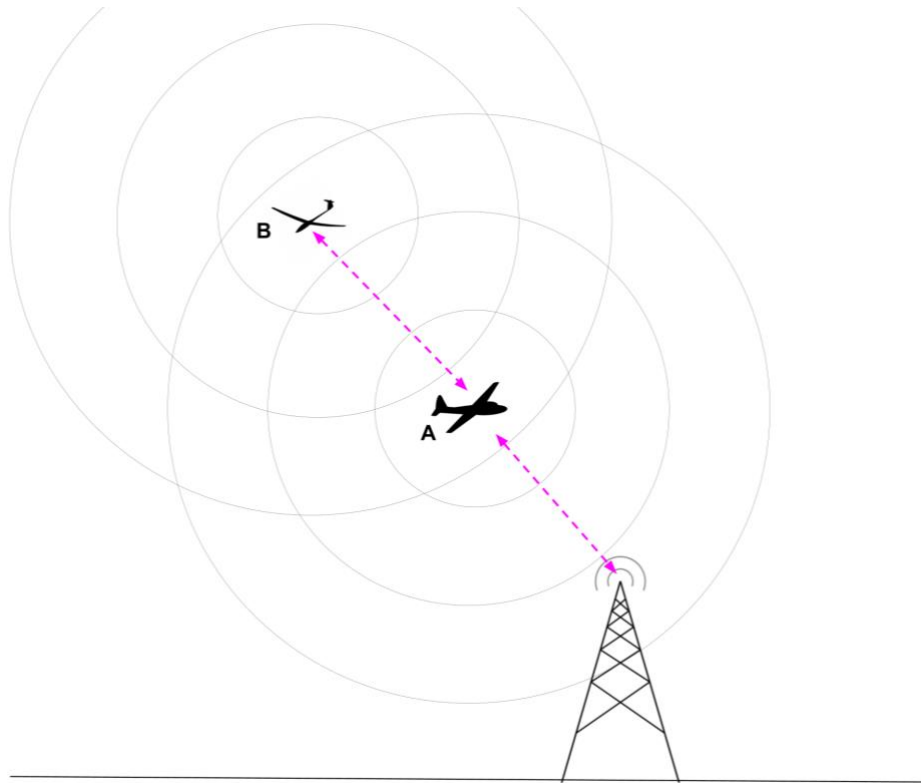
A LATCAS fedélzeti egysége a várható repülési útvonalat összeveti a közelben található többi légi jármű várható repülési útvonalával. Ha a számított várható repülési útvonalak metszik egymást, vagy veszélyesen közel vannak egymáshoz, vagyis nagy az összeütközés valószínűsége, a fedélzeti egység jelzi azt (lásd 1. Ábra). A jelzés időben figyelmezteti a légi jármű vezetőjét, akinek így van lehetősége lépéseket tenni az ütközés elkerülése érdekében. A figyelmeztetés kétkomponensű: erős sípoló hangjelzés és a felvillanó LED-ek együttesen jelzik a veszélyt. A vészjelzés érzékenysége, vagyis az, hogy milyen összeütközési valószínűségnél jelezzon, konfigurálható. A kijelzőn körben elhelyezett 12 darab LED a veszély horizontális, további 4 darab LED pedig a veszély vertikális irányát képes jelezni.

A jeladó hatósugarát erősen befolyásolják a környezeti tényezők. A kívánt hatósugár 3-5 km. Ha több irányból is fennáll az összeütközés veszélye, a fedélzeti egység az időben legkorábban bekövetkezőt jelzi, nem a legközelebbit.



- 1. Ábra** A LATCAS fedélzeti egységek közvetlenül veszik a közelben lévő járművek rádiójeleit, és akkor riasztanak, ha az ütközés valószínűsége nagy. A fenti képen az A és B jelű gépek fedélzeti egysége riaszt, a C jelű gép eszköze nem.

A földi infrastruktúra veszi és továbbítja a légi járművekről érkező üzeneteket, ideális esetben akár 30-50 km hatótávolsággal. Amennyiben nincs a közelben vevőantenna, úgy a gépeken található fedélzeti egységek szintén képesek a rádiójelek vételére és továbbítására, amelyet relézésnek nevezünk. A relézés a 2. Ábrán bemutatott módon történik.



2. Ábra A LATCAS fedélzeti jeladók képesek más fedélzeti jeladók jeleit továbbítani (relézni) a vevőantennák felé. A képen az A jelű repülőgép fedélzeti egysége relézi a B jelű jármű rádiójelét.

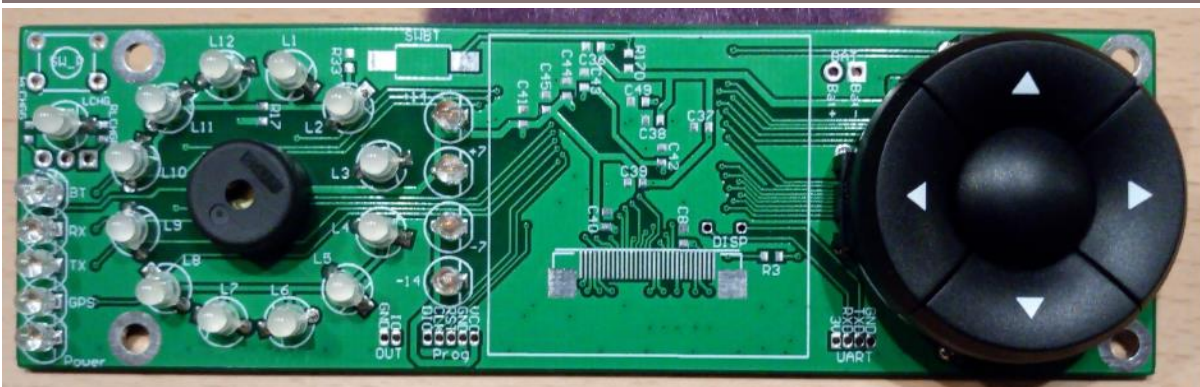
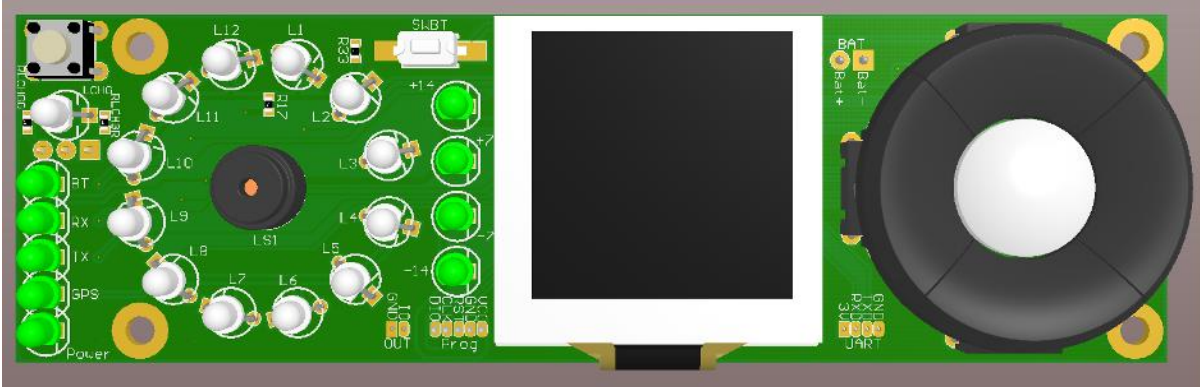
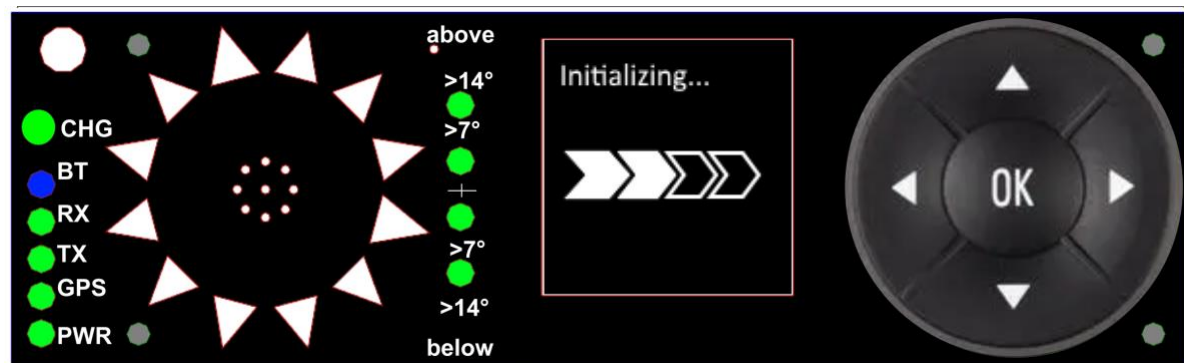
A fedélzeti jeladók által folyamatosan sugárzott rövid rádióüzenetek közölhetik a légi járművek pozícióit, státuszát vagy időjárás adatokat. Ezek az adatok egy központi adatbázisba futnak. Az adatbázisba beérkezett és ott tárolt adatok a webes adminisztrációs felületen megjelennek, így lehetőség van a légi járművek élő, térképes nyomon követésére. A térképen a légi forgalom mellett megjeleníthetők még a légtér információk és az aktuális időjárás adatok is. Mindezen információk tovább növelik a légiközlekedés biztonságát, hiszen így elkerülhető egy-egy forgalmasabb légtér, ahol épp egy verseny, légi bemutató vagy katonai repülés zajlik.

Fedélzeti jeladó egység

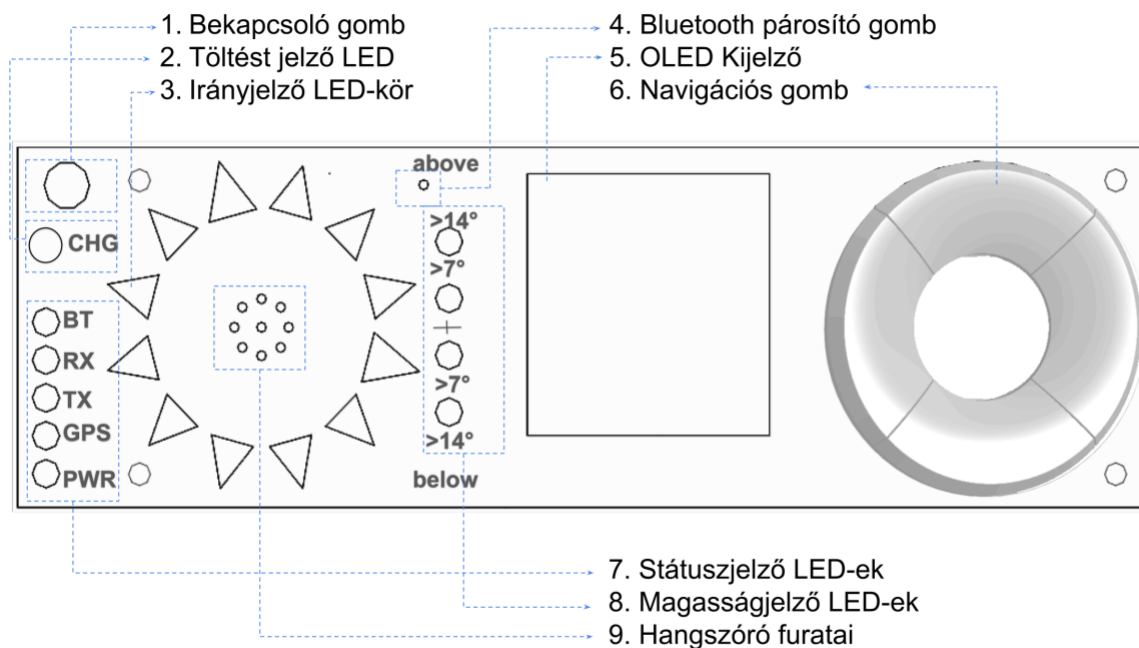
A fedélzeti jeladó egység egy kis méretű hordozható doboz, amely a légi jármű rendszereitől független, önálló energiaellátású és önállóan kommunikációra képes eszköz. Az első egységeket pilótával rendelkező repülőgépekre terveztük, amely a későbbiekben átalakítható oly módon, hogy az drónra szerelhető legyen.

Előlap

A tervezésnél fontos szempont volt az eszköz végső mérete. Hiszen ha az eszköz a repülőgép műszerfalára kerül, nem gátolhatja a szabad kilátást. Ugyanakkor a könnyű kezelhetőség miatt a szerkezet nem lehet túl apró sem. Emiatt a pilótával rendelkező gépekre optimalizált fedélzeti egység magassága kisebb mint 4 cm, az előlap hossza pedig mindössze 12 cm.



3-5. Ábra A LATCAS fedélzeti jeladó egység előlapjának kinézeti terve (fölül), az előlapi nyák 3D-modellje (középen) és ugyanez a nyák a valóságban, összeszerelés közben (alsó).



6. Ábra A fedélzeti egység előlapjának felépítése

Az 6. Ábra a LATCAS fedélzeti egység előlapjának a felépítését mutatja. Az ábrán látható számozást követve az előlapon az alábbiak találhatóak:

1. **Bekapcsológomb:** Ez szolgál az eszköz ki és bekapcsolására. Mivel ez egy kis méretű elektromos vezérlésű kapcsoló, az eszköz teljes áramtalanítására egy külön mechanikus kapcsolót helyezünk el a hátlapon.
2. **Töltést jelző LED:** Kétszínű (zöld-piros) LED, amely az eszköz töltését, töltöttségét jelzi. Erre utal a LED mellett található CHG felirat, mely az angol charge szó rövidítése. A LED töltés közben zölden villog, amikor teljesen feltöltődött az akkumulátor, akkor a villogás megszűnik és folyamatos zöld fényben világít. Az alacsony töltöttséget és a meghibásodást a LED piros fénye jelzi.
3. **Irányjelző LED-kör:** A 12db, körben elhelyezett kétszínű LED-ek mutatják a veszély horizontális irányát. Az irányokat mindig a repülőgéphez képest mutatja, vagyis olyan mintha felülnézetből látnánk a repülőgépet. A felső LED-ek felvillanása a repülőgép előtt lévő veszélyre hívják fel a figyelmet. A fényjelzés szintje (zöld folyamatos, piros lassan villogó, piros gyorsan villogó) utal a veszély közelségére, az ütközés bekövetkezésének várható idejére. Ez az egyéni körülményekre, adott repülőgéptípusra konfigurálható.
4. **Bluetooth párosító gomb:** Ez a gomb elrejtve, az előlap borítása mögött található, és csak egy vékony hegyes eszközzel kapcsolható be és ki. Ennek a célja hogy ne lehessen véletlenül megnyomni repülés közben. A tervezett

párosítandó Bluetooth eszköz a pilóta egészségügyi állapotáról küld adatokat a fedélzeti egységnek.

5. **OLED kijelző:** A kijelző 128x128 pixeles felbontású, a fizikai mérete átlósan 1,5" azaz 3,8 cm. Ez a színes kijelző megkönnyíti az eszköz konfigurálását, frissítését, jelzi a veszélyforrás távolságát, és megjeleníti a webes adminisztrációs felületen keresztül küldött, a pilótának címzett üzeneteket.
6. **Navigációs gomb:** A négy iránygomb és egy középső nyomógomb a képernyőn megjeleníthető menüben való navigációt könnyíti meg. A fel-le gombokkal az adott menüpontra belüli lehetőségeken lépegethetünk végig, a jobbra-balra gombokkal pedig menü-hierarchián léphetünk feljebb vagy lejjebb. A középső gombbal pedig rögzíthetjük a kiválasztást.
7. **Státuszjelző LED-ek:** A fedélzeti egység bal szélén 5 db LED található, mellettük pedig egy rövidített felirat, amelyek segítenek a LED-ek megkülönböztetésében.
PWR: A PWR az angol POWER szó rövidítése. A LED az eszköz bekapcsolt állapotát jelzi. Amíg az eszköz bekapcsolt állapotban van és megfelelően működik, addig a LED folyamatosan, zöld színnel világít.
GPS: Ez a LED folyamatosan, zölden világít, amikor jó a GPS-jel vétele. A villogó LED a GPS-jel vételében való hibára utal.
TX: A TX az angol Transmit szó rövidítése. Rádiójel küldése esetén a LED folyamatosan zöld fénnel világít. Mikor az eszköz megfelelően működik, folyamatosan küld rádiójeleket.
RX: Az RX az angol Receive szó rövidítése. A LED zöld fénnel világít, ha a fedélzeti egység egy közelben lévő repülő eszköztől vagy földi jeladóról rádióüzenetet fogad.
BT: A BT a Bluetooth rövidítése. A LED folyamatosan kék fénnel világít, ha a fedélzeti egységet párosították egy bluetooth eszközzel.
8. **Magasságjelző LED-ek:** Ez a 4 db zöld színű LED jelzi a veszély vertikális irányát. A repülő repülési magasságához képest fölötté (above) vagy alatta (below), és milyen szög alatt látható a veszély.
9. **A hangszóró furatai** mögött helyezkedik el az a kis sípoló eszköz, amely a pilótát hangjelzéssel figyelmezteti.

Belső felépítés és tudás

A fedélzeti jeladó egységbe két rádióadó-vevő egységet építünk annak érdekében, hogy a rádiójelek küldése és fogadása folyamatosan biztosított legyen. Mikor egy másik légi jármű van a közelében, vagyis a rádiós üzenetküldés hatósugarán belül (3-5km), a fedélzeti egység közvetlenül fogja és továbbítja a másik légi jármű rádiójeleit (relézés). Ezen kívül az egyik vevő a földi infrastruktúra felől is fogadhat üzeneteket, amíg a saját rádiójeleit folyamatosan sugározza.

A földi OGN vevő-antennák használata miatt a LATCAS jeladók kommunikációja az OGN nyomkövető protokoll (OGN Tracking Protocol) szerint történik.

A fedélzeti egység egyik fontos eszköze a GNSS-vevő, amely a légi jármű pontos helymeghatározásáért felelős. Ahhoz hogy az eszköz pozíció-adatokat tudjon sugározni, illetve hogy a pillanatnyi adatokból jövőre vonatkoztatott pályaszámításokat tudjon végezni az ütközések elkerüléshez, elengedhetetlen a GNSS-vevő hibátlan működése, és a megfelelő jelerősség. Azért, hogy a GNSS-vevőt tetszőleges irányba lehessen felszerelni egy négyzet alakú nyílást vágattuk az alaplapba.

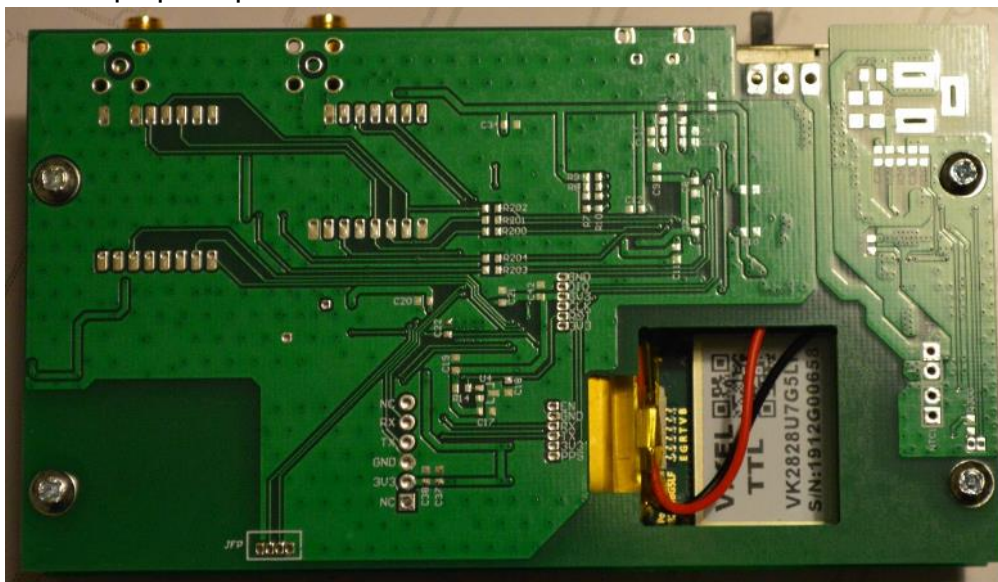
Az eszközben található egy barometrikus nyomásérzékelő is, amely használatával pontosabb magassági adatot kapunk.

A fedélzeti egység tartalmaz egy bluetooth modult, azért, hogy csatlakoztatni lehessen egy, a pilóta egészségügyi állapotáról tudósító külső bluetooth eszközzel.

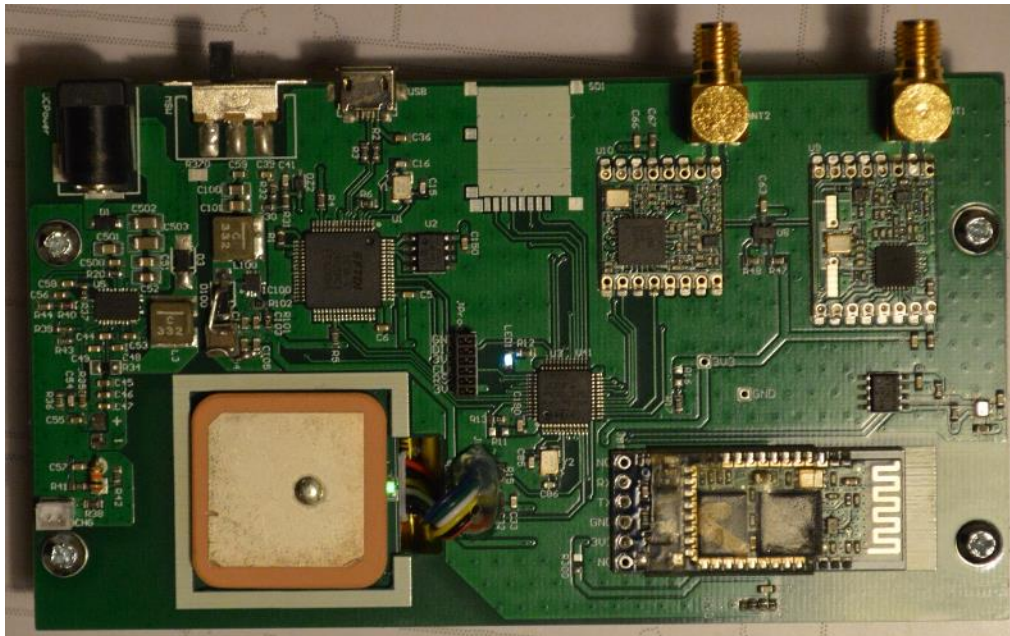
Az akkumulátor biztosítja, az eszköz önálló energiaellátását egyszeri feltöltéssel akár 50 óráig. Lehetőség van az eszköz repülés közbeni töltésére is (pl. hordozható külső akkumulátorok segítségével).

A fedélzeti jeladó egységben 3 alaplappal található. A fő alaplappra kerültek a legfontosabb alkatrészek, mint a mikrokontroller, a rádiómodulok vagy a GNSS-vevő. De ide forrasztottuk a fontosabb csatlakozókat is. Mivel ez az alaplapp elég zsúfolt, ezért az akkumulátor rögzítéséhez egy második alaplappra volt szükség. Ez az akkumulátor-tartó alaplapp. A harmadik alaplapp pedig az előlaphoz tartozik. Ide kerültek a kommunikációs eszközök, mint a kijelző, a hangszóró és a LED-ek.

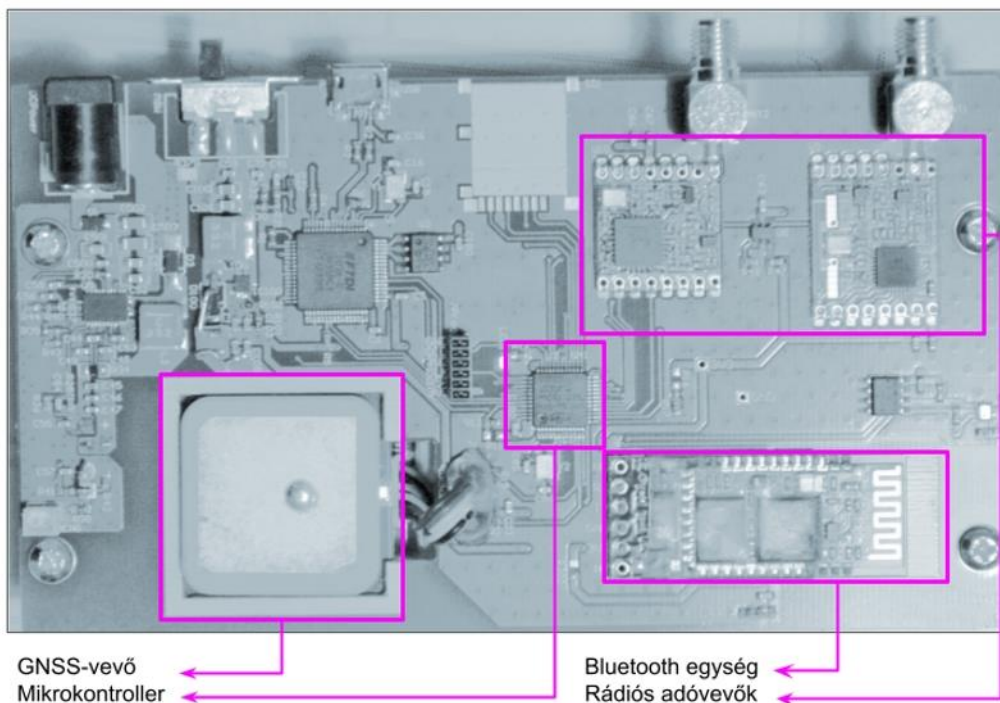
A fő alaplapp felépítése



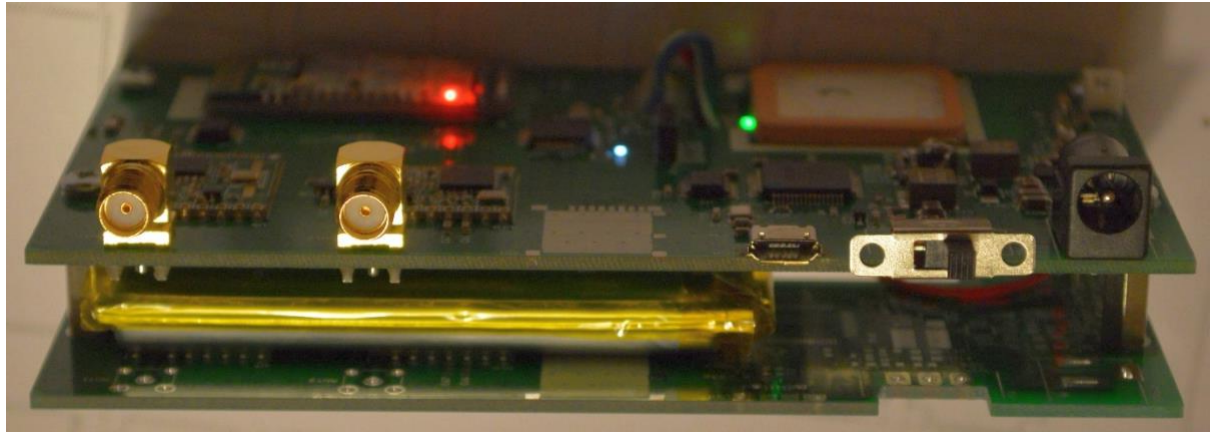
7. Ábra A LATCAS fedélzeti jeladó egység fő alaplappjának alsó oldala látható a fenti képen. Innen jól látszik a GNSS-vevő számára kivágott négyzet alakú nyílás. Az alaplappot 4 csavarral lehet rögzíteni.



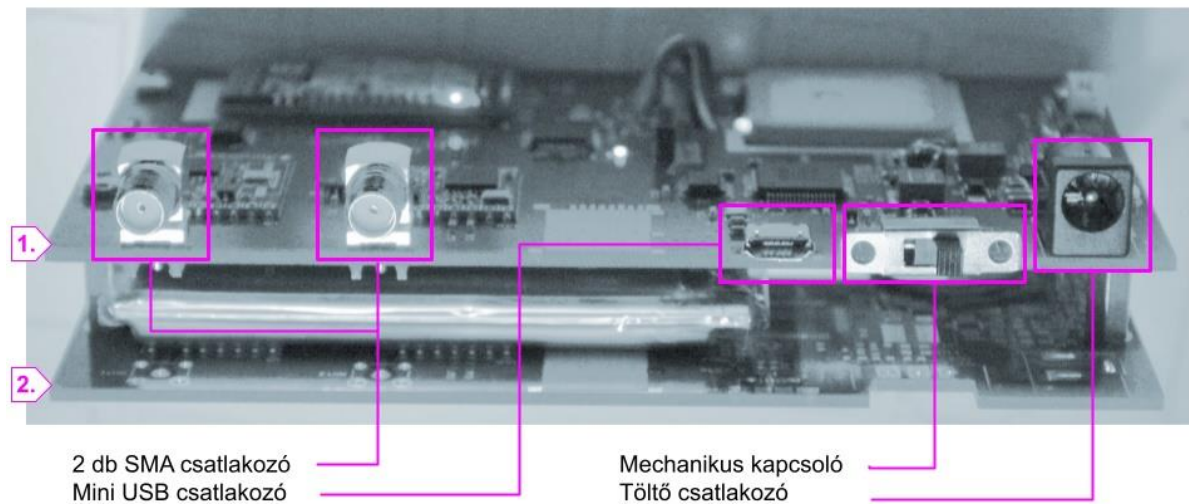
8. Ábra A LATCAS fedélzeti jeladó egység fő alaplapjának felső oldala látható a fenti képen. A fő alaplapi elnevezés arra utal, hogy ide kerültek a legfontosabb alkatrészek: egy mikrokontroller, két rádiómodul, a GNSS-vevő, és a bluetooth egység.



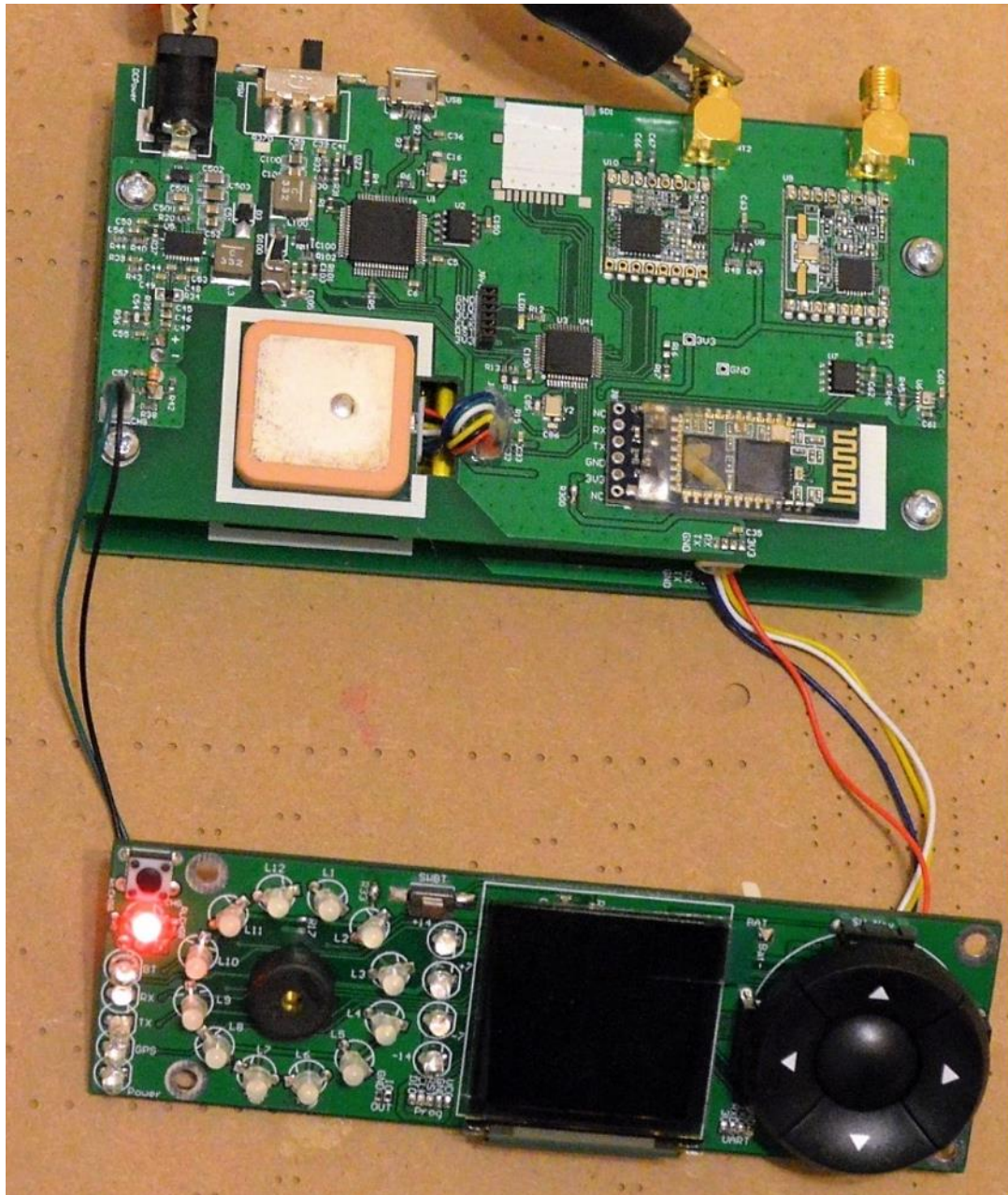
9. Ábra Ezen a képen kiemelésre kerültek a LATCAS fedélzeti egységének alaplapján található főbb alkatrészek. Az alaplap közepén található a központi vezérlő egység, azaz a mikrokontroller. Tőle balra található a GNSS-vevő, mely egy külön, az alaplapon kivágott nyílásba illeszkedik. A jobb felső sarokban a két rádió adóvevő, a jobb alsó sarokban a bluetooth egység.



10. Ábra A fedélzeti egység alaplapja alá elhelyeztünk egy második lapot, aminek az elsődleges funkciója az akkumulátor rögzítése. Ezen a képen jól láthatóak az alaplap csatlakozói is, melyeket az alaplap hosszanti oldala mentén helyeztünk el.



11. Ábra Ezen a képen kijelölésre kerültek az alaplap oldalára szerelt csatlakozók, a két SMA csatlakozó az antennák számára, egy mini USB csatlakozó a számítógéphez való csatlakoztatáshoz és egy töltő-csatlakozó az akkumulátor töltéséhez. Az itt található mechanikus kapcsolóval lehet teljesen áramtalanítani az egységet. Az alaplap alá került egy második, akkumulátor-tartó alaplap.



12. Ábra A LATCAS fedélzeti jeladó egység összeszerelt állapotban, működőképesen, külső borítás nélkül. A képen látszik a három alaplap: a kép felső részén az fő és akkumulátortartó alaplap egymás alatt, majd ezekhez vezetékekkel kapcsolódó előlapi alaplap.

Az eszközhöz kapcsolható külső ledes kijelző:



Ütközés-elkerülő algoritmus

A fedélzeti egységre telepített saját fejlesztésű algoritmus folyamatosan figyeli a légiforgalmat, és kiszámítja, hogy fennáll-e az ütközés veszélye. Ha pedig a veszély fennáll, figyelmezteti a pilótát. Az algoritmus által használt közelítések és feltételezések:

- Minden légi járművet egy 5m sugarú gömbnek tekint. Ez egy ésszerű egyszerűsítés, hiszen így nem kell a repülőgép valódi méreteit, bonyolult alakját figyelembe venni, ami a számítást lelassítaná.
- Ütközésnek tekint minden olyan szoros megközelítést is, amikor a két (vagy több) légi járműt reprezentáló 5m sugarú gömbök metszik egymást.
- Feltételezi, hogy a légijárművek megtartják az adott pillanatban vett sebességük nagyságát és irányát.
- Feltételezi, hogy a légijárművek egyenes vonalú mozgást végeznek.

Az algoritmus lépései:

- A fedélzeti egység a benne található GPS és barometrikus szenzor adataiból tudja a saját pozícióját (x_A , y_A , z_A) a sebesség nagyságát és a haladás irányát.
- Ha a fedélzeti egység hatósugarán belül nem észlel mási légijárművekből származó jeleket, úgy a fedélzeti egység nem ad figyelmeztetést a pilótának.
- Amennyiben a fedélzeti egység érzékeli egy másik légijármű által küldött rádiójeleket, az algoritmus először dekódolja a rádiójeleket.
- A másik légijármű által küldött rádiófrekvenciás jelek tartalmazzák annak a járműnek a pozícióját (x_B , y_B , z_B), és sebességvektorát, mely a rádiójelek dekódolása után ismert lesz.
- Az algoritmus ezután veszi a saját adatait és extrapolációval kiszámítja, hogy hol mi lesz a pozíciója egységnyi idő (Δt) múlva, amennyiben sebességén (annak nagyságán és irányán) nem változtat.
- A következő lépésben veszi a másik légijármű adatait, és annak is kiszámolja a pozícióját egységnyi idő múlva. Itt is élünk azzal a feltételezéssel, hogy a másik légijármű is megtartja a pillanatnyi sebességét.
- Ezután meg kell vizsgálni a két jármű távolságának változását. Az első távolság (d_0) a nulladik időpillanatban tudott pozícióadatok különbsége adja, míg a másik távolságértéket (d_1) az extrapolált pozíciók különbsége szolgáltatja.
- A távolság megváltozása ($d_1 - d_0 / \Delta t$) és annak előjele mutatja, hogy a járművek közelednek vagy távolodnak egymáshoz.
- Ha ismerjük a távolság változásának sebességét, több egymást követő időpillanatban, következtethetünk a minimális távolságra, annak idejére és pozíciójára. (Mikor a két légijármű ütközőpályán van, a távolságuk nagyon gyorsan csökken.)
- Az adott feltételezések mellett ütközés akkor következik be, ha a két légijármű távolsága kisebb, mint $2R$, ahol R a járművek köré írt gömb sugara.

- Ha a kalkuláció ütközést jelez, a fedélzeti egység fény és hangjelekkel figyelmezteti erről a pilótát.
- Majd a kalkulációt tovább folytatja a következő időpillanatra, egészen addig, amíg a másik jármű a hatósugarán belül tartózkodik.
- Amennyiben több másik légi jármű is tartózkodik a hatósugáron belül, úgy adott prioritási sorrendben azokra is elvégzi a vizsgálatot.

Általános használati tanácsok

Repülés közben a pilótának ki kell tudnia kapcsolnia és leválasztania a repülőgép áramkörétől a LATCAS fedélzeti egységét. Ez különösen fontos abban az esetben, ha a pilóta füstöt vagy meghibásodást érzékel az eszköz felől, vagy egy olyan ország légterében repül, ahol a LATCAS használata nem megengedett.

A LATCAS nem működhet megfelelően GPS jel hiányában.

Tanácsos, hogy a LATCAS fedélzeti egységet 25 cm-re vagy távolabb helyezzük a repülőgép érzékenyebb műszereitől, a GPS antennától vagy a mágneses iránytűtől.

A szerkezetet védeni kell a víztől, folyadékoktól és egyéb szennyeződésektől, amelyek bejuthatnak a szerkezeten belülre és kárt okozhatnak az elektromos rendszerben.

Nem ajánlatos a fedélzeti egységet -10°C alatt és $+60^{\circ}\text{C}$ feletti hőmérsékleten üzemeltetni. Használat előtt a fedélzeti egységre fel kell tölteni a megfelelő firmware-t, és elvégezni a konfigurációs beállításokat.

Ütközés-elkerülő figyelmeztetések

Amikor a közelben egy másik repülőgép is jelen van, a fedélzeti egység algoritmusai kiszámolják az összeütközés bekövetkezésének valószínűségét. Ha a valószínűség a beállított küszöbértéknél magasabb, a fedélzeti egység figyelmezteti a pilótát.

A figyelmeztetés a következőképp történik:

- A veszély horizontális irányának jelzése
- A veszély vertikális irányának jelzése
- A távolság jelzése a kijelzőn
- A pilóta figyelmeztetése hangjelzéssel

A veszély horizontális jelzése:

A fedélzeti egységen 12 db körben elhelyezett kétszínű LED szolgál a veszély horizontális irányának jelzésére. A kört úgy lehet elképzelni, mintha a légi jármű a kör közepén helyezkedne el és felülről látnánk rá. A felső LED-ek a légi jármű előtti irányt mutatják, az alsók pedig a jármű mögöttit.

A veszély irányában a LED felkapcsolódik. Az összeütközés valószínűségének vagy várható bekövetkezési idejének megfelelően a vészjelzésnek több szintjét is beállíthatunk.

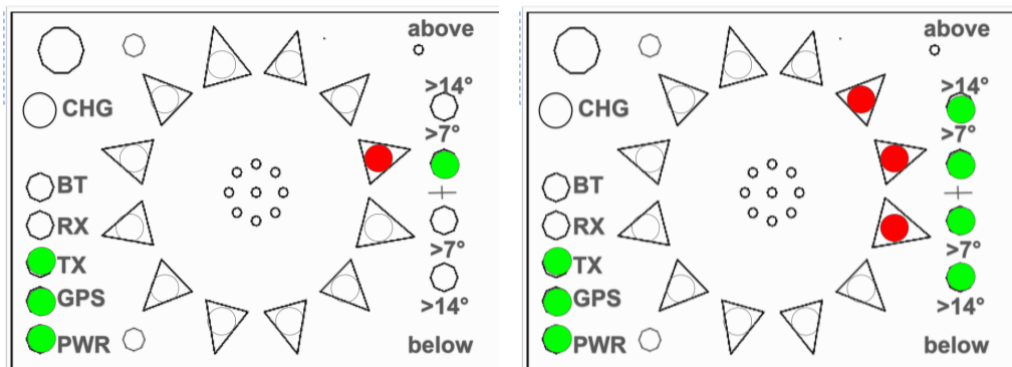
Alacsony szintű veszély:

Amikor a veszély bekövetkezésének valószínűsége alacsony, vagy a várható összeütközésig még több mint 20 másodperc van, csupán egy piros LED kapcsolódik fel. A piros LED lassan (2Hz) villog. (Lásd 7. ábra)

Magas szintű veszély:

Amikor a veszély bekövetkezésének valószínűsége magas vagy a várható összeütközésig már kevesebb, mint 10 másodperc van, három piros LED kapcsolódik fel. A piros LED-ek gyorsan (6Hz) villognak. (Lásd 8. ábra)

Megjegyzés: Lehetőség van a forgalom jelzésére is, ilyenkor ha a fedélzeti egység a hatótávolságon belül egy másik légi járműt észlel az ütközés veszélye nélkül, a légi jármű irányában a LED zöld fénnel fog jelezni. A légi forgalmi jelzésnél nincs figyelmeztető hangjelzés.



13-14. Ábra. A bal oldali ábrán egy alacsony szintű veszélyjelzés látható. A veszély 2-3 óra és +7° magassági irányszög felől várható 20 másodperc múlva. A jobb oldali ábrán egy magas szintű veszélyjelzés látható. A veszély 2-3 óra felől, vízszintes irányszögből várható 10 másodpercen belül.

A veszély vertikális jelzése:

A veszély vertikális irányának jelzésére 4 db zöld színű LED-et építettünk a fedélzeti egységbe. A légi jármű horizontjához képesti magassági irányszöget jelzi, amely független a légi jármű orrmeredekségtől. Felülről az első LED 14°-os pozitív magassági irányszöget jelez, a második 7°-os pozitív irányszöget, a harmadik 7° negatív irányszöget, a negyedik pedig 14° negatív irányszöget. Vízszintes vagy közel vízszintes irány jelzésekor mind a 4 LED felkapcsolódik. (Lásd 7. És 8. Ábrát) A LED-ek villogási frekvenciája szinkronban van a horizontális irányjelző LED-ek villogásának frekvenciájával.

A távolság jelzése:

A fedélzeti egység kiszámolja a másik jármű légvonalban vett távolságát, amely a kijelzőn azonnal megjelenik, és folyamatosan frissül, míg a vészjelzés fennáll.

A pilótát figyelmeztető hangjelzés:

A hangjelzés folyamatos, hangereje a navigációs gombbal szabályozható.

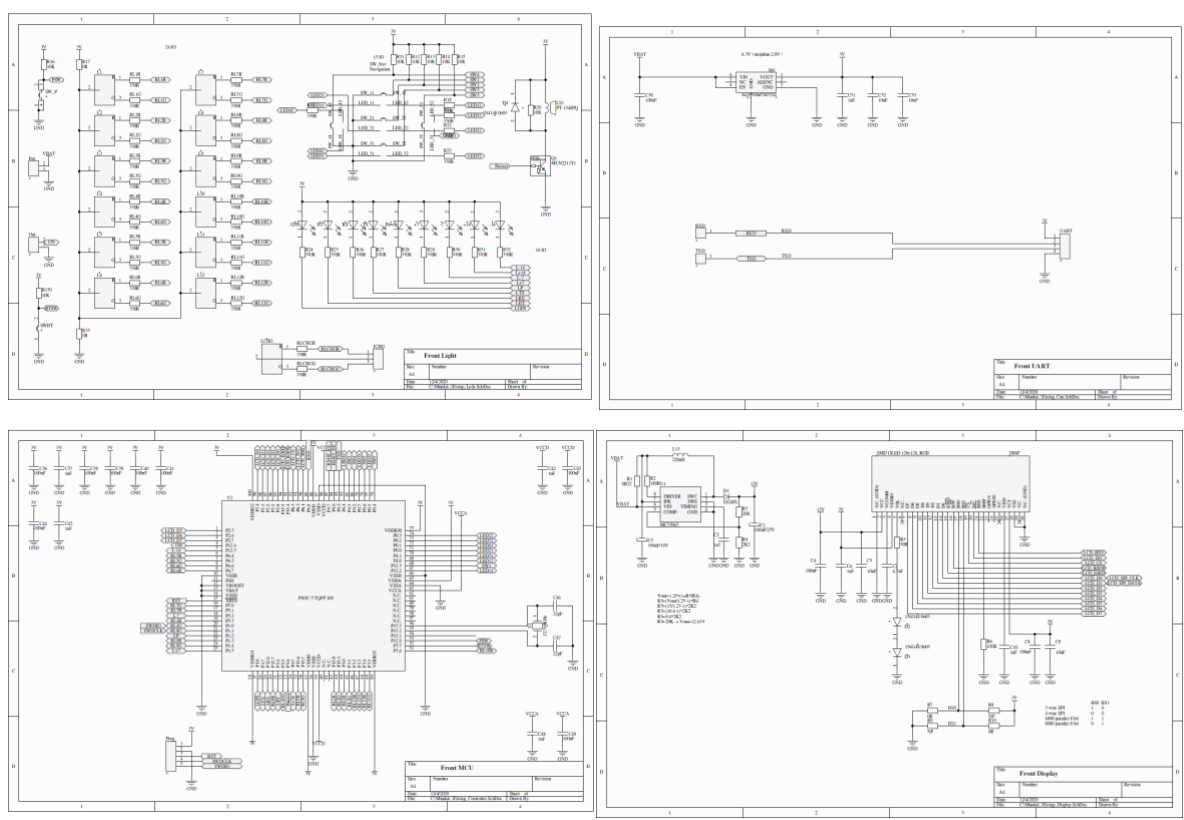
Alkatrészlista

Előlap nyák alkatrészei	
Alkatrész	Típus-név
Kijelző	1 db Serial SPI 1.5"Color OLED Display 128x128 Graphic Module,SSD1351, SMD OLED 128x128_RGB
LED	8 db zöld LED 13 db kétszínű (zöld-piros) LED 3mm 1 db kék LED
Kapcsoló	1 db ON/OFF elektromos 1 db Bluetooth párosító gomb
Íránygombok	1 db Navigation SWITCH NAVIKITTH09WL
Hangjelző	1 db Passive Buzzer Module PT-1540PQ
Vezérlő	1 db Cypress Semiconductor ARM Microcontroller
Egyéb	SMD Kapacitás, SMD Zéner Dióda SMD Egyenirányító Dióda SMD Tranzisztor SMD Ellenállás SMD Induktor SMD PQFP14X14-G100 SMD DFN 6 2X2MM_0.65 SMD kvarc XTAL_3.2X1.5mm

FŐNYÁK

Alkatrész	Típus-név
Mikro-kontroller	1db STM32F103CBT6
Rádiós adóvevő (transceiver)	1db RFM69HW
Rádiós adóvevő (transceiver)	1db RFM95W
1:2 de-multiplexer	COMP SN74LVC1G19
memória	FM25V05-G
Szenzor (barometrikus nyomásérzékelő)	BMP280
GPS	VK2828U7G5LF
USB-UART converter	FT232RL Debugging port
Bluetooth host	HC-06
Aksitöltő áramkör USB mini csatlakozóval	Lithium Battery Charging Board with Mini USB-Interface, COMP BQ24171
I/O expander	PCA9557
Minden egyéb	
antenna-csatlakozó	SMA female socket
antenna	868Mhz antenna module with SMA-male connector
aksi	6000 mAh akkumulátor
csatlakozó	USB Micro USB
Ferrite cores	2db T50-26 13 x 7 x 5mm Ferrite gyűrű
Rézfólia	adhesive copper foil tape

Műszaki felépítés



15. Ábra A fedélzeti egység előlapjának kapcsolási rajzai

Utasítás							Válasz						
STX	Length	Function	Value	CR	LF	Rövid leírás	STX	Length	Function	Value	CR	LF	Rövid leírás
0x02	0x05	0x11	0xFvvv	0x0D	0x0A	Red Led D15-D12 F=1111 D11-D0 Circle Led	0x02	0x05	0x19	0xNvvv	0x0D	0x0A	Red Led D15-D12 N=0000 D11-D0 Circle Led
0x02	0x05	0x22	0xvvvv	0x0D	0x0A	Green Led D15 '+14' D14 '+7' D13 '-7' D12 '-14' D11-D0 Circle Led	0x02	0x05	0x28	0xvvvv	0x0D	0x0A	Green Led D15 +14 D14 +7 D13 -7 D12 -14 D11-D0 Circle Led
0x02	0x04	0x33	0xvv	0x0D	0x0A	Status Led D7 PWR D6 BT D5 RX D4 TX D3 GPS D2-D0 111	0x02	0x04	0x37	0xvv	0x0D	0x0A	Status Led D7 PWR D6 BT D5 RX D4 TX D3 GPS D2-D0 000
0x02	0x04	0x44	0xvv	0x0D	0x0A	Button Status D7 PWR D6 BT D5 UP D4 RIGHT D3 DOWN D2 LEFT D1 CENTER D0 = 1	0x02	0x04	0x46	0x00	0x0D	0x0A	Button Status D7 PWR D6 BT D5 UP D4 RIGHT D3 DOWN D2 LEFT D1 CENTER D0 = 0
0x02	0xAA	0x66	128x128 byte	0x0D	0x0A	Display image	0x02	0x04	0x64	0x55	0x0D	0x0A	Display image
0x02	0x04	0x63	0xik	0x0D	0x0A	Display Distance Display ik	0x02	0x04	0x67	0xik	0x0D	0x0A	Display Distance Display ik

16. Ábra Az előlapi nyákon található mikrokontroller és az előlapon szereplő LED-ek, gombok, és a kijelző közötti kommunikációs protokoll vázlatát tartalmazó táblázat.

Ahhoz például, hogy egy Státuszjelző zöld LED világítson a mikrokontroller egy 4 byte hosszú utasítást küld (3.sor). A funkció (function) az utasítás típusát jelöli, az érték (value) állítja a LED-ek állását (0 vagy 1), a CR, LF jelzi az utasítás végét, ami minden üzenetnél azonos.

OGN nyomkövető protokoll

Fedélzeti jeladók (pl. OGN tracker-ek) és földi vevőantennák egyik ismert, nyílt forrású kommunikációs szabványa az ún. OGN nyomkövető protokoll [OGNTP]. A LATCAS is az OGN nyomkövető protokollt használja a rádióüzenetek küldésére. A protokoll szerint egy fedélzeti jeladó által küldött üzenetcsomag (packet) a következőkből épül fel:

- I. egy 8 bit-es előtag (preamble), ami függ az RF (rádió-frekvencia) modul típusától.
- II. egy 4 byte-os szinkronizációs minta (SYNC pattern).
- III. egy 4 byte-os fejléc (header)

- IV. egy 16 byte-os adatcsomag (ez lehet Pozíció, Szél, Státusz vagy Infó típusú)
- V. egy 6 byte-os előre irányuló hibajavítás (Forward Error Correcting)

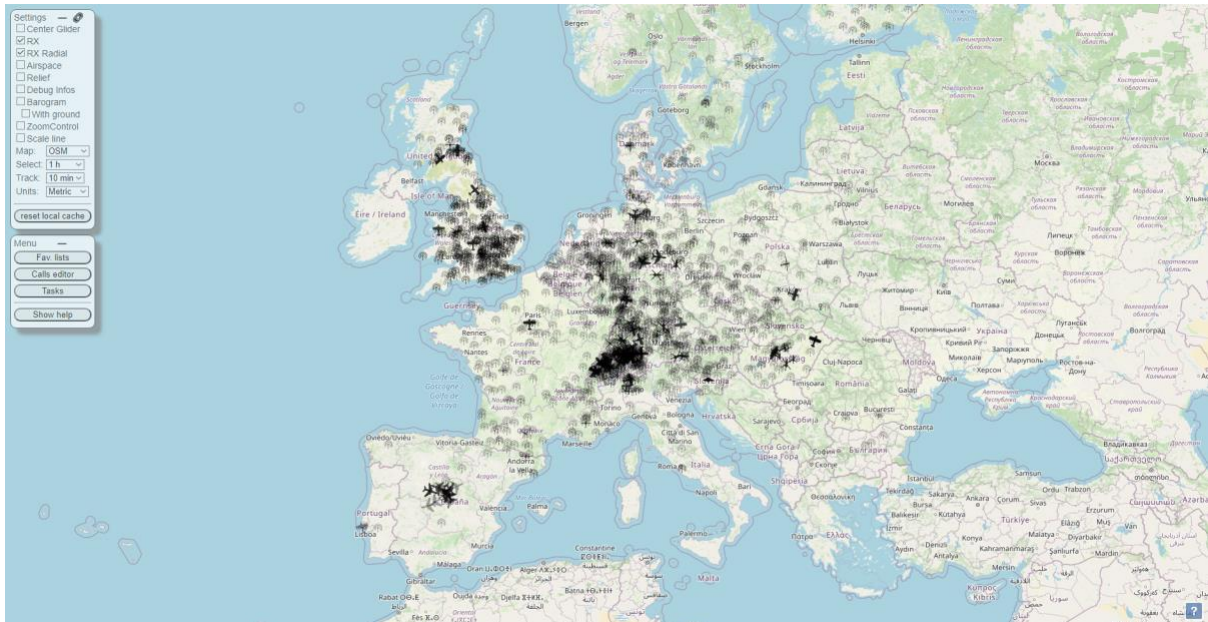
Az üzenet felépítésénél a protokoll little-endian (fordított byte-sorrend) módszert használ.

Földi infrastruktúra

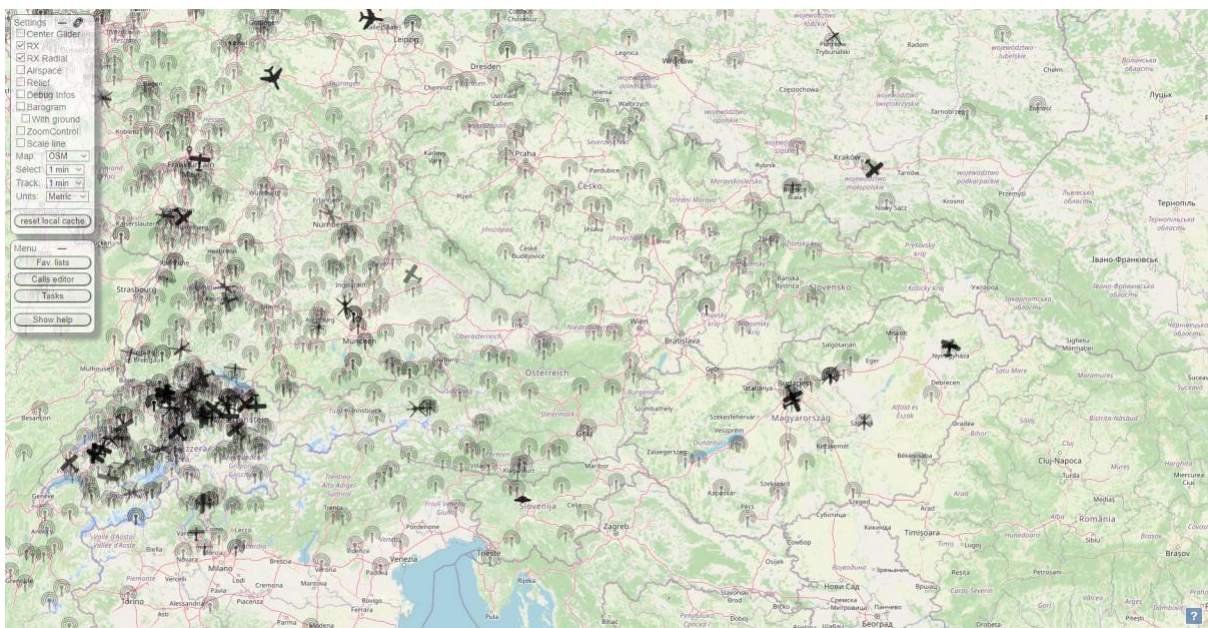
A földi infrastruktúra feladata, hogy a légi járművek által küldött rádióüzeneteket fogadja és azokból digitális adatcsomagot hozzon létre. Ez a digitális adatcsomag ezután egy központi adatbázisba kerül, amelyet a webes adminisztrációs felület már könnyedén tud kezelni és megjeleníteni.

Ahhoz hogy a légi járművek követése és az általuk küldött üzenetek fogadása folyamatosan biztosított legyen, a földi infrastruktúra fontos része a nagy hatótávolságú vevőantennák sokasága.

Egy ilyen, egész országra, és még az országon túlra is kiterjedő antennahálózat kiépítése rengeteg pénzügyi és humán erőforrás valamint alkatrészt kívánna. Jelenleg azonban van egy egész Európára (sőt még Európán kívülre is) kiterjedő közösségi kezdeményezés, amely segíti a vitorlázó repülőgépek, kisrepülőgépek, drónok és további repülőeszközök nyomon követését és a rádiójelek vételét. Ez az OGN (Open Glider Network) hálózata, amelynek egyik eleme a rádiójelek vételére alkalmas vevőantenna. A hálózat egyik eleme sem szabványosított, bárki elkészítheti terveit és ötleteit alapján a saját antennáját. A honlapjukon elérhető néhány leírás, tanács, konfigurációs fájl és szoftver, amelyet a készítő a közösséggel megosztottak. A csatolt térképeken jól látszik, hogy leginkább Svájc és Németország területét fedi le a hálózat, de már Magyarországon is több mint 20 antennát telepítettek. Célunk ezen meglévő antenna-hálózat tovább bővítése és a kölcsönös adatmegosztási kapcsolat kiépítése.



17. Ábra OGN antenna-hálózat Európában. Forrás: [glidertracker]



18. Ábra Az OGN földi antenna-hálózata Magyarországon és a közelében. Forrás: [glidertracker]



19-20. Ábra A képeken az OGN közösség által épített egy-egy rádióantenna látható.
Forrás: [Pavlin], [TheThingsNetwork]

A LATCAS fedélzeti egység által küldött rádiójelek felülről kompatibilisek az OGN hálózatával. Egy fedélzeti egység például lényegében megegyezik egy kis hatótávolságú vevőantennával. A hatótávolságot pedig erősebb antennával és megfelelő telepítéssel tovább lehet növelni. Így kisebb átalakítások után a fedélzeti egységekből hoznánk létre az első, általunk épített vevőantennákat, amelyek így nemcsak rádiójelek vételére, hanem a rádiójelek adására is képesek lesznek.

Az OGN-nel való kompatibilitás azonban már a saját földi antennák kiépítése előtt biztosítja a megfelelő lefedettséget és a légi járművek pontosabb nyomonkövetését akár az ország határain túl is. Az OGN antennái képesek többek között az OGN jeladóinak (OGN tracker) és a FLARM eszközök jeleinek vételére.

Webes adminisztrációs felület

A webes adminisztrációs felületet elsődleges feladata, hogy térképen megjelenítse a légi járműveket. Ehhez egyrészt kommunikálnia kell a központi adatbázissal, ahová beérkezik a LATCAS fedélzeti egységet használó járművek pillanatnyi adata (közlekedő légi jármű pozíciója, típusa, időjárási adatok), másrészt kommunikál az OGN hálózattal annak érdekében, hogy megjelenítse az OGN és Flarm jeladókat használó légi járműveket is. Az adatok gyors feldolgozása azt eredményezi, hogy a légi járműveket gyakorlatilag valós időben (pár másodpercnyi késéssel) nyomon tudjuk követni.

A felületen csak aktuális adatok megjelenítésére van lehetőség.

Bárki, aki a webes adminisztrációs felületet böngészi, elérheti majd az alábbi szolgáltatásokat:

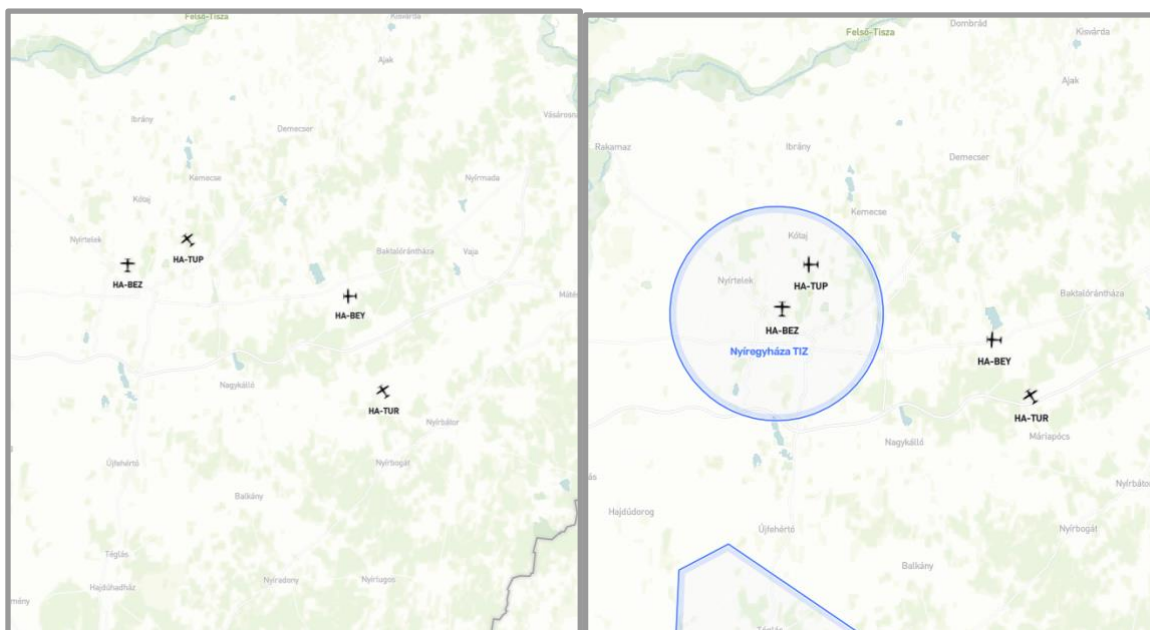
- Magyar nyelvű menü
- Légi járművek térképes megjelenítése, a légi forgalom valós idejű böngészése
- OpenStreetMap vagy pedig Műholdképes térképi megjelenítés közötti választás
- Kívánt légi járművek kiválasztása, légi jármű típusokra való szűrés

- Földi antennák megjelenítésének lehetősége
- A kiválasztott légijármű követése, és megtett útvonalának kirajzolása.
- Elérhetőek a telepítési útmutatók és a legújabb szoftverfrissítések, amelyeket a felhasználó letölthet
- Lehetőség van az állandó légterek kirajzolására
- Lehetőség van az aktuális időjárási információk megjelenítésére

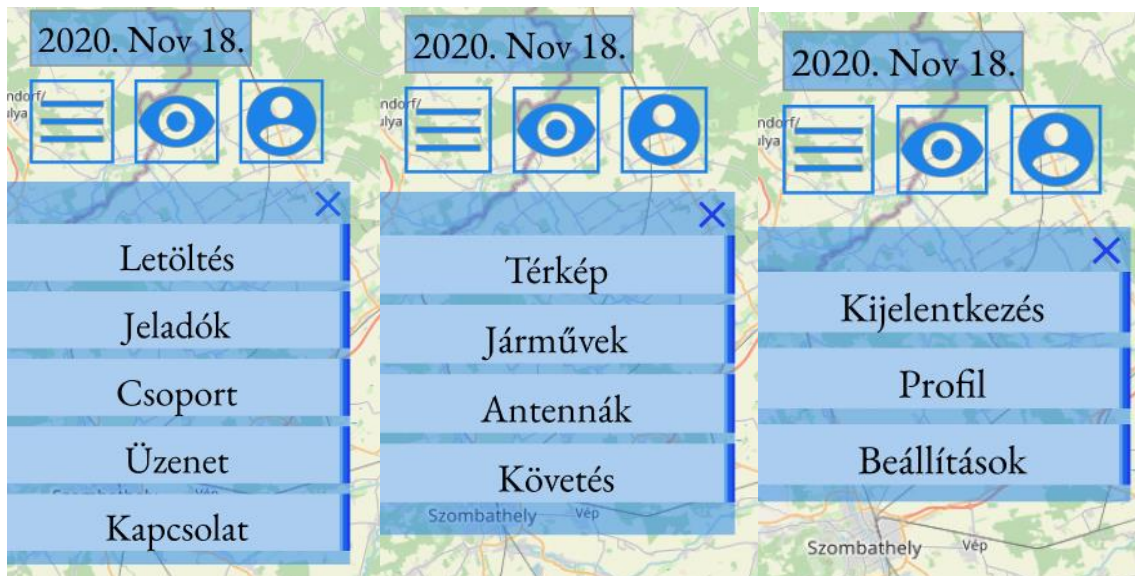
Az adminisztrátori jogokat kapott felhasználók bejelentkezés után további szolgáltatásokat érhetnek el:

- Egyéni, csoportos és egy adott sugarú körben mindenkinek címzett üzenetek küldése LATCAS fedélzeti jeladókra, illetve a korábban küldött üzenetek visszatekintése
- Új jeladó hozzáadása és szerkesztése
- Új csoport létrehozása, csoport szerkesztése. Az egy csoportba tartozó légijárműveknek az üzenetküldés egyszerűbb.

A webes adminisztrációs felület több kritikus funkcióját (légijárművek pozíciójának, típusának adatbázisból való kiolvasása és térképes megjelenítése, élő nyomkövetés, térkép-választás, légterek megjelenítése) sikerrel futtatuk tesztkörnyezetben.



21. - 22. Ábra A két képen a webes adminisztrációs felület térképes megjelenítése látható. A háttérben egy OpenStreetMap réteg, rajta pedig 4 db jeladóval rendelkező vitorlázógép repül éppen Nyíregyháza közelében. Bekapcsolt légtér-megjelenítés mellett (jobb oldali kép) kirajzolódik a Nyíregyháza Repülőtér ellenőrzött légtere.



23 - 24. Ábra A három kép a webes felületről elérhető menüpontokat mutatja be. Az első, általános menü-szimbólumra kattintva láthatóvá válnak a LATCAS jeladóival kapcsolatos menüpontok, a középső szem ikonra kattintva a térképes megjelenítéssel kapcsolatos menüpontok, a harmadik felhasználó ikonra kattintva pedig a bejelentkezési beállítások és profil adatok.

Hivatkozások

[Pavlin]	http://e.pavlin.si/2018/04/03/colinear-antenna-for-868mhz-lorawan-gateway/
[TheThingsNetwork]	https://www.thethingsnetwork.org/labs/story/simple-homemade-outdoor-868mhz-antenna-groundplane
[OGNTP]	http://wiki.glidernet.org/ogn-tracking-protocol
[OGN]	http://wiki.glidernet.org/start
[Flarm]	https://flarm.com
[Pilotaware]	https://www.pilotaware.com
[glidertracker]	http://glidertracker.org
[FANET]	https://www.researchgate.net/publication/319310847_Flying_Ad-Hoc_Networks_FANETs_A_Review_of_Communication_architectures_and_Routing_protocols
[SoftRF]	https://github.com/lyusupov/SoftRF
[IATA]	https://www.iata.org/en/programs/safety/midair-collision/

Rövidítések

Rövidítés	Rövidítés feloldása	Jelentés
OGN	Open Glider Network	Vitorlázók közösségi hálózata
OGNTP	Open Glider Network Tracking Protocol	OGN Nyomkövetési protokoll
LED	Light-emitting diode	Világító dióda
GPS	Global Positioning System	Globális Helymeghatározó Rendszer
STX	start of text character	Üzenet-kezdő karakter
LF	linefeed	Soremelés
CR	carriage return	Kocsi vissza

OLED	Organic Light Emitting Diodes	Olyan LED, ahol a fény kibocsátásért felelős elektrolumineszcens réteg szerves vegyület, mely elektromos áram hatására világít.
------	-------------------------------	---