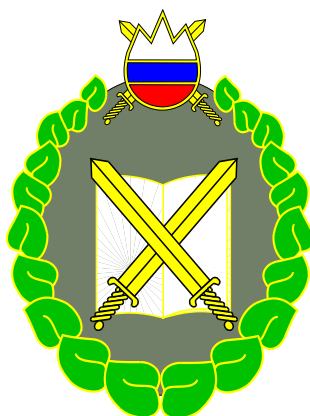


**ŠOLA ZA ČASTNIKE
XXII. GENERACIJA
SPECIALIZACIJA NZP**

ZAKLJUČNA NALOGA

**IDENTIFIKACIJSKI SISTEMI
(IFF - IDENTIFICATION FRIEND OR FOE)**



Slušatelj: poročnik Mihael MARTINČIČ

Mentor: poročnik Matjaž SANDA

Maribor, december 2011



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OBRAMBO
Slovenska vojska
Poveljstvo za doktrino, razvoj,
izobraževanje in usposabljanje
Šola za častnike

Številka:

Datum:

ZAKLJUČNA NALOGA

IDENTIFIKACIJSKI SISTEMI **(IFF - Identification Friend or Foe)**

Slušatelj: poročnik Mihael MARTINČIČ

Mentor: poročnik Matjaž SANDA

Maribor, december 2011

POVZETEK

Namen zaključne naloge je predstaviti in opisati kako deluje in kaj vse sestavlja celotni sistem IFF (identification friend or foe). To je kompleksen sistem med seboj odvisne moderne tehnologije, ki je praktično najpomembnejši del sodobnega nadzora letalskega prometa. Skupek moderne tehnologije z visoko zmogljivostjo, ki nam pomaga pravočasno in uspešno določiti vrsto letala in njegove namene, da lahko pravilno ukrepamo in postopamo po varnostnih procedurah. Dotaknil se bom tudi zgodovine razvoja sistema, ter kako so delovali prvi IFF sistemi, prvi aktivni sistemi in sistemi za identifikacijo, ki se jih uporablja še danes.

Sistem IFF je v uporabi tako v vojski kot tudi v civilni sferi letalstva ter se tako tudi med seboj deloma razlikujeta v principu dela in identifikacijskih sistemih.

Opisal bom civilne identifikacijske sisteme, vojaške identifikacijske sisteme in skupne sisteme ter kateri so in kakšne so zahteve.

Vojaški identifikacijski sistem je specifičen iz razloga identifikacije, ko ni možnosti elektronske identifikacije s pomočjo IFF sistema v času krize in konflikta. takrat nastopijo proceduralne identifikacije, katere morejo v enoti za obdelavo radarskih podatkov zelo dobro poznati, da lahko uspešno in strokovno opravijo svoje delo.

KLJUČNE BESEDE: identifikacija, IFF sistem, specifika vojaške identifikacije.

SUMMMARY

The purpose of presented work is a present and describe how it work and what the whole system consists of IFF (Identify Friend or Foe). This is a complex system of interdependent modern technology, which is practically the most important part of modern air traffic control. A collection of modern technologies with high performance, which help us to timely and successfully to determine the type of aircraft and its purpose to act correctly and proceed a security procedure. I also touched on the history of system development, and how they acted IFF systems, the first active systems and identification systems, which are used today.

IFF system for the use of both military and civil aviation sphere and also between themselves somewhat different, in principle, work and identity systems.

I'll describe civil identification systems and joint military systems and what are they and what are the requirements.

Military identification system is also specific identification of the ground when there is no possibility of an electronic identification system with IFF help in times of crisis and conflict will occur and identify procedural, not by military controllers are well aware that it can effectively and professionally carry out their work.

KEY WORDS: identification, IFF system, military identification specification

KAZALO

POVZETEK	ii
SUMMMARY	iii
KAZALO	iv
1 UVOD	1
1.1 IZHODIŠČE ZAKLJUČNE NALOGE	1
1.2 NAMEN IN CILJI	2
1.3 METODE DELA	2
1.4 STRUKTURA ZAKLJUČNE NALOGE	2
2 ZGODOVINA	3
3 ZAČETEK ELEKTRONSKE IDENTIFIKACIJE	5
3.1 PRVI AKTIVNI IFF SISTEMI	5
3.2 DODATNE IZBOLJŠAVE	6
3.3 IFF VPRAŠANJE in ODGOVOR	7
3.3.1 Kaj je IFF sistem in kako deluje?	7
4 KAKO JE CIVILNI ZRAČNI NADZOR DRUGAČEN OD VOJAŠKE IDENTIFIKACIJE ..	9
4.1 KAKŠNA JE PRIHODNJA UPORABA IN NAČIN DELOVANJA ZA IFF IN KONTRLO ZRAČNEGA PROMETA	9
4.2 KATERI SO VARNOSTNI ALI KRIPTOGRAFSKI NAČINI DELOVANJA IFF	10
4.3 KAKO DANES DELUJE IFF SISTEM	11
4.3.1 Dokumenti, ki določajo civilne identifikacijske sisteme	11
4.3.2 Civilne zahteve po identifikacijskih sistemih	13
4.4 CIVILNI IDENTIFIKACIJSKI SISTEMI	13
4.4.1 MODE A	13
4.4.2 MODE C	14
4.4.3 MODE S	14
4.4.4 MODE S in ACAS	14
4.4.5 MODE S in ADS – B	14
4.5 IZVOR MODE S	15
4.6 KAKO POVPRŠEVANJE IN ODGOVOR DEJANSKO DELUJETA	16
4.6.1 Poznamo tri tipe izziva v MODE S SSR sistema	16
5 IDENTIFIKACIJA	17
5.1 IDENTIFIKACIJA PREKO PLANOV LETA	18
5.2 ID Z OZNAKO LETA	18
5.3 IDETNIFIKACIJA PREKO LINK 1	19
6 VOJAŠKE ZAHTEVE PO IDENTIFIKACIJSKIH SISTEMIH	20
7 SEKUNDARNI RADAR (SSR)	21

7.1 OSNOVNI PRINCIPI	21
7.2 PROBLEMI PRI SEKUNDARNEM RADARJU.....	22
7.2.1 Fruit	23
7.2.2 Garbling.....	23
7.2.3 Drugi problemi.....	24
7.2.4 Multipath.....	24
8 ZAKLJUČEK.....	26
9 LITERATURA IN VIRI.....	27
SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC	28
SEZNAM SLIK.....	29
IZJAVA O AVTORSTVU.....	30

1 UVOD

1.1 IZHODIŠČE ZAKLJUČNE NALOGE

Zračni prostor je v današnjem svetu, kjer vladajo informacije in čas postal pomemben, če že ne najpomembnejši del zemeljske celote, znotraj katerega se odvijajo prenosi podatkov in materije z veliko hitrostjo. Količina zračnega prometa in transporta se nezadržno povečuje, na drugi strani pa je velikost zračnega prostora omejena. Zaradi vedno večje gostote zračnega prometa se pojavlja vprašanje varnosti.

Lastnost zračnega prostora je, da nima skoraj nobenih naravnih omejitev, razen višine do katere so sposobna leteti letala, in da povezuje vse države na svetu pomeni, da lahko kdorkoli, ki ima na voljo zrakoplov poleti kamorkoli in s kakršnim koli namenom.

Zaradi kontrole nad varnostjo civilnega in vojaškega zračnega prometa je bil razvit in vzpostavljen sistem IFF za kontrolo letenja ki se opira na zanesljivost elektronike, in deluje na standardih, ki so enaki po celem svetu.

Zaradi kontrole in varovanja ozemeljskih celovitosti in suverenosti zračnega prostora posameznih držav, pa so vse države vzpostavile vojaške sisteme kontrole in nadzora zračnega prostora in je vzporeden civilnemu vendar bistveno bolj zaščiten. Varovanje neba je postalo še posebej pomembno po dogodkih 11. septembra.

Da bi to suverenost zračnega prostora uspešno varovali, je potrebno posamezno zračno plovilo že pred vstopom pravilno identificirati in prepoznati. To dejanje se izvaja s predpisano sodobno moderno tehnologijo elektronike, tako imenovano IFF, ki more biti po zahtevah ICAO, tovarniško vgrajena v vsa letala, ki letijo v kontroliranem zračnem prostoru.

IFF sistem je zapleten sistem raznih načinov dela, ki jim rečemo MODE. Kakšne mode ima IFF in komu vse pripadajo, kateri so kodirani in kaj pomenijo je predhodno določeno in dogovorjeno med civilno kontrolo zračnega prometa in vojaško kontrolo.

Poleg elektronskega prepoznavanja ima vojaška kontrola na razpolago tudi proceduralne postopke, kateri pridejo v poštev v času konfliktov in so bistveno zahtevnejši za operaterja, da jih pozna in po njih postopa. Ti postopki so predpisani v nato dokumentih in se nanašajo izključno za vojaško letalstvo.

Pravočasna identifikacija plovila je bistvena in eden pomembnejših elementov kontrole letenja, v miru še posebej pa to velja v času konflikta.

Z uspešno in pravilno identifikacijo se lahko izognemo neljubim dogodkom kot je bil na primer pred kratkim teroristični napad v Ameriki in v drugi svetovni vojni boleč napad Japonskega letalstva na Pearl Harbor.

1.2 NAMEN IN CILJI

Cilj zaključne naloge z naslovom IFF je opisati kako zapleten je sistem, kako deluje za civilno področje in kako deluje na vojaškem, kakšne zahteve ima civilna kontrola ter kakšne zahteve ima vojska in s čim vse mora biti sistem kompatibilen in kako je zaščiten. Predstavil bom tudi kakšni so njegovi sklopi, ter kakšne postopke poleg elektronske identifikacije še poznamo in kdaj jih uporabljamo, za uspešno izvajanje identifikacije in s tem določiti prijatelj ali sovražnik in tako se že predčasno ustrezno pripraviti in preprečiti morebitna agresorska dejanja in žrtve.

Namen zaključne naloge je zbrati podatke posameznih sklopov IFF sistema ter njihove karakteristike in jih predstaviti na enem mestu in enem poglavju. Skupek zbranih informacij na enem mestu je osnova za vpogled v princip delovanja zapletenega sistema in uporabo IFF sistema za civilne in vojaške kontrolorje zračnega prostora.

1.3 METODE DELA

Zaključna naloga je izdelana na podlagi zbiranja literature o obravnavani tematiki IFF sistem in večina dostopne literature je v angleškem jeziku. Zaradi nekaterih strokovno tehničnih izrazov jih tudi ne morem prevesti, tako da obdržijo pravi pomen. Pri zbiranju literature sem naletel na problem, ker literature v slovenskem jeziku skoraj da ni, ter s to tematiko tudi zelo slabo založene knjižnice. Tako sem večino dostopne in uporabljene literature dobil preko spleta in predstavitev PowerPoint-ov.

Pri opisovanju nekatere tematike sem se znašel pred problemom ker je nekaj literature, ki je klasificirana z določeno stopnjo tajnosti in uporabo te literature, kot vira informacij in navajanja le-te.

Naloga izdelana po metodi zbiranja potrebne literature, prebiranja opisovanja ter urejanja v predstavljeno celoto kot zaključna naloga.

1.4 STRUKTURA ZAKLJUČNE NALOGE

Zaključna naloga je sestavljena iz treh glavnih sklopov. Prvi sklop predstavlja prvo poglavje, v katerem so predstavljena izhodišča, namen in cilji zaključne naloge, metode dela pri izdelavi naloge, ter struktura zaključne naloge.

2 ZGODOVINA

V zgodovini človeštva so se vojne in vojskovanja dogajala predvsem z namenom po zaslužjevanju delovne sile in osvajanju ozemlja ter njenega naravnega bogastva. S tem namenom so vojske odhajale na bojišča ter bojne naloge daleč preko meja svojega ozemlja na tuja ali sovražna ozemlja in se iz njih tudi vračale. Vojne so bile lahko v naprej napovedane ali pa so se pričele kot strogo zaupne diverzantske naloge. Med samim vračanjem lastnih enot iz teh nalog nazaj na svoje ozemlje ali v bazne tabore, so bile najnevarnejše enote, ki so bile vrinjene ali dobro maskirane sile sovražnika, ki so se tako pritihotapile na ozemlje, kjer jih naj ne bi bilo in jih nebi smelo biti, in s tem zadajale nasprotnim vojskam ali državi velike izgube ali škodo.

V ta namen so vojske uvedle in razvile različne načine identifikacije ter prepoznavanje lastnih enot in objektov, pri vračanju iz bojnih nalog. Vsi ti načini identifikacije so se večinoma na začetku izvajali iz neposredne bližine ali vsaj iz bližine vidnega polja, kar je prav tako predstavljalo neposredno nevarnost, če ne za drugega za identifikatorje ali enote za ta namen, ki so prišle v neposredni stik s nasprotnikom in v primeru večjega števila nasprotnikov je le-ta z lahkoto prodril v notranjost ozemlja. Vsako takšno identifikacijo je bilo možno tudi opazovati in jo posnemati ter jo izkoriščati v svojo korist. Zopet so se ponavljali napadi in desanti vrinjenih enot. S časom so začeli te signale tudi kodirati, kar je bilo pri ločevanju lastnih enot od sovražnih učinkovitejše, vendar zopet le za kratek čas.

Skozi čas je bilo vedno bolj pomembno vedeti, kdo so prijatelji ter jih čim prej identificirati. Nikjer ni bilo to bolj očitno kot med vojaškimi konflikti, spopadi, kjer so že stoletja zastave, transparenti, oznaka in uniforme dovoljevale nasprotnikom razlikovati njihove enote od drugih in s tem kdo ima mogoče manj prijateljske namene. Ponoči ko vizualna sredstva postanejo nemogoča za uporabo, v uporabo stopijo gesla in nasprotni signali s čimer dosežejo enak učinek identifikacije.

Ta sistem je deloval tisočletja tako dolgo kot so bili spopadi iz oči v oči, in je vizualna identifikacija bila možna. Toda pred 70. leti ko se je začela 2. svetovna vojna, je široka razpršenost uporabe letalstva tako v civilne namene še bolj pa v vojaške namene, povzročila dramatične in neizprosne spremembe. V času ko je bila vizualna identifikacija še možna, je bilo tako pogosto prepozno da bi preprečili napade in ko so bile bojne sile enkrat obkoljene na nasprotni strani neke geografične linije, je nova bojna cona hitro postala kaotična mešanica prijateljskih in sovražnih letal.

Vizualna sredstva so bila in so pomembna metoda pri razlikovanju med prijatelji in sovražniki. Nekateri starejši ljudje, ko so bili otroci v poznih tridesetih in zgodnjih štiridesetih se bi morda spomnili učenja in študiranja priločnikov letal in črnih silhuet kar jim je omogočalo prepoznavanje razlike med japonskim Mitsubishi Zero od ameriškega Lockheed P-38 Lightning ali katerega koli od mnogih drugih letal. Toda letala lahko letijo tudi ponoči in njihova hitrost je ustvarila druga sredstva za opozorila odločilnega pomena.

Novo nastale zgodnejše oblike radarja in čeprav se je zdela da je to rešitev problema, je velika slabost kmalu postala nazorna. Radar lahko zazna prihajajoča letala na precejšnji razdalji z pošiljanjem močnih radio frekvenčnih pulzov, in zazna odboj, ki so ga odbijala letala, ne more pa prikazati katera vrsta letala je bila najdena ali komu je pripadalo. Ironično je, da tragičen dogodek, ki se je zgodil na Pearl Harbor, bi lahko bil drugačen, če bi radar omogočal tudi

identifikacijo tako kot zaznavo. Ameriška radarska postaja na Diamond Headu je zaznala prihajajočo armado letal, vendar je bilo razglašeno kot let ameriških letal prihajajočih iz celine.

V sodobnem času, v času elektrike ter času ko je bil odkrit radijski signal kot medij za prenos podatkov pa so v ta namen za pravočasno prepoznavanja lastnih, oziroma prijateljskih sil od sovražno namenskih in agresorskih sil razvili elektronski sistem prepoznavanja, katerega so poimenovali IFF in tako imenovanega se z hitrim razvojem letalstva po prvi svetovni vojni, večinoma uporablja v letalskih silah in nadzoru zračnega prostora, ter posredno v zračni obrambi, kjer so se hitrosti zračnih plovil zelo povečale in s tem tudi sam potek morebitnih agresorskih namenov in potek vojskovanja ter še bolj pomembno, hitrost pravočasnega prepoznavanja in odločanja.

3 ZAČETEK ELEKTRONSKE IDENTIFIKACIJE

Prvi nemški manever, kateri je bil kmalu nadomeščen z drugim je bil pasiven sistem na osnovi elektro magnetnega sevanja v tem, da je bil odbiti signal še vedno samo radarsko sevanje, ki je bilo poslano iz radarjev na tleh.

Zgodaj v začetku evropskih spopadov v drugi svetovni vojni, so bili Britanski letalci zmedeni glede čudnega obnašanja nemških lovcev. Občasno in brez očitnega razloga naj bi se nemška letala istočasno prevračal. Britanci so sčasoma prestregli radijski signal iz zemlje, ki je vedno vodil k tem nenavadnim manevrom. Signal je bil za tem realiziran z prevračanjem po naprej določenem signalu, tako so Nemci zamenjali polarizacijo radarskega sevanja pobrano od njihovih lastnih radarjev na tleh. Ustvarili so značilen odboj na radarjih, kar jih je razlikovalo od ostalih, tako so nemški operaterji na radarjih lahko identificirali njihove lastne sile.

Surovo in enostavno je bilo predstavljen in uporabljen prvi poizkus elektronskega IFF sistema. Vključuje strukturo sodelovanja osnovnih IFF sistemov, pozivanje ali vprašanje (kodirano radijsko sporočilo) in specifični odgovor (prevračanje kar povzroči spremembo na odboju radarskega signala).

(glej: <http://www.dean-boys.com/extras/iff/iffqa.html>)

3.1 PRVI AKTIVNI IFF SISTEMI

Prvi aktivni IFF sistem in tudi sekundarni nadzorni radar, ki je danes zelo pomemben za identifikacijo je izumil in razvil Robert Watson - Watt leta 1935.

Slika 1: inovator in izumitelj IFF sistema Robert Watson - Watt



Vir: <http://pn.iee.org/local/uk/southeast/sussex/iff.cfm>

Po odkritju tega prvega IFF sistema so britanske in ameriške sile delale na razvoju, da bi razvile uspešen identifikacijski sistem, ki bi jim omogočil uspešno prepoznavanje lastnih sil od tujih.

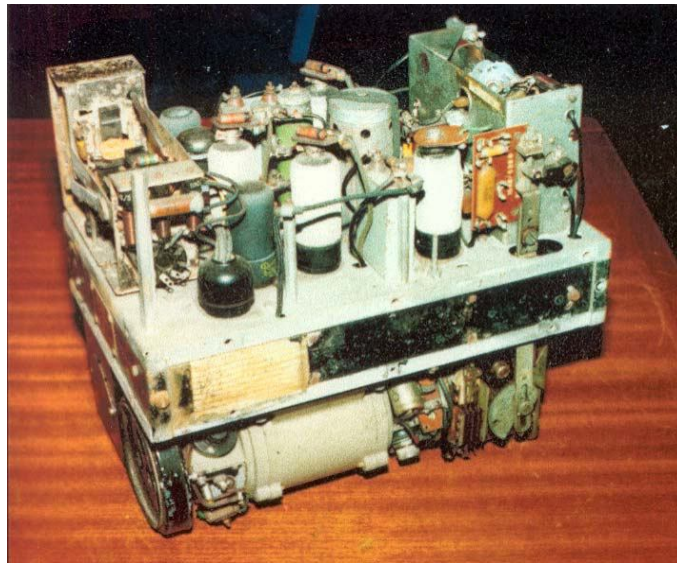
Prvi aktivni uporabljen sistem pri zaveznikih, je bil sistem, kjer je bila uporabljena energija radijskega signala za zaznavo letala in nato uporabljena tudi za odbiti signal, ki je označeval pozicijo letala in razdaljo do letala. To je tudi sedaj osnovna uporabljena metoda, v vseh delujočih in med seboj sodelujočih komponentah IFF sistemov.

Približno leta 1940 je aktivni sistem, imenovan kot Mk I, bil dan v uporabo. Ta je uporabljal sprejemnik na vsakem letalu, kateri je prešel v nihanje in istočasno začel delovati kot oddajnik v trenutku ko je sprejel radarski signal iz zemlje. Zaradi uporabe različnih radarskih frekvenc, je moral biti mehansko nastavljen na področje frekvence radarja z namenom, da bi bil sprožen s katerim koli radarjem je bil obsijan. Ta potreba po mehanskem ročnem nastavljanju na delovno področje radarja in drugi faktorji so precej omejili zmogljivost IFF sistema.

Sistem je bil dalje posodobljen in razvit z dodatnim ločenim oddajnikom, kateri je bil nastavljiv skozi radarska področja, istočasno z sprejemnikom. Sprožen je bil s signali iz sprejemnika. Ta novost je povečala moč odbitega vrnjenega signala in vrnjeno razdaljo. Poznan kot MK III, je bil lahko tudi programiran, da se odzove v eni izmed šestih različnih kod in tako zagotovi nekoliko višjo dodatno stopnjo identifikacije.

(glej: <http://www.dean-boys.com/extras/iff/iffqa.html>)

Slika 2: British IFF Mk.III transponder with rooster beacon channel



Vir: <http://pn.iee.org/local/uk/southeast/sussex/iff.cfm>

3.2 DODATNE IZBOLJŠAVE

Po drugi svetovni vojni, z hitrim razvojem tehnike, ko se razvijejo nova visoko zmogljiva letala, so potrebe po učinkovitem in zanesljivem IFF sistemu vodile v dolgo serijo nadaljnjih izboljšav, kar je sčasoma pripeljalo do modernega IFF sistema, ki so v uporabi še danes.

Littonska zgodovina se je začela ko je podjetje začelo izdelovati IFF komponente v letu 1951. Te aktivnosti so prerasle v razvoj in proizvodnjo kompletnih IFF sistemov in podporne opreme, kar jih je pripeljalo v vodilni položaj, na področju v katerem danes podjetje prevladuje. (glej: <http://www.dean-boys.com/extras/iff/iffqa.html>)

Slika 3: Zadnja generacija skupnega IFF transponderja MK. XII/model S stopnja 3



Vir: <http://pn.iee.org/local/uk/southeast/sussex/iff.cfm>

3.3 IFF VPRAŠANJE in ODGOVOR

3.3.1 Kaj je IFF sistem in kako deluje?

Z Prihodom nadzvočnih letal in hitrimi proti letalskimi raketami, ni kaj dosti časa za identifikacijo prijateljskih sil z vizualnimi sredstvi. IFF je elektronski sistem kateri lahko zazna in prepozna letala z hitrostjo najhitrejšega računalnika. Sorodni sistem vojaškemu je uporabljen za nadzor zračnega prometa na civilnih letališčih. Podjetje Litton je svetovni voditelj v razvoju in proizvodnji vojaškega IFF sistema.

Moderni IFF sistemi so na osnovi VPRAŠAJ in ODGOVORI sistemi. Poizvedovalni pozivalni sistem pošlje preko radarskega oddajnika, ki se nahaja na sekundarnem radarju, kodiran radio signal, kateri sprašuje različno število vprašanj, vključno z in iz stališča vojaške uporabe najbolj pomembno vprašanje: KDO SI TI?

Tako imamo še en pomemben element celotnega IFF sistema, sekundarni radar, ki je izključno namenjen za zbiranje razno raznih podatkov od plovil, iz strani civilne ATC in vojske kateri nam služijo za nadaljnjo identifikacijo.

Poizvedovalni pozivalni sistem je pogosto povezan in nameščen skupaj z instalacijo primarnega radarja na zemlji, vendar je prav tako lahko nameščen tudi na krovu ladje ali katerega drugega letala, vendar uporablja svojo anteno. Poizvedovalne kode ali poziv, kot se jim reče so

pridobljene od elektronskega sistema znanega kot transponder, kateri je tovarniško vgrajen na krovu odkritega in lociranega letala. Če transponder sprejme pravilne elektronske kode od proizvedovalca, bo avtomatično odposlal za odgovor po katerem sprašuje proizvedovalec, zahtevano kodirano identifikacijo nazaj k proizvedovalčevemu radarju. Ker je bil razvit kot dodatek primarnemu echo – type radarju za odkrivanje in je ponavadi uporabljen v povezavi z primarnim radarjem, je IFF sistem znan kot sekundarni radar.

Slika 4: sekundarni radar in antena



Vir: http://sr.wikipedia.org/wiki/Sekundarni_radar

4 KAKO JE CIVILNI ZRAČNI NADZOR DRUGAČEN OD VOJAŠKE IDENTIFIKACIJE.

Po 1960-tem letu se je civilni zračni promet v združenih državah in splošno po svetu povečal toliko, da so kontrolorji zračnega prometa imeli identifikacijsko krizo. Monitorji z radarsko sliko s pomočjo katere so razvrščali in usmerjali letala, so v območjih z veliko gostoto prometa postali tako zatrpani z odboji primarnega radarja kar je postala težava pri ločevanju in vedenju kateri pulz predstavlja in spada k kateremu letalu. Prav tako so primarne radarje precej uporabljali pri določanju višin po katerih so mnoga letala letela. Posledično, je sistem postal podoben in združljiv z vojaškimi sistemi, vojaški IFF sistemi pa so bili potrjeni in predstavljeni z pravicami civilne zračne kontrole.

Od kar civilna zračna kontrola operira samo z (upajmo) civilnimi letali, mu bolj primerno pravijo nadzor zračnega prometa, sistem radarskega svetilnika.
(glej: <http://www.dean-boys.com/extras/iff/iffqa.html>)

4.1 KAKŠNA JE PRIHODNJA UPORABA IN NAČIN DELOVANJA ZA IFF IN KONTROLO ZRAČNEGA PROMETA

V sedanjem sistemu IFF, se žarek elektro magnetnega valovanja poizvedovalnega signala razširi po horizontu sinhrono z žarkom primarnega radarja in vsi transponderji na letalih, ki si dosegljivi z tem žarkom so sproženi, da odgovorijo kjerkoli so, v takojšnjem interesu za kontrolo zračnega prometa in nadzora ali pač ne.

Trenutni sistem nadzora zračnega prostora je precej delavno intenziven za oba, kontrolorje na tleh in posadke letala ter se močno opira na dvosmerno govorno komunikacijo za prenos rutinskih podatkov.

Za spremembo tega trenda je odobrila FAA razvoj novega sistema določenega mode S, ki se bo uporabljal za komercialne prevoznike. Sistem se prav tako uporablja po regijah Evrope. Sistem uporablja standardne IFF frekvence 1030 in 1090 MHz, vendar oba tako pozivni kot odgovor formati so bolj kompleksno kodirani kot v trenutnem sistemu (svetilnik). Še zlasti, vsakemu uporabniškemu letalu bo dodeljen stalni MODE S naslov kateri se ne bo delil z nobenim drugim naslovom (izmed 16 milijonov razpoložljivih naslovov). Ob vstopu letala v MODE S kontrolirano cono, bo naslov samodejno sprožen iz kontrolne postaje na zmelji in bo vstopil v centralni računalnik. Potem je lahko letalo edinstveno naslovljeno, kar močno zmanjša sistem za samomotnje. Odgovorno sporočilo bo prav tako vsebovalo naslov letala, višino in druge izbrane podatke.

Mode S sistem je zasnovan tako, da je kompatibilen z trenutnim radijskim svetilnikom, ki ga uporabljajo kontrolorji zračnega prometa, tako da letala opremljena s načinom (MODE S) lahko še naprej obratujejo in letijo v zračnem prostoru, ki ni pokrito in kontrolirano s načinom S. To bo omogočilo sistemu, da bo nameščen v razvojnem načinu. Sistem vključuje tudi številne prednastavljive funkcijske rasti, ki bodo vodile k visoko avtomatiziranemu sistemu nadzora zračnega prometa vključno z opremo za preprečevanje trkov ACAS. Tako bo novi sistem povečal učinkovitost in varnost letenja ter večji in hitrejši pretok tako letal kot informacij.

Vojaška identifikacija je bila prav tako raziskana in predvidena za spremembe. V sredini leta 1980 je bil raziskan razpršen spekter valovne oblike, in v polnem pomenu razvoja se je začel v Združenih državah Amerike. Sistem je bil označen kot Mk XV. v Evropi, NATO države so prav tako sodelovale v vzporednem programu NIS (NATO identification system). Prva prednostna naloga novega vala je bila zagotoviti NATO notranjo operativnost med NATO državami v identificiranju letal. Cena za tako polno uveljavljenost sistema je bila previsoka da bi zaživel, in tako je bil razvoj opuščen.

Interesi v novi obliki, kateri lahko prav tako zagotovijo podatkovni prenos podobnemu MODE S je še vedno prednostni. NATO države nadaljujejo pri opredeljevanju novo oblikovanega sistema imenovanega Mk XIIA, kateri bo uporabljal razširjen spekter tehnike da zagotovijo izboljšave med motnjami kot sta fruit in garbling. Striktni poudarek je na izvedbeni ceni in notranjo operativnostjo s sedanjim Mk X/XII.

(glej: <http://jcs.dtic.mil/j6/cceb/acps/acp160/ACP160D.pdf>)

4.2 KATERI SO VARNOSTNI ALI KRIPTOGRAFSKI NAČINI DELOVANJA IFF

Pravi razlog za IFF sistem je bil zaradi potreb po identifikaciji lastnih sil v bojnem polju in okolju. Iz tega razloga je pomembno, da sovražne sile ne morejo uporabiti tega sistema in se identificirati kot prijateljske sile, če tudi bi jim IFF oprema fizično prišla v roke. Litton zagotavlja vojaško IFF opremo, vključno z najbolj naprednimi šifrirnimi sistemi, kateri preprečujejo nepooblaščen uporabo.

Zavarovan način je namenjen izključno za vojaško uporabo. Ti načini uporabljajo zelo dolgo vprašanje, katero vsebuje preambulo, ki pove transponderju, da gre za sprejemanje varnega sporočila. Izzvati samega sebe je zaščiteno na zasliševalcu, z ločeno napravo katera uporablja številne matematične algoritme in jih daje v varovane oblike. Transponder usmeri izhodno poizvedbo na ločeno napravo, katera uporablja obraten algoritem za dešifriranje izziva-poizvedbe. V bistvu vsak izziv je povedati transponderju, da odgovori na določen način. Če transponder ne more dešifrirati izziva, ne bo mogel odgovoriti na pravi način in tako ne bo identificiran kot prijatelj.

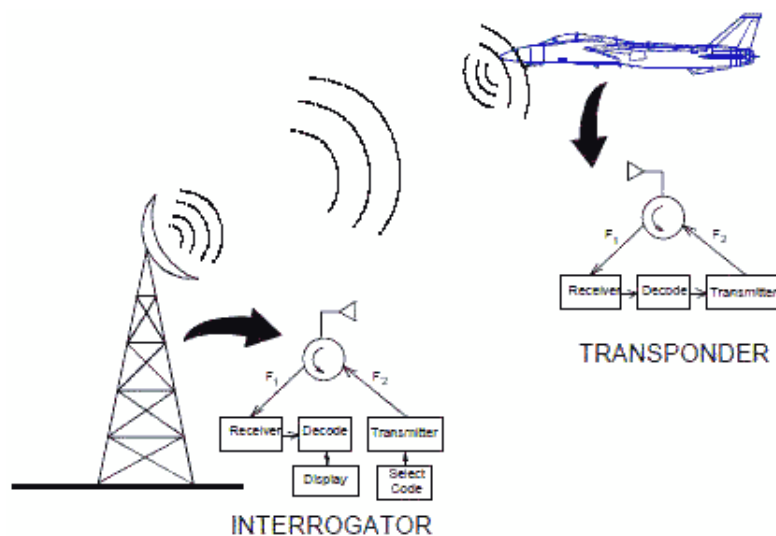
Za preprečevanje nepooblaščen uporabe bodisi izzivalne opreme ali transponderjev, v primeru če bi prišli v nasprotnikove roke, mora biti kodirni ključ obdobjno periodično vnesen v vsako napravo posebej. Da bi odpravili možnost naključnega ugibanja sovražnih ciljev, z ustreznim pravilnim odgovorom, je vsaka identifikacija sestavljena iz serij hitrih izzivov, vsak izziv pa zahteva drugačen odgovor, kateri mora biti pravilen preden je tarča potrjena kot prijatelj. Zelo visoka stopnja varnosti identifikacijskega sistema je zagotovljena skozi uporabo ključnih kod in mogočne kriptografske tehnike.

4.3 KAKO DANES DELUJE IFF SISTEM

Moderni IFF je dvokanalni sistem, z frekvenco (1030 Mhz) uporabljeno za izzive – poizvedovanje in drugega (1090 Mhz) za odgovor. Sistem je naprej razdeljen na štiri načine (MODE) delovanje, dva za oba vojaška in civilna plovila in dva striktno samo za vojaška plovila.

FAA predpisi zahtevajo, da vsa letala vojaška ali civilna, ki letijo na višini 10,000 čevljev (feet) ali višje znotraj kontroliranega prostora, morajo biti opremljena z operativnim IFF transponder sistemom zmožnim avtomatskega poročanja višine (to je razlog da sta dva načina (MODE) uporabljena za oba vojaška in civilna letala).

Slika 5: Princip delovanja izziva in odgovora IFF sistema



Vir: <http://www.tscm.com/iff.pdf>

4.3.1 Dokumenti, ki določajo civilne identifikacijske sisteme

- ICAO:

- o Annex 10: International Standards and Recommended Practices for Aeronautical Telecommunications
- o www.icao.int

- EUROCONTROL:

- o European Surveillance Strategy
- o Mode S and ACAS Programme
- o www.eurocontrol.int

Vsak način, delovne izvedbe ima specifičen tip informacij od letala, ki je bil pozvan. Način 1 (MODE 1), ki ima 32 dvošteviličnih kod za odgovor, je uporabljen izključno v vojaški kontroli zračnega prometa, da določi kateri tip letala je odgovoril in na katerem tipu misije je.

(MODE) način 2, je prav tako samo za vojaško uporabo, zahteve »registrska številka« katera identificira določeno letalo. V tej kodi je tudi podatek o pilotu letala ter iz katere letalske baze je to letalo poletelo in izvor države. Na razpolago je 4096 možnih odgovorov kod v tem načinu. Tako MODE 1 in MODE 2 sta zaupni vojaški podatek.

(MODE 3/A) način, je standarden način za kontrolo zračnega prometa. Je mednarodno uporabljen, v povezavi z načinom samodejnega poročanja višine (MODE C), da zagotovi pozitivno kontrolo vseh letal, ki letijo po inštrumentalnih pravilih letenja. Takšnim letalom so dodeljene edinstvene (MODE 3/A) kode s strani letališke odhodne kontrole. Letala splošnega letalstva, ki letijo po vizualnih pravilih letenja, niso pod stalno pozitivno kontrolo, in takšna letala uporabljajo skupno kodo (MODE 3/A) 2000. V takšnih primerih, dodeljeno številčno kod ročno vnese v transponder (nadzorno enoto) pilot ali eden izmed posadke. Številka (squawq) je lahko tudi spremenjen med samim letom iz starani kontrole zračnega prometa.

Podatki o višini so zagotovljeni iz strani podatkovnega računalnika na letalu v intervalih po 100 čevljev. Ko je pozvan MODE C, transponder samodejno odgovori tudi z višino na kateri se letalo nahaja. Pozivalci na tleh ponavadi razvrstijo MODE po izmenično poslanih MODE 3/A in MODE C pozivih, kateri neprekinjeno sprejemajo identiteto in podatke o višini od nadzorovanega letala.

Po vzletu letalo kmalu zapusti odletno cono. V tem času je pilot dobil navodila po radijski komunikaciji, da se javi določenemu preletnemu kontrolorju, na določeni radijski frekvenci. Preletni kontrolor zagotovi dodatna navodila za let in lahko dodeli novo kodo MODE 3/A v primeru konfliktov v njegovi kontrolirani coni. Na transkontinentalnem letu, letalo prečka številne takšne cone, dokler ni predan prihodnemu kontrolorju njegove destinacije in pristanka.

V gneči terminalnega področja, kjer veliko število letal leti na majhnem področju, bo pilot verjetno vprašan po squawq številki. Nato pilot pritisne I/P stikalo na transponderju kateri ročno aktivira oddajnik, kontrolorji pa se na displeju enkratno prikaže točka, ki označuje pozicijo letala. Posebne MODE 3/A kode so rezervirane za pomembno letalo kot so nujne, pomembne zadeve in odpoved radijske komunikacije.

MODE 4 je pravi vojaški zaščiteni in kodirani identifikacijski sistem, Identification Friend or Foe (IFF). Uporablja se izključno v taktičnih bojnih situacijah ali operacijah. Ta koda zagotavlja pozitivno identifikacijo za zrakoplove, ki so ustrezno opremljeni. Na podlagi odgovora identifikator določi ali je posamezno letalo prijateljsko ali sovražno. MODE 4 je standardni varni identifikacijski sistem, skupen za vse države, članice NATO.

MODE 5 je nadaljevanje oz. povečanje zmogljivosti MODE 4 ter pomeni nadaljnji razvoj vojaških identifikacijskih sistemov. MODE 5 povečuje varnost identifikacijskih sistemov in omogoča večje zaupanje v točnost identifikacije. Dovoljuje uporabo podatkov GPS-a za določanje pozicije zrakoplova, omogoča prikazovanje namer letala, stanja oborožitve in goriva, itd. Omogoča, da zrakoplov preko podatkovne povezave pasivno sprejema vrsto sporočil, ki bistveno povečujejo seznanitev pilota in posadke o dogajanju v njegovi neposredni okolici in na bojišču. MODE 5 je tako kot MODE 4 zaščiten in kodiran vojaški sistem za identifikacijo vendar še ni v operativni uporabi ampak je še v razvojni fazi.

(glej: http://en.wikipedia.org/wiki/Secondary_surveillance_radar)

4.3.2 Civilne zahteve po identifikacijskih sistemih

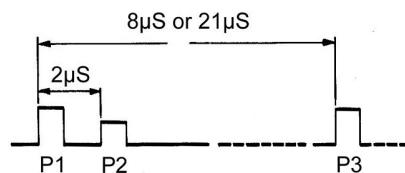
- ICAO
 - Mode A in Mode C,
 - ACAS od leta 1993

- EUROCONTROL
 - do 1.1.2005 - ACAS II za vsa letala nad 15.000kg ali več kot 30 potnikov),
 - Od 1.1.2005 - ACAS II za vsa letala nad 5.700kg,
 - Do 31.3.2007 - Mode S za vsa letala IFR,
 - Do 31.3.2007 – Mode S za vsa letala VFR v kontroliranem ZP,
 - Do 31.3.2009 Mode S za vsa državna leta IFR (tudi vojaška transportna),
 - Mode S in ACAS ni zahtevan za vojaška bojna letala, helikopterje in brezpilotna letala.

4.4 CIVILNI IDENTIFIKACIJSKI SISTEMI

Civilni identifikacijski sistemi so namenjeni za prepoznavanje zrakoplovov v ZP ter za zagotavljanje varnosti odvijanja zračnega prometa. Zaradi zagotavljanja varnosti odvijanja zračnega prometa v evropskem ZP, morajo biti vojaški piloti in kontrolorji zračnega prometa seznanjeni z namenom in uporabo civilnih identifikacijskih sistemov ter jih skladno s tem tudi uporabljati.

Slika 6: Impulz poizvedbe »poziva«



Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Secondary_surveillance_radar

4.4.1 MODE A

Civilni identifikacijski sistem MODE A ima enake lastnosti in namen kot vojaški identifikacijski sistem MODE 3. Sestavljen je iz štirimestnega števila s katerim se v preletu določene zračne cone identificira in ga kontrolor prepozna.

Za specifične potrebe označevanja posebnih stanj zrakoplova se uporabljajo vnaprej določene kode, s katerimi piloti sporočajo kontrolorjem zračnega prometa in ostalim zrakoplovom, da imajo določene težave:

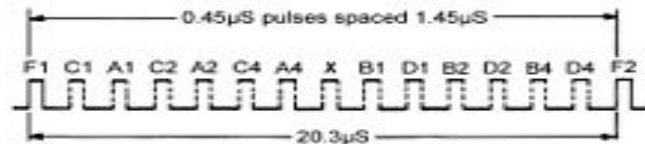
- 7500 – ugrabljeno letalo
- 7600 – odpoved radijske zveze in naprav na letalu
- 7700 – tehnične težave, ali medicinska nujnost

4.4.2 MODE C

MODE C zagotavlja podatke o višini zrakoplova in sporoča barometrično višino zrakoplova v čevljih glede na nivo morja (MSL).

Kontrolorji zračnega prometa uporabljajo podatke MODE C za preverjanje in potrjevanje, da letalo sledi navodilom o dodeljeni višini leta.

Slika 7: Mode A & C odgovor



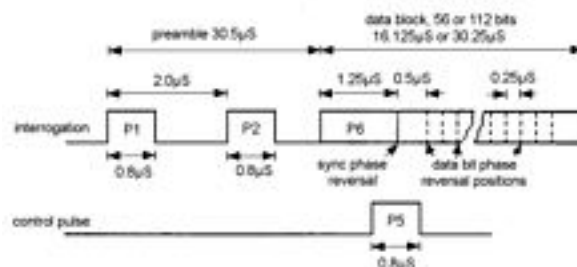
Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Secondary_surveillance_radar

4.4.3 MODE S

MODE S (selektivni) ima dodatne zmožnosti, ki vzpostavljajo podatkovno povezavo s posameznim letalom na podlagi unikatnega naslova, ki predstavlja neke vrste registracijo letala. Oznaka letala je sestavljena iz 24 cifr (binarni sistem) in ima 16 milijonov možnih kod.

Podatkovna povezava omogoča kontrolorju zračnega prometa prepoznavanje letala na podlagi operativnih parametrov leta po drugi strani pa zagotavlja pilotu vremenske podatke in napovedi.

Slika 8: mode S izziv



Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Secondary_surveillance_radar

4.4.4 MODE S in ACAS

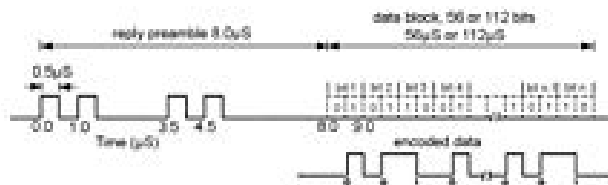
MODE S podpira delovanje več letalskih sistemov, ki so namenjeni za omogočanje dodatnih funkcij z namenom zagotavljanja varnosti letenja. Eden od teh sistemov je samostojni sistem za preprečevanje trčenj letal – Airborne Collision Avoidance Systems (v nadaljevanju ACAS). Oprema MODE S na letalu je sestavni del ACAS sistema.

4.4.5 MODE S in ADS – B

Drugi sistem, ki uporablja MODE S za podlago delovanja je sistem za avtomatsko spremljanje položaja letala, Automatic Dependence Surveillance – Broadcast (v nadaljevanju ADS-B).

Sistem je namenjen za stalno oddajanje signalov v enakomernih časovnih intervalih, s čimer je ostalim letalom omogočeno določanje položaja letala, uporablja pa se tudi za spremljanje letala, kakor tudi za olajšanje iskanja in reševanja zrakoplova in posadke v primeru nesreče. (glej: <http://www.dean-boys.com/extras/iff/iffqa.html>)

Slika 9: Mode S odgovor



Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Secondary_surveillance_radar

4.5 IZVOR MODE S

MODE S koncept je bil v večini razvoj od MIT Lincon-ovega laboratorija z usmerjenimi prizadevanji od FAA, lastnikov letal in združenja pilotov (AOPA) in od skupnosti proizvajalcev transponderjev. Prva MODE S tehnologija je bila razvita v sredi 1970-ih vendar ni bila širše uporabljena do zgodnjih 1980-ih. Ideja je bila razviti način uporabe istega SSR, ki je uporabljen v MODE A in MODE C ampak, da bi bil bolj natančno in zanesljivo naslovljen ter da bi deloval z večjo zmogljivostjo.

Primarni nadzorni radar je še vedno uporabljen da »označi« letalo z radarskim impulzom in ga namesti na prikazovalnik pozicij, kar je dejansko monitor od ATC. Kakor koli, kombinirana uporaba PSR in SSR dovoljuje boljši nadzor, brez pomembnejših nadgradenj obstoječih PSR/SSR sistemov. Ta zagotavlja naslovljene zadeve, kot tudi pridobljene osnovne informacije o letalu z MODE A in MODE C. Nova MODE S tehnologija je zelo podobna novi digitalni telefoniji.

Podobno MODE A in MODE C, leta nazaj, ko je bila še analogna mobilna telefonija, ki je dovoljevala osnovno komunikacijo z minimalnimi funkcijami. Trenutna digitalna mobilna telefonija ima enake osnovne komunikacijske zmožnosti, vendar omogočajo več istočasnih operativnih zmogljivosti in zanesljivosti, kot so kratka tekstovna sporočila, dostop do interneta, sistem za določanje pozicije in podatke o lokaciji (GPS). Enako velja za nadzor z MODE S. Letalo opremljeno z MODE S lahko sedaj sporoča identiteto, namene, zmožnosti in lokacijo ter še veliko drugih podatkov.

(glej:

http://rfdesign.com/military_defense_electronics/radio_understanding_mode_technology/index.html)

4.6 KAKO POVPRÁŠEVANJE IN ODGOVOR DEJANSKO DELUJETA

Osnovni ATCRBS sistem temelji na radio frekvenčnih impulzih kot komunikacijsko sredstvo. Ti impulzi so široki 0,8 mikrosekunde in segajo od 8,0 mikrosekunde do 21,0 mikrosekundnim razmakom za MODE A in MODE C. MODE S sekundarni radar uporablja za poziv frekvenco kot nosilec 1030 MHz modulacijo z različnimi faznimi ključnimi premiki (DPSK). DPSK dovoljuje pozivalni frekvenci, da ima veliko večji učinek pri pošiljanju informacije ne da bi vplivalo na MODE A in MODE C pozive. DPSK omogoča tudi do 4 Mb podatkov. Za DPSK signal poziva bo uporabljena frekvenca 1030MHz, in ko bo letalo poziv sprejelo, bo preverilo zahtevo ter celost signala in bo uporabilo za oddajo signala nosilec 1090MHz frekvenco z impulzno postavljenjo modulacijo.

SSR je osrednjega pomena za sistem MODE S. MODE S izzivi so ustvarjeni v 50 Hz impulzih in približno 230 Hz za MODE A/C izzive. Odgovor se bo zgodil na enaki frekvenci, čeprav ima MODE S možnost povedati MODE S transponderju naj ne odgovori na vsak izziv MODE S-a, ki ga sprejme. Ko je SSR enkrat sprejel odgovor bo odklenil MODE (A,C ali S) in demoduliral informacijo znotraj vsakega MODE-a.

(glej:

http://rfdesign.com/military_defense_electronics/radio_understanding_mode_technology/index.html)

4.6.1 Poznamo tri tipe izziva v MODE S SSR sistema

1. ATCRBS kliče vse: Ta izziv je sestavljen iz P1, P3 in 0,8 mikrosekunde P4 impulza. P2 SLS je poslan kot normalen. Vsi ATCRBS transponderji odgovorijo z 4096. identifikacijskimi kodami za MODE A pozive in višinski podatek za MODE C. MODE S transponderji ne odgovorijo za ta poziv.
2. ATCRBS/MODE S kliči vse: Ta poziv je podoben prejšnjemu razen P4 je dolg 1,6 mikrosekunde. ATCRBS transponderji odgovorijo z 4096 kodami ali podatkom o višini kot na ATCRBS kliči vse.
3. MODE S diskreten poziv: Ta poziv je usmerjen samo k letalom z MODE S transponderji. Poziv je sestavljen iz P1, P2 in P6. P2 je oddan preko smerne antene in je tudi enake amplitude kot P1 in P3. To dejansko zavira ATCRBS transponderje od odgovaranja. P6 je torej DPSK podatkovni blok, ki vsebuje bodisi 56 bitno ali 112 bitno sporočilo. DPSK modulacija proizvaja razširjen spekter signala, kateri je nedotakljiv za motnje.

(glej:

http://rfdesign.com/military_defense_electronics/radio_understanding_mode_technology/index.html)

5 IDENTIFIKACIJA

Identifikacija je postopek prepoznavanja cilja in dodelitve identitete cilju takoj, ko vstopi v cono odgovornosti CRC-ja. Osnovna identifikacija se deli na sovražnega, prijateljskega in neznanega cilja. Prijateljski in neznanega cilji se še posebej identificirajo glede na posebnosti. Postopek identifikacije poteka na podlagi naslednjih virov informacij:

- **Planov letenja**
Korelacija cilja z ustreznimi najavo leta je normalen način za izvajanje identifikacije GAT. Korelacija se doseže s primerljivostjo pozicije, časa in SIF kode 3A cilja in ustreznega plana leta.
- **Podatkov sekundarnega in primarnega radarja (IFF/SIF)**
CRC lahko identificira zračni promet znotraj svoje cone delovanja (TPA cona), tako da uporablja spisek IFF/SIF kod, določenih s strani civilne kontrole zračnega prometa za letala, ki letijo na območju odgovornosti.
- **Procedur in navodil za uporabo zračnega prostora**
V času krize se z ukazom za delovanje v zraku aktivirajo ACP (Airspace Control Plan) procedure letov skozi ACO (Airspace Control Order) z namenom zmanjšati nevarnost spopada prijateljskih sil na minimum. IFF/SIF procedure ostajajo primarno merilo, vendar morajo letala upoštevati vnaprej določene smeri letov, cone in zračne koridorje.
- **Vizualne identifikacije**
Vizualna identifikacija je od vseh najbolj učinkovita, izvajajo pa jo lovci prestrezniki. Cilj lahko najbolj pravilno identificirajo neposredno v zraku zato je tudi najbolj zanesljiva.
- **Ukrepi za podporo elektronskemu bojevanju**
ESM (Ukrepi proti elektronskemu bojevanju) informacija se lahko uporablja taktično v kombinaciji z obveščevalnimi podatki o potencialni nasprotnikovi opreми (za elektronsko motenje). Na podlagi tega lahko identificiramo cilja. Vendar je potrebno upoštevati tudi ostala merila za identifikacijo.
- **Obnašanje cilja**
Identifikacija cilja glede na njegovo obnašanje je ena izmed najtežjih, ker je odvisna od same izkušnosti operaterja glede poznavanja situacije v zračnem prostoru, obveščevalnih podatkov, ter parametrov cilja in osnovnih procedur v zračnem prometu. Nadalje, operaterju identifikatorju lahko za pozitivno identifikacijo pomaga, če pozna izvor cilja, njegovo smer in karakteristike. V kriznem času zgolj obnašanje cilja ni zadovoljivo za identifikacijo in mora biti podprto z drugimi merili za identifikacijo.
- **Sledenje ciljev in informacije sosednjih CRC centrov**
Informacije o ciljih, ki jih dobimo od sosednjih CRC-jev, so prav tako veljavne za pozitivno identifikacijo.
- **Obveščevalnih informacij**
Podatki, ki jih pridobimo od obveščevalnih služb, so lahko podlaga za povečanje pozornosti na določen sektor v določenem času za odkrivanje potencialnih ciljev.

Postopek identifikacije mora biti podkrepjen še z drugimi procedurami in postopki identifikacije.

(glej: PPT - IDENTIFIKACIJSKI SISTEMI stotnik Smiljan Babič pomočnik za vojaški zračni promet PSSV, Šentvid, 11.12.2007

5.1 IDENTIFIKACIJA PREKO PLANOV LETA

Identifikacija preko planov leta je izvedena s korelacijo tracka z aktivnim planom leta, katera se izvaja v sobi za kontrolo in nadzor. Ta procesirana funkcija podpira tako avtomatsko kot ročno identifikacijo sistemskih trackov. Operater lahko aktivira avtomatsko korelacijo planov leta s sistemskimi tracki. ASOC nadzira vse aktivne plane leta v sistemski podatkovni bazi za možno korelacijo s sistemskimi tracki. ASOC omogoča možnost, da operater predhodno določi identiteto določenemu planu leta preko oznake leta oz. tako imenovanega Callsigna. Ko se track korelira s planom leta, ki vsebuje oznako leta, kateri identiteta je bila predhodno določena, bo trackova identiteta spremenjena v skladu z njo. Identitete planom leta se vnašajo preko SMC funkcije.

Kadar se track z identiteto Friend, Interceptor, Kilo, Faker, Faker jammer korelira s planom leta, ki ne vsebuje ID informacije, track ohrani svoj ID in ID plana leta se spremeni v skladu s trackovo identiteto. Ko pa se track z identiteto Zombie korelira s planom leta, ki ne vsebuje posebne ID informacije, se trackova identiteta spremeni v ID Friend. Če se track s prijateljsko identiteto korelira s planom leta, ki vsebuje določeno ID informacijo, je identiteta tracka spremenjena v skladu z identiteto plana leta.

Kadar pa track z ne prijateljsko – non–friendly različico identitete, npr. Unknown in če avto ID le teh ni vklopljena, kot tudi Hostile, Hostile Jammer ali X-Ray – izpolnjuje kriterije za korelacijo s planom leta, npr ima isti M3 SIF, sistem prikaže operaterjem alarm FP TRACK ID MISMATCH. Vsi navedeni primeri veljajo tako za lokalne, ASTERIX, in Link 1 tracke. To sporočilo narekuje povezanemu ASOC-u, naj spremeni identiteto trenutno povezanega tracka v skladu z identiteto določenemu planu leta. Kadar operater ročno spreminja ID tracku, je ta operaterjev ID avtomatsko določen tudi planu leta (Lockheed Martin, 2004).

(glej: COMAIRSOUTH SUPLAN 45600 D >DECISIVE GUARDIAN< southern region integrated air defence system, ANNEX »H«; NOVEMBER 2003

5.2 ID Z OZNAKO LETA

Za proces avtomatske identifikacije lahko v sistemsko bazo vnesemo do 100 oznak leta. Ko se track korelira s planom leta, ki vsebuje vneseno oznako leta, track prevzame njegovo ID. Pari med oznako leta in identiteto so prikazani v tabularnem ID Resource Parameters.

Za avtomatsko identifikacijo so na voljo samo naslednje identitete; Friend, Kilo, Faker, Interceptor, Zombie, Faker Jammer.(Lockheed Martin, 2004)

5.3 IDENTIFIKACIJA PREKO LINK 1

Kadar prihaja do konfliktov med identitetami med povezanimi Link 1 centri, se uporabljajo tako imenovani Change Identification Management sporočila. Ta sporočila opozarjajo operaterje na konflikte po identitetah.

TKM in TKX operaterji lahko generirajo sporočila, katera narekujejo spremembo identitet. To sporočilo narekuje povezanemu Link 1 centru – ASOC -, naj spremeni informacijo o identiteti za javljeni oz. simulirani sistemski track. Ta funkcija je na voljo za podporo Operativnih vaj.

(glej: COMAIRSOUTH SUPLAN 45610 M, >DELIBERATE IMPACT< southern region airspace control plan, ANNEX »D«; MAJ 2001

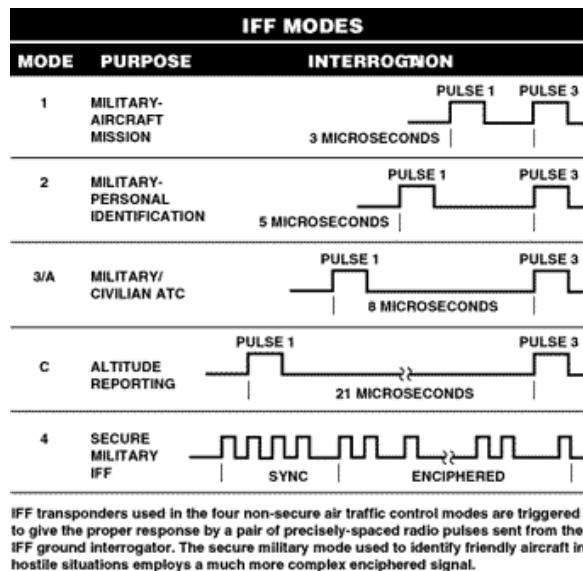
6 VOJAŠKE ZAHTEVE PO IDENTIFIKACIJSKIH SISTEMIH

Zahteve NATO določajo, da morajo biti oprema in zrakoplovi, ki se uporablja v skupnih operacijah, sposobni prepoznati in uporabljati identifikacijske sisteme MODE 1, MODE 2, MODE 3/A in MODE C. Uporaba MODE 4 je zahtevana in je pogoj za sodelovanje držav z oborožitvenimi sistemi in opremo v skupnih operacijah NATO.

Zraven ustreznega identifikacijskega sistema je treba vzpostaviti tudi podatkovne povezave, ki bodo omogočale prenos podatkov in povelj med operativnimi centri zračnih operacij in različnimi enotami ZO. V ta namen so trenutno v NATO v uporabi podatkovne povezave Link 1, Link 11 in Link 16.

(glej: <http://www.dean-boys.com/extras/iff/iffqa.html>, CAOC-5 LOCAL OPERATING PROCEDURES-002, air defednce operations; JULIJ 2008)

Slika 10: prikaz časovnih intervalov pri vsakem MODE-u



Vir: <http://www.dean-boys.com/extras/iff/iffqa.html>

7 SEKUNDARNI RADAR (SSR)

Sekundarni radar je eno od glavnih orodij uporabljeno za nadzor zračnega prometa.

Sekundarni radar (SSR) ni pravi radarski sistem, temveč dvostranski komunikacijski sistem med *interrogatorjem* na zemlji in *transponderjem* nameščenim v letalu, ki avtomatsko odgovarja.

Slika 11: Transponder v letalu



Vir: CNKZP skripta za izkaz vojaške usposobljenosti

Začetki SSR ležijo v sistemih za identifikacijo prijatelj/nasprotnik, *identification friend or foe* (IFF) iz II. svetovne vojne; signal z zemlje je bil oddan proti določenemu letalu in le-to je moralo odgovoriti z določeno kodo, da je bilo smatrano kot prijateljsko. Tudi sodobni SSR sistemi delujejo na istem principu: interogacijska sporočila (vprašanja) so oddana na frekvenci 1030 Mhz (*one-way uplink*) in letalo odgovarja na frekvenci 1090 MHz (*one-way downlink*). Odgovori se vodijo v *plot extractor*, ki dekodira identiteto in višino letala in ju pošlje kontrolorju skupaj z izmerjeno oddaljenostjo in višino.

SSR se izogiba problemom z clutter-jem z uporabo dveh frekvenc in tako sprejemniki niso na isti frekvenci kot oddajniki na istem sistemu, tako da ne sprejemajo neželenih odbojev. Druga prednost SSR je v tem, da so zahteve po ojačanju antene in oddajnika za *uplink* in *downlink* veliko skromnejše kot pri primarnem opazovalnem radarju.

Primarni in sekundarni radar sta pogosto uporabljena skupaj (včasih so antene celo fizično spojene in rotirajo skupaj); primarni sistem je uporabljen da zagotovi kontrolorjem na PPI displayu "mapo" vsega, kar se premika na njihovem področju. SSR sprašuje vsak cilj, navadno z zahtevo: "Kdo si in na kakšni višini si?". Letala, ki odgovorijo (večina civilnih in vojaških letal) dobijo na odgovarjajočem mestu na PPI prikazano svojo kodo v alfanumerični obliki.

(glej: http://en.wikipedia.org/wiki/Secondary_surveillance_radar)

7.1 OSNOVNI PRINCIPI

Interrogacija letala s strani SSR je sestavljena iz para impulzov, ki modulirata nosilno frekvenco 1030 MHz. Impulza sta označena kot P_1 in P_3 in razmik med njima določa, katera informacija je zahtevana od letala. Različne zahteve so poznane kot *mode*, katerih je več tipov. Večina se uporablja za vojaške namene, moda 3/A in C pa se uporabljata za vojaške in civilne namene.

Tabela: Pregled MODE signalov

$P_1 - P_3$	Zahteva	MODE
8 ms	Identifikacija	3/A
21 ms	Višina	C

MODE 1	Military security ID
MODE 2	Military personal ID
MODE 3/A	Traffic identify
MODE C	Altitude information

Vir: lasten

Letalo odgovarja na interogacijo z nizom impulzov, ki so 0,45 μ s široki, razmik med njimi pa znaša 1,45 μ s, s katerimi modulira nosilni signal na 1090 MHz. Prvi in zadnji impulz tega niza sta vedno prisotna in označena kot F_1 in F_2 (*framing pulses*). Med njima je 12 impulzov, od katerih niso prisotni vedno vsi; odvisno od informacije, ki jo letalo pošilja. Tu je še dodatni srednji impulz, ki pa se trenutno ne uporablja. Teh 12 impulzov se uporablja kot 12-bitna koda, kar omogoča 4096 kombinacij za MODE 3/A. V MODE C, eden od impulzov ni v uporabi, toda preostalih 2048 kod je dovolj, da letalo lahko oddaja svojo višino v korakih po 100 feet. Kadar sta zahtevani obe informaciji (3/A in C), se zahteve pošiljajo izmenično, kar je poznano kot *mode interlacing*. Časa za interlacijo moda 3/A in C je dovolj, ker pri rotaciji antena SSR "osvetluje" letalo za čas približno 30 ms in v tem času je transponder interogiran približno 15 krat.

Pilot navadno izbere MODE A/C in transponder je programiran, da odgovarja na zahteve z zemlje brez vmešavanja posadke. Letalski višinomer avtomatsko pošilja podatke v transponder. Zraven tega obstajajo še dodatna 4 stikala, s katerimi posadka lahko pošlje dodatne informacije o nenavadnih situacijah, kot so ugrabitev, problemi s komunikacijsko opremo, tehnični problemi itd.

SSR se uporablja za lokacijo letal na podoben način kot primarni radar. Daljine se merijo na osnovi časa potrebnega za pot impulza od interogatorja do letala in nazaj z dodatnimi kompenzatorji za zakasnitev impulzov v opremi letala in interogatorju. Večja točnost se doseže z koleracijo celotnega niza impulzov odgovora. Višina letala je znana iz informacije, ki jo daje letalski višinomer in tako manjka le še azimut letala, kot ga je izmeril SSR.

Azimuti se danes merijo z uporabo monoimpulsne tehnike, kot pri primarnem radarju. Pomen monoimpulsne tehnike pri SSR je v tem, da lahko, v cilju povečanja točnosti, izvede meritev kota na vsakem sprejetem impulzu v nizu. Tipična SSR antena je široka približno 8 m in ima širino snopa okoli 2,5°, toda po monoimpulsnem procesiranju je napaka v kotu zelo majhna. (glej: http://en.wikipedia.org/wiki/Secondary_surveillance_radar)

7.2 PROBLEMI PRI SEKUNDARNEM RADARJU

Sekundarni radar ima veliko prednosti pred primarnim, vendar ima tudi svoje pomanjkljivosti.

Ena od teh pomanjkljivosti je v bočnih snopih zemeljske antene, ki povzročajo, da transponder odgovarja, tudi kadar ni v glavnem snopu interogatorja. Radarski sistem ne ve, da odgovor ni prišel skozi glavni snop, kar ima kot posledico napačno lokacijo letala. Takšna *interogacija z bočnim snopom* se rešuje z oddajanjem dodatnega interogatorskega impulza P_2 , ki se oddaja iz posebne kontrolne antene (*omni antena*). Ta antena je enostavnejša od osnovne in je izvedena

tako, da oddaja v vse smeri istočasno in ima nižje ojačanje kot osnovna antena, vendar še vedno večje kot je ojačitev bočnih snopov osnovne antene.

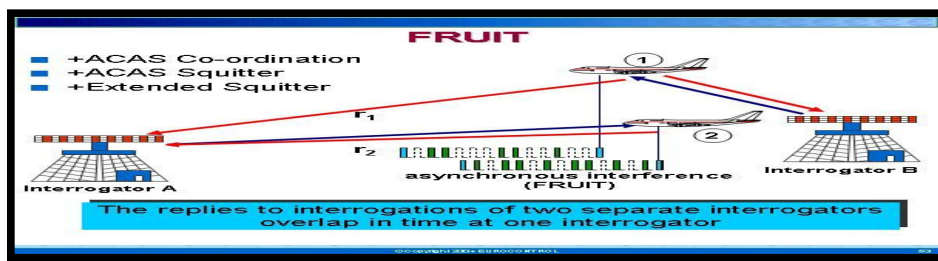
Transponder v letalu je programiran tako, da odgovarja le kadar je v glavnem snopu interogatorja, kar pomeni, da mora biti sprejeta amplituda impulza P_1 in P_3 enaka ali večja amplitudi impulza P_2 , ki ga pošilja omni antena. V nasprotnem primeru je zahteva za odgovor prišla skozi bočni snop in letalo ne odgovarja.

Drugi problemi, ki se pojavljajo pri SSR sistemih so:

7.2.1 Fruit

(*false replies unsynchronized in time*) se javlja, kadar je transponder letala odgovoril na vprašanje enega SSR, odgovor pa je sprejel drugi sistem. Dejstvo, da takšni odgovori prihajajo v sprejemnik v naključnih časih, pomeni, da imajo naključne oddaljenosti in jih je relativno lahko filtrirati.

Slika 12: Prikaz pojava fruit motenj

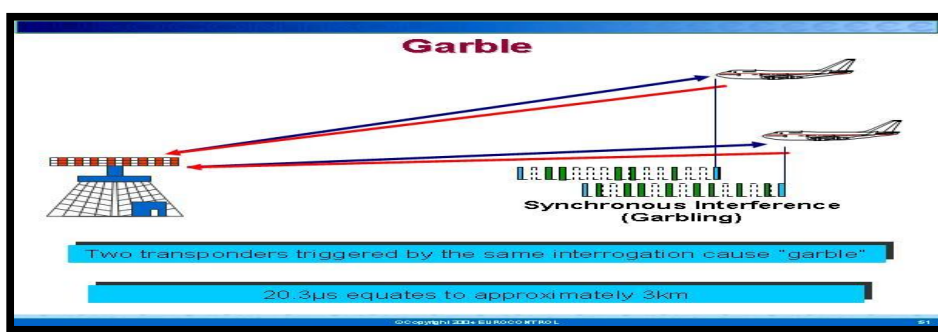


Vir: CNKZP skripta za izkaz vojaške usposobljenosti

7.2.2 Garbling

Označuje primer, kadar se prekrivata odgovora iz dveh različnih letal. Ta primer se javlja kadar *fruit* odgovor pride v prejemnik v istem času kot pravi odgovor in v takšnem primeru je problem rešen čim *fruit* odgovor spremeni čas. Dogaja se tudi da hkrati interogiramo dva letala, ki sta v približno isti smeri, na istih oddaljenostih toda na različnih višinah. Takrat dobimo oba odgovora hkrati in se prekrivata. Zaradi točnosti monoimpulsne tehnike merjenja smeri se lahko vsakemu impulzu pridoda smer iz katere je prišel in tako se oba niza lahko razdvojita. (glej: <http://www.radartutorial.eu/13.ssr/sr15.en.html>)

Slik 13: Prikaz pojava garble motenj



Vir: CNKZP skripta za izkaz vojaške usposobljenosti

7.2.3 Drugi problemi

Nanašajo se predvsem na *co-channel interference*, ker vsi sistemi delujejo na isti frekvenci in se med seboj lahko motijo; *capture*, kadar en sistem monopolizira transponder letala in povzroči pri drugem izgubo podatkov; *lažni odgovori* v katerih je lahko transponder letala dvakrat interogiran po pomoti kadar signal interogatorja doseže letalo po dodatni poti preko odbojev od zgradb ali terena.

7.2.4 Multipath

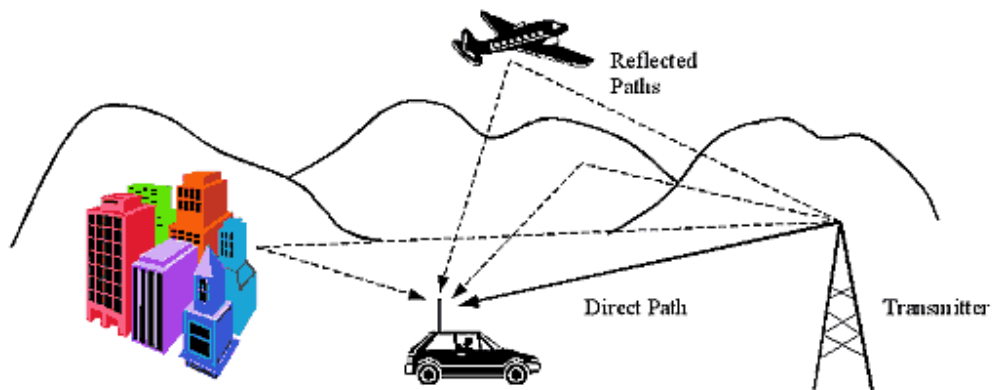
Problem ko radio signali pridejo do sprejemnika po več različnih poteh je pogost pri vseh vrstah radarjev. Ta pojav je poznan kot *multipath* in ga največkrat povzročajo odboji od velikih zgradb ali terena.

Kadar se signal odbije od tal se njegova faza spremeni za 180° . Če je razlika v dolžini poti direktnega in odbitega signala enaka $1/2$, se formira maksimalna interferenca in signal, ki pride do letala je mnogo večji kot pričakovan. Že trenutek pozneje pa lahko razlika v poti znaša 1 in v tem primeru je skoraj celoten signal brisan. To rezultira v velikih variacijah amplitude in faze, ki so hujše pri nizkih kotih elevacije. Problem je enak za sisteme, ki sprejemajo signal, kot za tiste, ki ga oddajajo in lahko povzroči velike težave za primarne in SSR sisteme.

Za reševanje tega problema je časovna razlika med prihodom direktnega in odbitega signala ponavadi premajhna. Zato se multipath problem običajno rešuje s postavljanjem struktur, ki razpršijo radarske valove na teren, da razbijejo reflektirani val in celo barvanje površin z barvo, ki absorbira radarske valove. Še najboljša rešitev pa se verjetno skriva v izboljšanju dizajna antene in boljši obdelavi podatkov.

(glej: <http://wireless.per.nl/reference/chaptr03/fading/fading.htm>)

Slika 14: Multipath effects



Vir: <http://www.skydsp.com/publications/4thyrthesis/chapter1.htm>

8 ZAKLJUČEK

Ob samem zaključku lahko omenim, da sem dosegel v začetku omenjen namen in cilj, saj mi je uspelo zbrati in združiti cel kup podatkov in prikazati kako se je sistem razvijal od trenutka prve primitivne uporabe identifikacije v drugi svetovni vojni ter do kakšnega nivoja identifikacije z uporabo vsemogočnih elektromagnetnih valov smo prišli danes. Predstavil sem tudi kateri elementi sestavljajo celotni sistem za identifikacijo, njihove pod sisteme in kako ti podsistemi delujejo. Ne morem pa opisati in prikazati kako deluje vojaški kriptirani del identifikacije zaradi nedostopnosti informacij in stopnje tajnosti.

Sam IFF system je pokazal svojo uporabnost v praksi v civilnem letalstvu predvsem pa vojaškem v prenekaterih nedavnih letalskih operacijah širom po svetu, zaradi katerega praktično ni bilo uničeno nobeno zavezniško letalo, ker je z uporabo identifikacijskega sistem pravočasno sporočilo kdo je in kaj je ali pa je postopalo po naprej točno določeni identifikacijski proceduri znani izključno kontrolorjem in pilotom.

Enak učinek je viden v civilnem letalstvu, kaj zmore ta sistem, da omogoča pravočasno in pozitivno identifikacijo ter prenos ogromnih količin podatkov v relaciji kontrola – letalo (pilot), da lahko v kontroli in nadzoru (ATC) primerno razporejajo in usmerjajo letala, in dosežejo čim višjo stopnjo varnosti letenja v zračnem prometu.

IFF sistem je zakonsko predpisan in obvezen v vseh letalih, ki letijo v kontroliranem zračnem prostoru, saj mora imeti civilna in vojaška kontrola vsak trenutek popoln nadzor in kontrolo nad dogajanjem v območju kontroliranega zračnega prostora in vpogled kdo točno se tam nahaja ter s kakšnim namenom.

9 LITERATURA IN VIRI

1. COMAIRSOUTH SUPLAN 45600 D >DECISIVE GUARDIAN< southern region integrated air defence system, ANNEX »H«; NOVEMBER 3002
2. COMAIRSOUTH SUPLAN 45610 M, >DELIBERATE IMPACT< southern region airspace control plan, ANNEX »D«; MAJ 2001
3. CAOC-5 LOCAL OPERATING PROCEDURES-002, air defence operations; JULIJ 2008
4. PPT - IDENTIFIKACIJSKI SISTEMI stotnik Smiljan Babič pomočnik za vojaški zračni promet PSSV, Šentvid, 11.12.2007
5. <http://jproc.ca/sari/sariff.html>,
6. <http://www.dean-boys.com/extras/iff/iffqa.html>
7. http://en.wikipedia.org/wiki/Secondary_surveillance_radar
8. <http://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/systems/iff.htm>
9. http://en.wikipedia.org/wiki/Identification_friend_or_foe
10. http://en.wikipedia.org/wiki/Air_traffic_control_radar_beacon_system
11. <http://jcs.dtic.mil/j6/cceb/acps/acp160/ACP160D.pdf>
12. <http://www.radartutorial.eu/13.ssr/sr06.en.html>
13. http://rfdesign.com/military_defense_electronics/radio_understanding_mode_technology/index.html
14. <http://www.airwaysmuseum.com/Surveillance.htm>
15. <http://pn.iee.org/local/uk/southeast/sussex/iff.cfm>

SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC

IFF	Identification friend or foe
ATC	Air traffic control
FAA	Federal aviation administration
ACAS	Airborne collision avoidance system
NATO	North atlantic treaty organization
ICAO	International civil aviation organization
GPS	Global positioning system
ZP	Zračni prostor
MSL	Means sea level
ADS-B	Automatic dependent surveillance - broadcast
AOPA	Aircraft owners and pilots association
SSR	Secundari surveillance radar
PSR	Primari surveillance radar
ATCRBS	Air traffic control radar beacon system
DPSK	Differential phase shift keying
P1,2...	Pulz 1,2...
CRC	Control and reporting centre
TPA	Track production area
ACP	Airspace Control Plan
ACO	Airspace control order
ESM	Electronic safety means
ASOC	Air souverenigity operations center
FP	Flight plan
PPI	Plan position indicator
I/P	Ident position

SEZNAM SLIK

- Slika 1: Inovator in izumitelj IFF sistema Robert Watson – watt
- Slika 2: British iff Mk.III transponder with rooster beacon channel
- Slika 3: Zadnja generacija skupnega IFF transponderja MK. XII/model S stopnja 3
- Slika 4: Sekundarni radar in antena
- Slika 4: Sekundarni radar in antena
- Slika 6: Impulz poizvedbe »izziva«
- Slika 7: Mode A & C odgovor
- Slika 8: Mode S izziv
- Slika 9: Mode S odgovor
- Slika 10: Prikaz časovnih intervalov pri vsakem MODE-u
- Slika 11: Transponder v letalu
- Slika 12: Prikaz pojava fruit motenj
- Slika 13: Prikaz pojava garble motenj
- Slika 14: Multipath effects

IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisani, Mihael Martinčič , rojen 09.11.1976 v Ljubjani, slušatelj 22. generacije Šole za častnike, izjavljam, da sem nalogo izdelal sam, in s pomočjo mentorja por Matjaža Sanda.

poročnik
Mihael Martinčič

Brnik, november 2011