



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1965A -

ANNO: 2016

A P P U N T I

STUDENTE: Marcia Riccardo

MATERIA: Traduzioni di Equipaggiamento di Bordo e Sistemi Avionici - Prof. Viola

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.

LEZIONE 2

PAGINA 2

SCHEMA

1. Fondamenti di comunicazioni RF
2. Atmosfera contro comunicazioni RF
3. Sistemi di comunicazioni
 - a. Architettura generale
 - b. Stadi Modulazione/Demolizione
 - c. Amplificazioni
 - d. Antenna
 - e. Altri dispositivi
4. Prestazioni

PAGINA 3

Introduzione

Tutte le comunicazioni tra due aerei, tra il sistema di terra e l'aereo, il sistema di terra e il satellite, l'aereo e il satellite sono basati su comunicazioni RF.

Cosa si intende per "avere un **collegamento in radiofrequenza**"?

Significa mettere in contatto due o più punti usando un campo elettromagnetico che si propaga. Il caso più semplice involve due punti: un punto è la stazione trasmittente e l'altro è quella ricevente.

In generale, la stazione trasmittente ha un trasmettitore che genera un AC (corrente alternata) che viene inviata da un'antenna. L'antenna trasforma parte dell'energia in un campo elettromagnetico, sotto forma di un'onda che si propaga.

Quando l'onda raggiunge l'antenna ricevente l'onda elettromagnetica viene trasformata in un segnale AC (alternato) e quindi amplificata dal ricevitore.

Attenzione che ogni trasformazione genera calore.

PAGINA 4

ONDE ELETTROMAGNETICHE

Le onde radio si propagano esternamente da una sorgente di energia (trasmettitore) e comprendono un **campo elettrico (E)** e un **campo magnetico (H)** ortogonali tra di loro. L'onda risultante si propaga dalla sorgente attraverso linee **E** ed **H** mutualmente perpendicolari alla **direzione di propagazione D**.

La direzione delle linee del **campo elettrico E** viene invertita su ciascun ciclo del segnale nel momento in cui il fronte d'onda si muove allontanandosi dalla sorgente. L'antenna ricevente intercetta il campo in movimento e una tensione ed una corrente vengono indotti in essa come conseguenza. Queste tensioni e correnti sono simili (ma con ampiezza minore) di quella prodotta dal trasmettitore.

Latenza e ritardo di propagazione: tempo di transito per il percorso dell'onda dal trasmettitore al ricevitore

PAGINA 5

Caratteristiche delle onde elettromagnetiche:

- Ampiezza A ,
- Periodo T ,
- Frequenza f ,
- Lunghezza d'onda λ ,
- Velocità di propagazione c .

PAGINA 6

POLARIZZAZIONE

La polarizzazione è la proprietà per cui le onde possono oscillare con più di un'orientazione.

La polarizzazione di un'antenna si riferisce all'orientamento del campo elettrico (piano E) dell'onda radio rispetto alla superficie terrestre.

- **Riflessione;**
- **Rifrazione;**
- **Diffrazione;**
- **Diffusione.**

PAGINA 12

1. **Riflessione.** La riflessione avviene **quando un'onda piana incontra un oggetto piano che è grande in relazione alla lunghezza d'onda del segnale.** In tali casi l'onda è riflessa con minima distorsione e senza mutamenti in velocità.
2. **Rifrazione.** La rifrazione avviene quando **un'onda si muove da un mezzo ad un altro** e nei quali si muove a diversa velocità.

PAGINA 13

3. **Diffrazione.** La diffrazione avviene quando **un'onda incontra un bordo** (esempio un'improvvisa discontinuità superficiale impenetrabile) che ha dimensioni grandi in rapporto alla lunghezza d'onda del segnale. In tali casi l'onda è incurvata in modo tale da seguire il profilo della discontinuità. La diffrazione avviene molto più facilmente alle frequenze VHF e sotto.
4. **Diffusione.** La diffusione avviene quando un'onda incontra nel suo cammino uno o più oggetti che hanno una dimensione che è una frazione della lunghezza d'onda del segnale. Quando un'onda incontra un'ostruzione di questo tipo essa si frammenterà e irradierà in un ampio angolo. La diffusione avviene più facilmente alle frequenze più alte (tipicamente VHF e sopra) e regolarmente è presente nella troposfera per UHF ed EHF.

PAGINA 14

PRIMA PARTE SCRITTO IN ITALIANO

Le onde radio si propagano attraverso l'atmosfera in vari modi:

- Onde terrestri;
- Onde spaziali;
- Onde ionosferiche;
- Onde troposferiche.

PAGINA 15

ONDE TERRESTRI (o onde superficiali) viaggiano vicino alla superficie della Terra e si propagano per grandi distanze a VLF, LF ed MF.

Le onde terrestri hanno due componenti base:

- **Un'onda diretta** (linea di vista, LOS, tra il trasmettitore ed il ricevitore)
- **Un'onda di terra riflessa**

La riflessione terrestre dipende molto dalla qualità del terreno. Inoltre una parte del segnale radio incidente è assorbito dal terreno e non tutta viene riflessa.

Onde spaziali viaggiano per gran parte indisturbate attraverso l'atmosfera lungo la linea di vista, LOS, percorsi a VHF, UHF ed oltre.

PAGINA 16

LOSS DUE TO = PERDITA A CAUSA DI

PAGINA 17

Le onde ionosferiche (o onde del cielo) possono viaggiare per lunghe distanze principalmente a **HF**. La ionosfera ci fornisce un mezzo ragionevole e prevedibile mezzo di comunicazione su lunghe distanze usando segnali radio HF. Molte delle comunicazioni su breve e lunghe distanze sotto i 30 MHz dipendono dalla riflessione dell'onda trasmessa nella ionosfera terrestre, dove ci sono regioni di alta ionizzazione causate dalla radiazione ultravioletta del sole e si trovano a circa 60 – 200 miglia sopra la superficie della Terra.

Le regioni utili di ionizzazione sono lo strato E e lo strato F. Durante le ore diurne, lo strato F si spacca in due parti distinte: F1 ed F2. Dopo il tramonto gli strati si ricombinano in un singolo strato F. Durante la luce diurna lo strato inferiore della ionizzazione, esiste uno strato chiamato D in proporzione all'altezza del sole, avente un picco al mezzogiorno locale e dissipantesi largamente dopo il tramonto ...

1. I segnali digitali possono trasmettere più precisamente i dati perché sono meno suscettibili alle distorsioni e alle interferenze
2. I segnali digitali possono essere facilmente rigenerati così che il rumore e i disturbi non si accumulano in trasmissione attraverso il rinvio nella comunicazione
3. I collegamenti digitali possono avere tassi estremamente bassi di errore e alta fedeltà attraverso la rilevazione degli errori e correzione. (bit di parità e BER – tasso errore di bit ($<10^{-5}$))
4. Flussi multipli di segnali digitali possono essere facilmente multiplati come un flusso di singoli bit seriale con una singola portante in RF.
5. Più facile implementazione di collegamenti per mezzo di mezzi di trasporto miniaturizzati, hardware di bassa potenza, includendo microprocessori, interruttori digitali e circuiti di chips a larga scala di integrazione.
6. Sicurezza della comunicazione: criptaggio dell'informazione e migliore reiezione dei disturbi generati dai sistemi.

PAGINA 24

Il modulatore

Generalmente parlando, la modulazione è il nome dato al processo di cambiare una particolare proprietà dell'onda portante, in genere una forma d'onda periodica in alta frequenza, attraverso il segnale modulante, che tipicamente contiene informazione da trasmettere.

Per esempio un flusso di bit digitali o un segnale audio analogico può essere convogliato assieme "dentro" un altro segnale che può essere trasmesso fisicamente. La modulazione può essere sia analogica che digitale.

Nella modulazione analogica la modulazione è applicata in forma continua in risposta al segnale analogico dell'informazione. Tecniche comuni di modulazione analogica sono la modulazione di frequenza e di ampiezza.

Nella modulazione di ampiezza (AM) l'ampiezza portante (la sua tensione di picco) varia in funzione della tensione (esempio ampiezza), ad ogni istante, del segnale modulante.

Nella modulazione di frequenza (FM) la frequenza portante varia in funzione della tensione (esempio l'ampiezza, in ogni istante, del segnale modulante.

PAGINA 25

Il processo di modulazione di una portante è eseguito da un circuito modulatore.

La demodulazione è il passaggio inverso della modulazione ed è il mezzo attraverso cui il segnale informativo viene recuperato dalla portante modulata. La modulazione è ottenuta grazie ad un demodulatore (talvolta denominato anche rivelatore). L'uscita del demodulatore consiste di una versione ricostruita del segnale informativo originario presente all'ingresso dello stadio del modulatore all'interno del trasmettitore.

Un dispositivo che può eseguire entrambe le operazioni è il modem (da "MODulatore-DEModulatore").

PAGINA 26

MODULAZIONE D'AMPIEZZA

Il segnale modulante cambia l'ampiezza dei segnali portanti

PAGINA 27

E' scritta in italiano

PAGINA 28

La modulazione d'ampiezza viene anche chiamata modulazione a banda laterale doppia (DSB) a causa del suo spettro di frequenza.

La figura mostra lo spettro di frequenza di un'onda portante RF a 124.575 MHz d'ampiezza modulata da un tono puro singolo sinusoidale alla frequenza di 1 KHz.

Nota come la forma d'onda dell'ampiezza modulata comprende tre componenti separate:

- Una portante RF a 124.575 MHz;
- Una componente frequenza laterale inferiore a 124.574 MHz;
- Una componente frequenza laterale superiore (USF) a 124.576 MHz;

Nota come la LSF e la USF sono distanziate dalla portante RF da una frequenza che è eguale a quella del segnale modulante (in questo caso 1 KHz).

La larghezza di banda, esempio l'intervallo di frequenze occupate dal segnale modulato, è doppio della frequenza del segnale modulante, esempio 2 KHz.

MHz (tipica delle comunicazioni aeree in VHF) è stata ridotta successivamente al fine di incrementare il numero dei canali disponibili per le comunicazioni in VHF.

PAGINA 39

MODULAZIONI DIGITALI

Binary phase shift keying (BPSK) (modulazione spostamento di fase binario) consiste di portare la portante di fase a 0 gradi per trasmettere il binario 0, e invece la fase a 180 gradi per trasmettere il binario 1.

Il Quadruphased phase shift keying (QPSK) prende due bit alla volta per definire uno di 4 simboli. Ciascun simbolo corrisponde ad uno delle 4 fasi: 0 gradi, 90 gradi, 180 gradi o 270 gradi. Nota che la velocità del simbolo è metà della velocità del bit, così riducendo l'ampiezza dello spettro di una metà.

La frequency shift keying (FSK) porta la frequenza portante ad F1 per trasmettere il bit 0, ed F2 per trasmettere il binario 1. La separazione tra F1 e F2 deve essere almeno uguale alla velocità dei dati per evitare la perdita di prestazioni a causa di mutue interferenze. Così, l'ampiezza di spettro trasmessa è almeno doppia l'ampiezza dello spettro generato dal metodo BPSK.

Il Multiple frequency shift keying (MFSK) pone la portante della frequenza ad 1 di M frequenze. Per esempio, per M=8, i primi tre bit binari, 010, determinano che la frequenza trasmessa sarà F5. I prossimi tre bits, 011, pongono la frequenza ad F6.

PAGINA 40

L'amplificatore: Amplificatore di alta potenza.

Fondamentalmente, il ricevitore del trasponder del satellite, amplifica, trasla la frequenza e ritrasmette i vari tipi dei segnali di comunicazione.

Un elemento chiave in qualsiasi trasponder di una navicella è l'amplificatore di alta potenza (HPA) o trasmettitore richiesto per amplificare i segnali senza distorsione o altri problemi.

Due tipi di HPA sono di uso comune: i dispositivi elettronici di segnalazione o amplificatori "onda viaggiante in tubo" (TWTA), e amplificatori di potenza in stato solido (SSPA).

I TWT continuano a migliorare in prestazioni, affidabilità, adattabilità e costo, ma c'è, particolarmente a basse potenze, una considerevole competizione coi dispositivi a stato solido.

PAGINA 41

TWTA

- In un TWT, l'amplificazione è ottenuta per mezzo dell'interazione tra un fascio di elettroni ed un segnale nella forma di un campo elettromagnetico propagantesi lungo una struttura di guida elongata. Per un effetto significativo, gli elettroni e il segnale devono viaggiare a quasi la stessa velocità, il che implica che il segnale deve essere rallentato assai nella struttura di guida. Nei tubi a bassa e media potenza la "struttura ritarda onda" è una spirale di filo tenuta nel posto grazie a delle aste di ceramica. Il segnale modula la densità del fascio e il fascio a sua volta trasferisce energia al segnale, che aumenta esponenzialmente in ampiezza nel viaggiare lungo il tubo verso la porta di uscita. I tubi a spirale sono in grado di fornire fino a 200W di uscita. Per maggiori potenze strutture "ritardo-onda" più robuste possono essere richieste, come una serie di cavità accoppiate elettricamente.

PAGINA 42

- L'efficienza di un TWTA può essere alta fino al 70% per il tubo stesso o circa 60-65% includendo l'alimentazione.
- Alti guadagni e alte potenze d'uscita
- I TWT possono essere oggi costruiti in maniera sufficientemente affidabile per la maggior parte delle missioni ma essi tuttavia subiscono un graduale deterioramento nelle prestazioni a causa del deterioramento del catodo d'emissione durante il loro ciclo di vita.
- Il tubo può lavorare vicino al suo massimo livello di potenza (saturazione) mantenendo alte le sue prestazioni.
- Uno svantaggio dei un TWTA è la necessità di una complicata alimentazione ad alta tensione. La tensione di accelerazione è di parecchi kilovolts e deve essere ben regolata.
- Un TWT è un amplificatore piuttosto non lineare. Quando si amplifica un segnale multiportante, esso converte le variazioni di ampiezza di segnale in modulazione di fase spuria. Per questa ragione un **linearizzatore** viene incorporato in seno al TWTA. Questo è un amplificatore pilota non-lineare che pre-distorce il segnale in modo che la caratteristica non-lineare del TWT viene parzialmente compensata.

PAGINA 46

ANTENNE (2): CONCETTI PRINCIPALI

Da un punto di vista delle linee di trasmissione, l'antenna appare un elemento circuitale a due terminali (dipolo) che ha un'impedenza.

L'impedenza è una combinazione di resistenza, R , e reattanza, X , entrambe misurate in ohms (Ω). Di queste quantità, X varia con la frequenza, mentre R rimane costante.

Questo è un concetto importante perché spiega perché le antenne spesso sono progettate per operazioni su un ristretto intervallo di frequenze. L'impedenza, Z , di un'antenna è il rapporto della tensione, V , lungo due capi di un conduttore, sulla corrente, I , che fluisce.

La parte resistiva dell'antenna dell'impedenza dell'antenna è suddivisa in due parti, una resistenza della radiazione, R_r , e una resistenza persa (dissipata), R_1 .

PAGINA 47

La potenza dissipata nella resistenza della radiazione è la potenza effettivamente irradiata dall'antenna. Attraverso la resistenza della radiazione la potenza è trasformata in energia elettromagnetica radiata (nel caso di un'antenna trasmissiva) e l'energia elettromagnetica incidente è trasformata in potenza elettrica (nel caso di un'antenna ricevente).

La resistenza persa (loss) è la potenza persa entro l'antenna stessa. Questo può essere causato da perdite sia nelle parti conduttive che del dielettrico dell'antenna. Val la pena di notare che la resistenza persa è usualmente molto piccola in paragone alla sua impedenza e quindi può essere ignorata.

Nel caso di un'antenna trasmissiva, la potenza irradiata, P_r , prodotta dall'antenna è una funzione della corrente dell'antenna, I_a , e la resistenza della radiazione, R_r .

(VEDI FORMULE)

L'efficienza η_r è d'importanza vitale nel caso di un'antenna trasmissiva.

Nella maggior parte delle applicazioni è importante assicurarsi che P_r sia massimizzato e questo viene raggiunto assicurandosi che R_r sia molto più grande della resistenza persa degli elementi dell'antenna.

PAGINA 48

Caratteristiche delle antenne: modello di radiazione

Dal punto di vista spaziale, l'antenna è caratterizzata dal suo modello di radiazione (diagramma di irradiazione), che implica una quantità di campo.

I modelli di radiazione sono molto diversi l'uno dall'altro secondo il tipo di antenna.

L'esempio più semplice è un'antenna idealizzata che irradia egualmente in tutte le direzioni, un'antenna isotropica, che tuttavia non può essere realizzata in pratica. Questo tipo teorico di antenna è spesso usato per scopi di confronto. Le antenne isotropiche irradiano uniformemente in tutte le direzioni: quando poste al centro di una sfera una tale antenna illuminerebbe l'intera superficie della sfera uniformemente.

PAGINA 49

Tutte le antenne reali hanno proprietà direzionali, misurabili dopo specifici test di laboratorio. Inoltre tali caratteristiche possono essere più o meno notevoli a seconda delle applicazioni dell'antenna.

Caratteristiche:

- Il lobo principale, che include la direzione della massima radiazione (talvolta chiamato direzione di puntamento (boresight))
- Il lobo posteriore della radiazione, diametricamente opposto al lobo principale
- Diversi lobi laterali separati da nulla dove nessuna radiazione ha luogo

PAGINA 50

I modelli di radiazione possono essere espressi sia in termine di campo o di potenza irradiata.

Qualsiasi di questi campi o modelli di potenza possono essere rappresentati in coordinate sferiche tridimensionali, come il modello del campo in figura (a), o dal piano che interseca l'asse del lobo principale (b). Se il modello è simmetrico attorno all'asse z , un taglio è sufficiente. La figura (b) è un tale modello; il modello tridimensionale è una figura di rivoluzione di esso attorno all'asse del lobo principale.

PAGINA 56

TIPI DI ANTENNA: DIPOLO A MEZZA ONDA

Il dipolo a mezzonda (HALF-WAVE DIPOLE) è uno dei tipi più fondamentali di antenna. Esso consiste di un singolo conduttore avente una lunghezza, l , eguale metà della lunghezza d'onda da trasmettere o ricevere, come espresso nella seguente equazione:

$$l = \lambda/2$$

Il conduttore viene quindi suddiviso nel centro per abilitare la connessione all'**alimentatore**. Lo scopo dell'alimentatore è di **trasportare la potenza prodotta da una sorgente verso un carico**, che può trovarsi ad una certa distanza. Nel caso di un ricevitore, la sorgente è l'antenna ricevente, mentre il carico è l'impedenza d'ingresso del primo stadio amplificatore RF. Nel caso di un sistema di trasmissione, la sorgente è lo stadio d'uscita del trasmettitore ed il carico è l'impedenza dell'antenna trasmittente. Idealmente un alimentatore non dovrebbe avere alcuna perdita e dovrebbe presentare un perfetto accoppiamento tra l'impedenza della sorgente e quella del carico. In pratica questo è un raro caso.

PAGINA 57

TIPI DI ANTENNE: PARABOLA

La necessità di altissimi guadagni accoppiati a risposte direzionali ad UHF o frequenze in microonde viene spesso soddisfatta dall'uso di un **riflettore parabolico assieme ad un elemento radiante posizionato al punto di alimentazione del disco**.

Al fine di essere efficiente, il diametro di una superficie riflettente parabolica deve essere grande rispetto alla lunghezza d'onda del segnale. Il guadagno di una tale antenna è direttamente proporzionale al rapporto tra il diametro e la lunghezza d'onda.

I segnali che arrivano da un trasmettitore distante saranno riflessi in modo da passare verso il punto focale della superficie parabolica.

Eguale importante (e cruciale per l'efficacia dell'antenna) è il metodo di alimentazione della superficie parabolica. Ciò che è richiesto qui è un **metodo di illuminazione o cattura dei segnali dall'intera superficie parabolica**.

PAGINA 58

Modello di radiazione di un tipico riflettore parabolico.

Modello di radiazione di un tipico dipolo a mezzonda:

Il minimo di radiazione avviene lungo l'asse dell'antenna, mentre le due zone di massima radiazione sono a 90° (ossia normale agli elementi agli elementi del dipolo).

PAGINA 59

FILTRI

Un filtro tipico consiste in una serie di elementi risonanti (o elementi reattivi per filtri passa basso o passa alto) controllati con accoppiamento capacitivo elettrico tra loro.

Alcuni dei più importanti filtri RF nel trasponder sono:

- Il filtro d'ingresso. Un filtro passa banda con requisiti principali: perdita in banda bassa con attenuazione accettabile fuori dalla banda.
- Il filtro di canale. Un filtro passa banda con requisiti principali: rapido collegamento (roll-off) con perdita moderata e sufficientemente ampiezza piatta in banda e risposta nel ritardo di gruppo.
- Il filtro d'uscita. Un filtro passa-basso o passa-banda con requisiti principali: bassa perdita in banda con attenuazione accettabile a specifiche frequenze più alte.

PAGINA 60

CAVI e DISPOSIZIONE

Invece di due alimentatori a filo aperto, **cavi coassiali** vengono usati quasi esclusivamente nelle applicazioni aerospaziali, poiché i cavi coassiali sono schermati.

Il cavo coassiale ha un conduttore centrale (sia compatto che "a più fili") ed un conduttore esterno, che scherma completamente il conduttore interno. I due conduttori sono concentrici e separati da un isolante dielettrico, che è generalmente l'aria o qualche forma di polietilene.

LEZIONE 3_1

PAGINA 2

Il concetto originale di radar fu dimostrato in esperimenti di laboratorio condotti da Heinrich Hertz negli anni 1880. Il termine RADAR è l'acronimo di Aiuto Radio per il rilevamento e la distanza. Hertz dimostrò che le onde radio hanno le stesse proprietà della luce (a parte la differenza in frequenza). Dimostrò anche che le onde radio potevano essere riflesse da un oggetto metallico.

Poiché la prima applicazione come radar intercettore di velivoli (AI) fu equipaggiata negli aerei da caccia per migliorare la difesa della difesa aerea della Gran Bretagna durante il secondo conflitto mondiale, il radar si è evoluto per diventare il sensore principale nei velivoli militare ed è usato ampiamente nell'aviazione civile come radar meteo per avvertire il pilota di imminenti forti precipitazioni o turbolenze. Dalla seconda guerra mondiale enormi progressi sono stati compiuti nei radar dell'aviazione. I velivoli militare sono dotati di radar multifunzione con impulso doppler (PD), Track-While-Scan(TWS) e Synthetic Aperture (SA) modi che rivelano le capacità impressionanti.

PAGINA 3

Il principio fondamentale usato dal radar è rappresentato nella figura sotto. L'energia che si irradia da un radar trasmettitore si propaga in maniera simile alle onde che si generano da un oggetto fatto cadere in acqua. Se l'energia irradiata colpisce un oggetto (come un velivolo) una piccola parte di quella energia viene riflessa in dietro verso il radar. L'energia trasmessa effettivamente fa un doppio percorso : verso il bersaglio e indietro di nuovo.

Il Radar usa questo principio per misurare la distanza dal bersaglio. Conoscendo che la velocità della luce è c e misurando il tempo impiegato per che la radiazione riflessa torni indietro, ci da la possibilità di calcolare il target di riferimento:

$$R=C*\Delta T/2$$

Dove R è la distanza del target, c è la velocità della luce e il Δt è il tempo impiegato dall'energia del radar per compiere il viaggio completo.

PAGINA 4

Nella sua forma più semplice un sistema radar è costituito da un trasmettitore, un ricevitore, un'antenna e un display (vedi figura).

L'energia del radar deve essere diretta in qualche modo nella direzione del bersaglio. Al fine di raggiungere una tale energia diretta, i sistemi vecchi utilizzavano riflettori parabolici in cui l'energia irradiata veniva diretta verso il riflettore da un'antenna (di tipo HORN) radiante al punto focale. L'energia riflessa che ritorna dal bersaglio viene "raccolta" dal riflettore e concentrata nel punto focale dove l'horn feed è situato. In questo modo l'energia irradiata è diretta verso il bersaglio e l'energia riflessa viene raccolta da questo come illustrato nella figura sotto.

PAGINA 5

In questi anni, i radar hanno adottato i così detti PHASED ARRAYS (vedi un esempio di phased array, e di array planari, in basso sul lato destro). Dove i riflettori parabolici ottengono il fascio di raggi per mezzo della forma fisica parabolica, i radar phased array raggiungono un effetto simile usando una certa forma di fase nell'antenna.

Un radar phased array comprende un numero di elementi radianti(in effetti antenne in miniatura) ciascuna delle quali è in grado di irradiare indipendentemente. La fase relativa di ciascun elemento decide la direzione in cui l'array irradia.

Alterando la fase rispettivamente degli elementi radianti all'interno della feed antenna, il raggio dell'antenna può essere modellato ed elettronicamente inviato in qualsiasi direzione in elevazione o azimut.

Altimetri radar operanti a 10-18 Ghz di intervallo;

Velivoli caccia operanti in un intervallo tra 10 e 18 GHz;

Elicotteri d'attacco Apache dell'esercito USA AH-64 C/D operanti a 35 GHz;

Missili radar-guidati, lanciati in aria o da terra antirumore : sia del tipo Hellfire o Brimstone operanti a 94 GHz.

PAGINA 11

L'intero intervallo di frequenze usato dal radar e da altre radio applicazioni è categorizzato dalla lettera di identificazione secondo lo schema riportato nella tabella qui sotto.

I fattori notevoli che decidono quale banda usare in una particolare applicazione sono riportati qui di seguito:

Gli effetti dell'assorbimento atmosferico;

La dimensione dell'antenna che la piattaforma può ragionevolmente sostenere.

Come per molti sistemi, il progetto di un sistema radar è soggetto a molte considerazioni e mutamenti nella misura in cui il progettista si sforza conciliare con tutte le possibilità per ottenere una soluzione ottimale.

PAGINA 12

Gli effetti dell'assorbimento atmosferico sono mostrati nella figura sotto.

Il diagramma illustra la perdita in dB per Km lungo lo spettro di frequenza da 1 a 300 GHz. Questa curva varia a varie altitudini la caratteristica particolare mostrata è per il livello del mare.

Un 10 dB di perdita è equivalente a 10 volte la perdita di segnale, così che la perdita per Km a 60 GHz è quasi 1000 volte peggio che la perdita intorno a 80 GHz. Questi picchi di assorbimento atmosferico avvengono alla frequenza di risonanza di varie molecole nell'atmosfera: l'acqua a 22 e 185 GHz e l'Ossigeno a 60 e 120 GHz, con la risonanza a 60 GHz sono particolarmente gravi.

PAGINA 13

Viene mostrato sotto anche il diagramma chiamato "LE QUATTRO CHIAVI DELLA BANDA DI FREQUENZA" usato da alcuni sistemi di velivoli odierni:

Sorveglianza radar operante a 3GHz;

Radar per i caccia che va da 10 a 18 GHz;

Elicotteri d'attacco operante a 35 GHz;

missili anti rumore operante a 94GHz;

Si può vedere che gli effetti dell'assorbimento atmosferico hanno un impatto significativo sopra le porzioni dello spettro che il progettista del radar può ragionevolmente utilizzare.

PAGINA 14

La proprietà direzionale dell'antenna è estremamente importante per il radar in quanto essa focalizza l'energia entro un fascio sulla trasmissione e raccoglie efficientemente l'energia riflessa durante la ricezione. Questa proprietà direzionale aumenta l'operatività del radar ed è conosciuta come guadagno d'antenna.

Sostanzialmente tanto più stretto è il fascio, tanto maggiore è la potenza concentrata in quella direzione e quindi tanto maggiore è il guadagno.

Come sappiamo, il guadagno dipende da :

la dimensione dell'antenna;

la frequenza dell'energia irradiata.

PAGINA 19

La frequenza e la lunghezza d'onda di un'onda elettromagnetica sono relate l'una all'altra e con la velocità della luce c , secondo l'equazione :

$$c = f * \lambda$$

Dove c è la velocità della luce, $3*10^8$ m/s, f è la frequenza (Hz) e λ è la lunghezza d'onda (m).

Perciò, per un radar di un aereo caccia, poerante alla frequenza di 10 GHz

FORMULA

La formula per un riflettore parabolico per determinare il fascio (fascio di antenna circolare) di u'antenna conoscendo la frequenza e le dimensioni dell'antenna è la seguente:

ALTRA FORMULA

Dove TETA è l'ampiezza del fascio (deg), f è la frequenza (GHz) e D è la dimensione dell'antenna (m.).

PAGINA 20

Usando ancora l'esempio di un radar di un aereo caccia, e assumendo un'antenna di dimensioni di 0.6 m (circa 24 pollici), abbiamo:

$$TETA=3.5^\circ$$

Al fine di calcolare il guadagno massimo, noi consideriamo l'equazione seguente.

EQUAZIONE

Dove G_d è il guadagno d'antenna in dB, f è la frequenza (GHz) e D è la dimensione dell'antenna (m).

Ancora usando l'esempio del radar dell'aereo caccia, abbiamo:

$$G_d=33,4 \text{ dB}$$

$G_d=...$ altra formula

L'equazione sopra è il risultato di una conversione in dB dell'equazione riportata sotto

PAGINA 21

Dall'esercizio appena svolto risulta evidente che:

- **l'ampiezza del fascio** o del lobo è **direttamente proporzionale alla lunghezza d'onda cui opera l'antenna radar** e **inversamente proporzionale alla dimensione caratteristica dell'antenna stessa**;
- **il guadagno** dell'antenna radar è **inversamente proporzionale all'ampiezza del fascio**.

Dalla larghezza del fascio dipende la capacità del radar di separare due obiettivi sia in azimuth sia in elevazione.

Tale proprietà è detta **risoluzione angolare del radar**. Larisoluzione angolare è una **caratteristica di progetto** fondamentale del sistema radar.

PAGINA 22

Si noti la figura a fianco.

A sinistra due obiettivi identici A e B, posti praticamente alla stessa distanza lineare dal radar (ovvero dal velivolo) sono **fra di loro separati da una distanza superiore all'ampiezza del fascio**.

Quando il radar li colpisce, i due obiettivi possono essere facilmente distinti e quindi individuati, essendo **l'eco dell'obiettivo A nettamente distinta dall'eco dell'obiettivo B**.

A destra invece i **due bersagli** sono **separati da una distanza inferiore all'ampiezza del fascio**. In questo caso **l'eco del bersaglio B si sovrappone all'eco del bersaglio A**, rendendo il sistema radar incapace di distinguere con certezza i due bersagli.

Quanto più stretto è il fascio tanto più aumenta il potere risolutivo del radar (risoluzione angolare: capacità di separare due bersagli angolarmente vicini).

PAGINA 27

Nelle operazioni basilari del radar ad impulsi, l'ampiezza di impulso determina anche la distanza di risoluzione di cui il radar è capace. Il radar può risolvere solamente metà dell'ampiezza di impulso. L'espressione per la minima distanza di risoluzione, R_{res} , è data dalla seguente formula

$$R_{res} = c \cdot \tau / 2$$

dove c è la velocità della luce, $3 \cdot 10^8$ m/s, e τ l'ampiezza di impulso (s).

Al fine di comprendere la formula sopra riportata, si ricordi che **l'ampiezza dell'impulso T** , ovvero il **tempo intercorrente fra l'inizio e la fine dell'impulso**, può anche essere espresso in termini di lunghezza, ovvero di **spazio occupato dall'impulso**. Ad esempio, un impulso della durata di 1 microsec=10⁻⁶sec è lungo 300 m. **La durata dell'impulso ha una forte influenza sulla capacità del radar di distinguere due bersagli separati da una certa distanza**. Questa distanza deve essere infatti tale che il fronte di discesa dell'impulso trasmesso (impulso rosa in figura) abbia superato il bersaglio più vicino, prima che il fronte di salita dell'eco di ritorno del bersaglio più lontano (impulso verde) abbia raggiunto il bersaglio più vicino. L'impulso azzurro in figura rappresenta infine l'eco di ritorno del bersaglio più vicino

PAGINA 28

Come abbiamo già menzionato, un impulso di 1 microsec di durata sarà approssimativamente lungo 1000 piedi (poiché la luce viaggia $3.33 \cdot 10^8$ o 10^9 piedi/sec e la durata dell'impulso è 10^{-6} sec, distanza = velocità * tempo).

Perciò, ricordando l'equazione di risoluzione della distanza, R_{res} , a 1 microsec l'impulso sarà in grado di risolvere il bersaglio ad una distanza a non meno di 500 piedi, (150 metri).

Ci sono limiti pratici a quanto l'impulso può essere piccolo, al fine di migliorare la risoluzione della distanza. Inoltre gli impulsi stretti hanno bisogno di un ricevitore con una larghezza di banda più ampia che porta a sua volta ad avere più rumore e un più alto rischio di avere interferenze. Come abbiamo visto infatti, la larghezza di banda teorica del ricevitore richiesta per passare tutte le componenti di un impulso di ampiezza, τ è $2/\tau$.

PAGINA 29

E' bene inoltre ricordare che utilizzare **impulsi più brevi** ha come **controindicazione** anche il fatto che la quantità di **energia che investe il bersaglio**, data dal **prodotto della potenza di picco, P_{peak} , del radar per la durata dell'impulso, diminuisce**, con la conseguenza che **l'eco può divenire troppo debole** per essere rilevata dal ricevitore.

Perciò per migliorare la risoluzione della distanza, una soluzione deve essere cercata che non necessariamente sia in direzione di una sempre maggiore riduzione dell'ampiezza di impulso. Esistono tecniche che permettono la risoluzione della distanza da essere determinata con un grado molto più fine, anche se devono essere impiegati processi di segnale e sofisticate modulazioni.

PAGINA 30

Quando l'ampiezza di impulso si riduce, anche il picco di potenza deve aumentare per mantenere costante la potenza media, al fine di non diminuire la risposta del bersaglio. Tuttavia ci sono chiari e definiti limiti fisici di quanto può essere il picco di potenza.

Infatti la potenza media è fornita dalla seguente espressione:

$$P_{med} = P_{picco} \cdot \tau / T$$

Dove P_{peak} è il picco di potenza, τ è l'ampiezza dell'impulso e T è il periodo dell'impulso.

Per un picco di potenza di 10KW, un'ampiezza di impulso di 1 microsec e un periodo di impulso di 250 microsec, noi abbiamo $P_{med} = 40W$

Il fatto che il radar trasmetta solamente per una porzione del tempo significa che la potenza media può essere relativamente bassa.

LEZIONE 3_2

PAGINA 2

Infine parliamo della portata come una delle caratteristiche più importanti della progettazione dei radar. La discussione precedente ci porta all'equazione che è la più potente e più comunemente usata quando si esaminano le prestazioni dei sistemi radar, cioè, l'equazione della portata radar.

L'equazione della portata radar assume molte forme in funzione di quei fattori che devono essere presi in considerazione e il tipo di trasmissione da considerare. Nella forma più semplice, la massima distanza per un singolo impulso radar è determinata dalla seguente equazione:

$R = \text{FORMULA} \dots\dots$

R è la portata radar (m);

P_{av} è la potenza media (w);

A_e area effettiva dell'antenna (m²);

σ è l'area a sezione trasversale del bersaglio (m²);

t è il tempo sul bersaglio (s);

S_m è il segnale minimo di energia rilevabile (W-s);

λ è la lunghezza d'onda dell'antenna radar (m).

PAGINA 3

Vediamo ora quali sono i **passi logici che ci permettono di giungere all'equazione del radar range**.

La **potenza media, PM**, che il trasmettitore mette a disposizione viene **concentrata nel lobo principale dell'antenna e quindi amplificata di un fattore pari al guadagno, G**, dell'antenna stessa. **Alla distanza R** del bersaglio la **densità di potenza** è pari a **DPra**.

Per **potenza media PM** si intende la **potenza di picco P** o potenza degli impulsi (la potenza di picco è infatti la **potenza di un singolo impulso**: se questo è rettangolare, ovvero se il suo livello di potenza è costante per tutta la durata T dell'impulso, la potenza di picco è semplicemente la **potenza che si ha in uscita quando il trasmettitore è attivo) mediata sull'intero periodo di ripetizione T**:

PAGINA 4

Prendendo in considerazione le perdite di linea tra il trasmettitore e l'antenna, la potenza irradiata può essere generalmente definita come la potenza P del trasmettitore (non la potenza dell'antenna), ridotta dalle perdite della linea tra il trasmettitore e l'antenna, L(loss). Se l'antenna trasmittente ha un fascio di ampiezza stretta, esempio se essa ha un guadagno, la densità di flusso della potenza viene aumentata per mezzo del guadagno dell'antenna trasmittente, G(gain).

Il prodotto di P, L e G è chiamato potenza irradiata isotropica effettiva, EIRP, in watts:

$EIRP = PGL$

Trade-off (scambio) tra il guadagno di antenna e la potenza trasmissiva. Questi due legami di comunicazione hanno lo stesso EIRP, densità di potenza ricevuta, e potenza del segnale ricevuto. Tuttavia, il trasmettitore di 1W con alto guadagno di antenna ha solo 1/25 di copertura aerea fornito da un antenna con trasmettitore da 25 W con basso guadagno .

PAGINA 5

La **potenza media PM** è **cruciale nel determinare la portata di un radar**. In particolare vedremo che **aumentando la potenza media aumentiamo la portata del radar**. Per aumentare la **potenza media** è però necessario **aumentare la potenza di picco, la larghezza di impulso o la frequenza di ripetizione degli impulsi, PRF**. Ricordiamo tuttavia che, aumentando PRF, aumenta anche la possibilità di compiere misure ambigue in distanza, e che, aumentando la larghezza di impulso, diminuisce la capacità di un radar di discriminare due bersagli in distanza (range resolution).

La quantità di **potenza che un bersaglio riflette nella direzione del radar** è data da **P_{tb}**, dove sigma è la cosiddetta **radar cross section, funzione dell'area geometrica del bersaglio**, della sua **riflettività** e della sua

tazimuth=.....

PAGINA 11

Gli aerei civili trasportano un numero di sensori radar che consentono il velivolo di avere dati circa il velivolo stesso.

I principali sensori radar in uso nell'aeronautica civile sono:

radar altimetrico

radar meteo

PAGINA 12

Sensori radar : il radar meteo

Il radar meteo (WXR) fu introdotto sugli aerei passeggeri negli anni 50 perché i piloti identificassero le condizioni meteo e conseguentemente deviasero il tragitto per la sicurezza e il comfort dei passeggeri. Condizioni meteo estreme sono la principale minaccia per la sicurezza delle operazioni di un velivolo. Approssimativamente il 33% degli incidenti è relata alle condizioni meteo.

Nell'era digitale delle comunicazioni, i sistemi aerei, esempio l'(ACARS) Aircraft Communications and Addressing and Reporting System, può ricevere e trasmettere informazioni circa le condizioni meteo predominanti.

Il radar meteo a bordo, tuttavia, fornisce all'equipaggio la principale sorgente di identificazione delle condizioni meteo estreme.

Pagina 13

Sensori radar : il radar meteo

Il radar meteo è un radar primario.

Nei radar primari l'energia è diretta attraverso l'antenna al bersaglio, esempio nel nostro caso specifico le condizioni meteo.

Nel caso del radar meteo , si desidera rilevare l'energia riflessa dal contenuto di una nuvola o da precipitazioni. Le precipitazioni possono manifestarsi in molte forme differenti, inclusa la pioggia, pioggia ghiacciata, neve, nevischio e grandine.

Inoltre i più moderni radar meteo possono utilizzare i processi Doppler per rilevare turbolenze davanti al velivolo. Ciò è un aspetto molto importante, poiché il massimo wind-shear non avviene necessariamente in concomitanza con forti precipitazioni. Infatti alcuni dei più pericolosi wind-shear avviene in aree limpide in totale assenza di nuvole o precipitazioni.

(WINDSHEAR =

stress on an aircraft in an area in which winds of different speeds and directions are close together ---venti forti di differenti velocità e direzione si incontrano)

PAGINA 14

I radar meteo operano sia nella banda C (4-8 GHz) che in banda X (8-12,5 GHz).

La portata tipica di un radar meteo è di 320 miglia.

Gli impulsi di energia trasportati dalle microonde vengono riflesse dalle goccioline umide e ritornano all'antenna radar. Il sistema calcola il tempo impiegato dagli impulsi di energia per tornare indietro, di conseguenza la distanza. Ciò viene quindi visualizzato come immagine su uno schermo radar meteo appositamente dedicato, oppure l'immagine può essere integrata nel sistema di visualizzazione elettronica di volo (Electronic Flight Information System, EFIS).

L'intensità dell'energia di ritorno viene misurata e usata per determinare la dimensione del bersaglio. Più è alto il contenuto dell'umidità in una nuvola più è grande il valore dell'intensità dell'energia.

L'antenna scansiona il piano laterale per fornire informazioni laterali circa il bersaglio.

PAGINA 20

L'antenna scansiona davanti e a ciascun lato del velivolo con un fascio di microonde a forma conica. Quando gli impulsi di energia del radar raggiungono una gocciolina d'acqua, l'energia è assorbita, rifratta e riflessa dal fronte della porzione convessa e rimandata dietro all'antenna, come illustrato nella figura accanto. Il **diametro della goccia d'acqua** influenza la quantità di energia restituita all'antenna. **Con gocce più grandi**, esempio **un pesante acquazzone, più energia viene riflessa verso l'antenna**. Più piccole le gocce da nuvole e nebbia hanno una riflessione meno significativa. Questa relazione tra dimensioni individuale, entità della pioggia ed energia riflessa è **la base della rilevazione della gravità della tempesta**.

PAGINA 21

Un **uso secondario del sistema radar meteo è per la mappatura del terreno**, esempio, identificazione dei fiumi, coste e montagne.

Questo modo di operare viene selezionato dall'equipaggio sul pannello di controllo.

Le risposte delle varie caratteristiche del terreno sono differenti, come per le precipitazioni. Queste variazioni sono interpretate dal sistema e visualizzate usando vari colori. **L'energia del segnale di risposta dipende sulla riflettività del terreno e sull'angolo a cui il fascio di raggi (beam) incontra il terreno**. Il modello fascio di raggi del radar meteo non è adattabile per il modo di mappatura del terreno, poiché non copre sufficientemente una grande area. Un fascio a forma di ventaglio fornisce una copertura del terreno ottimale lungo lo spazio di cui il velivolo ha traccia. Il sistema può essere facilitato a rimodellare il fascio (beam) in funzione del modo operativo selezionato sul pannello di controllo del radar meteo.

PAGINA 22

- Il radar meteo è una versione limitata del radar che mappa (mapping) ottimizzata per rilevare le condizioni meteo come opposte al terreno
- Il radar meteo dà la possibilità all'equipaggio aereo di affrontare condizioni meteorologiche avverse e temporali durante la traversata.
- Le immagini del radar possono essere visualizzate su un display dedicato – molto più spesso nei velivoli moderni è visualizzato coi simboli sovrapposti sul display di navigazione.
- Recentemente il radar meteo è stato usato come sensore principale per ausilio avanzato e altamente accurato CNS/ATM INS/GPS [RNP=0.3 nm] avvicinamenti in aeroporti pericolosi come Juneau, Alaska
- Il radar mapping usa uno speciale forma di fascio radiante (beam) per "disegnare" il terreno davanti all'aereo.
- Una dettagliata mappa radar del terreno ed altre caratteristiche fatte dall'uomo davanti all'aereo possono essere realizzate.
- Posizionando l'antenna del radar mapping ad un fissato angolo, alcuni gradi con l'assistenza col terrain avoidance (è un tipo di radar che serve per volare radente a terra) può essere fornita.
- I radar mapping sono molto comunemente usati in velivoli militari come parte del dispositivo offensivo
- I radar mapping sono usati nell'aviazione civile per disegnare terreni nel modo terrain-avoidance.

PAGINA 23

SENSORI RADAR : IL RADAR ALTIMETRO

L'altimetro usa la trasmissione radar per riflettere dalla superficie del mare o dalla terra immediatamente sotto il velivolo.

L'altimetro perciò fornisce un'assoluta lettura dell'altitudine riguardo al terreno direttamente sotto il velivolo.

Questo contrasta con l'altimetro barometrico o aereo dove l'altitudine può essere riferita al livello del mare.

LEZIONE 4_1

PAGINA 2

Definizione di comunicazioni tra velivoli in 2 differenti scenari:

Scenario militare:

Comunicazione : La capacità di comunicare sia a voce o con mezzi informatici con forze cooperative, sia esse aeree nello stesso velivolo, o centro di comando aereo o truppe di terra.

Scenario Civile:

Comunicazione : La capacità di comunicare sia a voce o con mezzi informatici con altri aerei (comunicazioni aria-aria) o stazioni a terra (comunicazioni aria-terra).

In entrambi i tipi di comunicazione a parte per quelle esterne anche per quelle interne entro il velivolo sono presenti.

PAGINA 3

I segnali di radio frequenza sono generalmente capiti ad occupare una banda di frequenza che si estende da una frequenza di poche decine di KHz a parecchie centinaia di gigahertz.

La parte più bassa dello spettro di radiofrequenza di uso pratico è appena sotto i 30 KHz. A questa frequenza, i segnali si propagano come onde terrestri su lunghe distanze.

All'altro estremo, la parte più alta dello spettro che è di pratica importanza si estende sopra i 30 GHz. A queste frequenze di microonde, considerevoli larghezze di banda sono disponibili e i segnali tendono a propagarsi su cammini lungo la linea di vista.

Ad altre frequenze il segnale può propagarsi attraverso vari mezzi inclusa la riflessione attraverso gli strati ionizzati della ionosfera.

PAGINA 4

Lo spettro di Radio Frequenza (RF) associato con la CNI (Communication Identification Navigation), è raffigurato qui sotto.

Lo spettro CNI copre un intervallo di diverse competenze che coprono quasi 5 decenni da 100KHz a 4 GHz e comprendono un certo numero di funzioni.

In questo capitolo ci concentriamo sulle funzioni di Comunicazioni. Lo spettro di frequenza dedicato alle funzioni di comunicazione va da 3 KHz a circa 3 GHz. Per facilità di confronto, le competenze sono elencate in ordine ascendente di frequenza operativa:

Comunicazioni:

- Comunicazioni Alta-frequenza (HF);
- Comunicazioni Molto Alta (ALTISSIMA)-Frequenza (VHF);
- Comunicazioni Ultra Alta-Frequenza (UHF);
- Comunicazioni via Satellite (SATCOM);

PAGINA 5

Con una o due eccezioni, le caratteristiche presentate nella figura accanto sono tutte disponibili sia per uso della comunità civile per la piattaforma militare.

Tutte le frequenze operative sono pubblicate nelle carte aeronautiche per assicurare la sicurezza e l'adempimento dell'integrazione e dell'interoperabilità di tutto il traffico entro il più ampio spazio aereo.

Ci sono un paio di eccezioni, cioè:

1. Il traffico civile generalmente non usa la banda di comunicazione UHF. Gli utenti militari possono anche usare l'UHF SATCOM che non è ampiamente disponibile.
2. Il traffico civile generalmente non è dotato di TACAN (Navigation equipment).
3. Certi codici GPS che offrono più accurate capacità navigative possono essere negate alla comunità degli utenti civili (Navigation Equipment)
4. IFF è compatibile con le modalità S ATC ma non disponibile per usi civili (Identification Equipment)

PAGINA 6

Vale la pena riassumere le caratteristiche elencate nella figura sotto dal punto di vista della frequenza crescente. In termini rudi questo rappresenta anche il processo storico, man mano che la tecnologia si è evoluta per utilizzare le alte frequenze nel corso del tempo (un risultato naturale dello sviluppo tecnologico):

- Segnale non-direzionale (NDB). Questo tipo di assistenza di navigazione fornisce informazione di posizione per i sistemi di ricerca automatici di direzione aerea (ADF), ADF1 E ADF2

Vediamo ora di quali **parti** si compone un **sistema di comunicazione** di un velivolo. Uno **schema generale** è presentato in figura:

- L'**antenna** ha il compito sia di trasmettere sia di ricevere onde elettromagnetiche.
- Il **quadretto di controllo** permette di selezionare la frequenza a cui il ricetrasmittitore deve operare e le modalità operative dello stesso.
- The **transmitter** "piggybacks" informazioni ,come audio, video o segnali dati sulla radio frequenza corrente per essere trasmessi da onde radio. Quando essi colpiscono l'antenna del radio ricevitore, le onde si eccitano similamente (ma con meno potenza) alle correnti di radio frequenza in esso. Il radio ricevitore estrae l'informazione dalle onde ricevute.
- L'**impianto audio gestisce** tutti i segnali audio che si generano a bordo di un velivolo (voce, segnali acustici relativi al funzionamento dei sistemi, ecc.) e li invia alla cuffia del pilota o, viceversa, al ricetrasmittitore, nel caso in cui tali segnali provengano dal microfono.

PAGINA 12

SISTEMA DI RADIO COMUNICAZIONE:

TRASMETTITORI E RICEVITORI

Le **caratteristiche dei trasmettitori** sono di seguito elencate:

- L'**oscillatore che genera l'onda portante** deve essere realizzato in modo tale da presentare una **sufficiente stabilità della sua frequenza di oscillazione**, perché spostamenti di questa possono causare **perdita di sintonia da parte del ricevitore**.
- Gli stadi intermedi di **amplificazione** devono fornire **potenze sufficienti** a pilotare l'amplificatore finale **affinché possa erogare la potenza richiesta**; contemporaneamente tali stadi di amplificazione **non dovranno apportare al segnale eccessive deformazioni**, in particolare non dovranno generare armoniche a livello troppo elevato. Queste infatti costituiscono un insieme di segnali trasmessi che, oltre a determinare **un'inutile perdita di potenza**, rappresentano fonti di **possibili interferenze per altri collegamenti radio**.
- Le **potenze di uscita dei trasmettitori imbarcati sui velivoli** oscillano nella maggior parte dei casi tra **qualche decina a qualche centinaio di Watt**.

Un **ricevitore** è un dispositivo atto ad operare sul segnale captato le **elaborazioni inverse a quelle impresse all'atto della trasmissione**.

Esso deve quindi **selezionare una particolare frequenza portante fra tutte quelle intercettate dall'antenna ricevente, amplificare il segnale**, che in genere è a livelli estremamente bassi, ed infine **estrarre dall'onda modulata il segnale che in fase di trasmissione aveva modulato la portante stessa (demodulazione)**.

PAGINA 13

SISTEMA DI RADIO COMUNICAZIONE:

TRASMETTITORI E RICEVITORI

Caratteristiche peculiari dei ricevitori sono:

- la **stabilità**, ovvero l'attitudine a **rimanere perfettamente sintonizzato su una frequenza prestabilita**;
- la **sensibilità**, ovvero la capacità di ricevere segnali molto deboli. Per sensibilità di un ricevitore si intende dunque il **valore del minimo segnale presente al suo ingresso capace di generare un messaggio utile**, che sovrasti i segnali spurii originati dal ricevitore stesso e che sia quindi distinguibile da questi. Il problema è molto delicato in quanto tutti i circuiti elettronici generano rumore ed in aggiunta a ciò i **segnali che entrano nel ricevitore** sono debolissimi, ovvero dell'ordine di qualche **milionesimo o frazione di milionesimo di Volt (microVolt)**. Tali segnali devono quindi subire un'amplificazione pari a circa un milione di Volt. Il problema consiste quindi nel **realizzare circuiti che amplifichino il più possibile l'intensità del segnale utile in arrivo ed il meno possibile quella del rumore**.

PAGINA 14

SISTEMA DI RADIO COMUNICAZIONE:

TRASMETTITORI E RICEVITORI

-la **selettività**, ovvero l'**abilità a distinguere fra due segnali estremamente vicini l'uno all'altro in frequenza**. La selettività è rappresentabile graficamente dalla figura a fianco. **In ascisse** si riportano le **differenze, positive e negative, fra la frequenza dei segnali indesiderati e la frequenza del segnale voluto** (indicata dallo zero) e **in ordinate** si riportano le **attenuazioni** (espresse in decibel), che vengono **apportate dal ricevitore ai segnali indesiderati**. La **banda passante del ricevitore**, ovvero la **banda di frequenze ritenute integralmente utilizzabili, si estende fino ai punti che corrispondono ad un'attenuazione di 6 dB**.

La possibilità di reiettare segnali su canali adiacenti dipende dalla pendenza della curva di selettività: tanto più è vicina alla verticale, tanto più attenua le frequenze lontane da quella desiderata.

Le origini del Built-in Test Equipment (BITE) ebbe inizio con le semplici visualizzazioni on/off sul frontale del cosiddetto LRU (Line Replaceable Units =Linea delle Unità sostituibili) per assistere i tecnici dell'avionics col troubleshooting (ricerca guasti); questo display (tipicamente costituito da diodi emittenti di luce, LED) indicavano uno stato di go/no-go per una particolare unità.

La tecnologia BITE è ora sviluppata attraverso sistemi di manutenzione centralizzata sui moderni aerei. L'ECAM (Sistema di monitoraggio aereo elettronico centralizzato) sovrintende una varietà di sistemi aerei e raccoglie dati su base continua. L'ECAM automaticamente segnala malfunzionamenti. L'equipaggio di volo può manualmente selezionare e monitorare sistemi individuali. Tipici sistemi di manutenzione centralizzati hanno un computer di manutenzione centralizzato (CMC = centralized maintenance computer) per raccogliere, analizzare immagazzinare informazione di guasti.

PAGINA 20

COMUNICAZIONI VHF

Nell'intervallo VHF (30-300MHz) le onde radio generalmente si propagano come onde dirette lungo la linea di vista (LOS=Line of sight). Le comunicazioni attraverso rigorosi percorsi lungo la linea di vista, aumentate occasionalmente dalla rifrazione o riflessione, impongono un limite sull'intervallo di funzionamento che può essere ottenuto. Dovrebbe essere anche evidente che la distanza sarà dipendente dall'altezza del velivolo sul terreno: maggiore è l'altezza del velivolo sul terreno, maggiore sarà l'intervallo.

PAGINA 21

COMUNICAZIONI VHF

La massima distanza teorica della linea di vista tra un velivolo ed una stazione a terra, maximum LOS, (vedi la figura accanto) è data dalla seguente relazione

LOS=

Dove R_{Earth} è il raggio della Terra ed h è l'altitudine del velivolo sopra la terra.

Prendendo in considerazione che $h \ll R_{Earth}$, l'equazione di sopra diventa :

LOS=

PAGINA 22

COMUNICAZIONI VHF

L'effettiva misura ottenuta dipende non soltanto dalla massima LOS distanza ma anche da altri parecchi fattori, inclusi: l'altezza della stazione di terra, la posizione del velivolo (rispetto all'ambiente), la potenza del trasmettitore e la sensibilità del ricevitore.

Tuttavia la distanza LOS usualmente fornisce una buona approssimazione della misura che può essere ottenuta tra un aereo ed una stazione a terra (vedi la tabella sotto)

PAGINA 23

COMUNICAZIONI VHF: ACARS

Attrezzature di comunicazione VHF di aerei moderni supportano comunicazioni sia vocali che di dati:

Tipicamente aerei civili sono equipaggiati con 3 radio VHF:

-Due dei quali sono usati per comunicazione vocale ATC;

-Uno è usato per comunicazioni aeree di indirizzamento e sistemi di report (ACARS) collegamento dati (conosciuti anche come comunicazioni di controllo operativo di linee aeree).

ACARS è un sistema di collegamento dati digitale che trasmette nell'intervallo di banda VHF. ACARS così fornisce un mezzo attraverso il quale **operatori su terra possono scambiare dati con un velivolo senza intervento umano, così riducendo la necessità di messaggi vocali per HF e VHF e fornendo un sistema che può essere registrato e tracciato**. Un aspetto significativo di ACARS è la capacità di fornire **dati in tempo reale** in terra in relazione alle prestazioni del velivolo; ciò ha reso possibile identificare e pianificare **attività di manutenzione** dei velivoli.

Le comunicazioni ACARS sono automaticamente dirette attraverso una serie di computer ARINC (Aeronautical Radio Inc.) basati a terra ai pertinenti operatori del velivolo.

Tipici messaggi ACARS vengono usati per trasmettere informazioni di routine come :

Carichi dei passeggeri;

Reports delle partenze;

Reports degli arrivi;

Dati del carburante;

Dati di prestazione dei motori.

sistema di modulazione che è più efficiente in termini di uso della larghezza di banda. Questo sistema è conosciuto come Differential Eight Phase Shift Keying (D8PSK).

PAGINA 29

COMUNICAZIONI HF

L'alta frequenza copre la banda di comunicazione tra i 3 e 30 MHz ed è un mezzo di comunicazione molto comune in terra, mare ed aria. La banda utilizzata copre l'intervallo di frequenza tra 2.000 – 29.999 MHz usando 1 KHz (0.001 MHz) spaziatura di canale.

Il principale vantaggio della comunicazione HF è che il sistema offre comunicazioni oltre la linea visuale a causa della riflessione degli strati ionizzati dell'atmosfera superiore.

La richiesta di potenza per le trasmissioni HF è generalmente più di 5 volte maggiore di quella per le trasmissioni VHF a causa della più lunga distanza e l'assorbimento ionosferico.

PAGINA 30

COMUNICAZIONI HF

A causa delle variazioni in altezza e in intensità degli strati ionizzati (in funzione del tempo e del giorno, le stagioni dell'anno e l'anno stesso), devono essere usate frequenze differenti a differenti ore del giorno e della notte e per differenti percorsi. Ci sono anche variazioni stagionali, particolarmente tra inverno ed estate. La propagazione può anche essere intensificata durante periodi di intensa attività solare.

Di conseguenza, la propagazione HF è capricciosa ed è di gran lunga meno prevedibile della propagazione VHF.

Inoltre la propagazione HF richiede una maggiore potenza di quella relativa al VHF.

PAGINA 31

COMUNICAZIONI HF

Le frequenze scelte per un particolare percorso radio vengono usualmente poste a metà strada tra la LUF (Lowest Usable Frequency = Più bassa frequenza utilizzabile) e la MUF (Maximum Usable Frequency = Più alta frequenza utilizzabile).

La più bassa frequenza utilizzabile è la più bassa frequenza che sosterrà la comunicazione lungo un dato percorso per un particolare tempo ad una certa data.

La LUF dipende dalla quantità di assorbimento sperimentato dalle radio onde. Questo assorbimento è peggiore quando lo strato-D è assai intenso (esempio durante la luce del giorno). Di là, ricordando che generalmente più è bassa la frequenza, più è alta l'attenuazione quando si viaggia nella ionosfera, la LUF aumenta durante il giorno e scende durante la notte.

PAGINA 32

COMUNICAZIONI HF

La frequenza massima utilizzabile (MUF) è la più alta frequenza che consentirà la comunicazione lungo un dato percorso ad una particolare ora del giorno e ad una particolare data. MUF varia considerevolmente con l'attività solare ed è fondamentalmente una funzione dell'altezza e dell'intensità dello strato F (densità elettronica, N).

PAGINA 33

COMUNICAZIONI HF

La figura sotto mostra la tipica MUF per vari angoli (angolo dell'onda trasmessa relativa all'orizzonte) assieme alle corrispondenti distanze operative. La frequenza critica è assunta essere eguale a 5 MHz. La frequenza critica è la frequenza più bassa che sarà restituita dalla ionosfera usando un percorso di incidenza verticale. La relazione tra la frequenza critica, f_{crit} [MHZ], e la densità elettronica, N [$1/cm^3$], è data da:

$f_{crit} = \dots\dots\dots$

La relazione tra MUF e f_{MUF} , e la frequenza critica è data da :

$f_{muf} = \dots\dots\dots$

PAGINA 34

COMUNICAZIONI HF

Durante la giornata LUF è generalmente tra 4 e 6 MHz durante il giorno, cade rapidamente dopo il tramonto intorno a 2 MHz.

Durante un periodo di intensa attività solare, MUF può eccedere a 30 MHz durante le ore diurne ma è spesso intorno da 16 a 20 MHz nelle ore diurne ed intorno da 8 a 10 MHz di notte.

A bordo di AES si trova l'equipaggiamento SATCOM che è collegato ai sottosistemi i cui dati devono essere trasmessi.

Le stazioni fisse GES, disseminate sul globo terrestre, sono collegate tramite reti terrestri di comunicazione ed informatiche con basi, aeroporti e centri di elaborazione di dati.

PAGINA 41

SATCOM

Il satellite rimane completamente trasparente per l'utente, provvedendo soltanto alla conversione del segnale dalla banda C alla L e viceversa ed alla sua ri-trasmissione.

Una AES può collegarsi ad una GES per volta soltanto, attraverso la quale può però comunicare con qualsiasi altra GES sfruttando le reti terrestri. Tramite questa procedura si possono gestire operazioni di ATC o comunicazioni in tutto il mondo.

Sono naturalmente possibili collegamenti tra AES diversi senza che alcuna GES intervenga.

Il sistema è in grado di offrire un gran numero di servizi, tutti digitali, quali per esempio ACARS, ATC, comunicazioni di servizio in voce, accesso a reti informatiche via data link, Aeronautical Public Correspondence (APC).

PAGINA 6

HFDL contro SATCOM

Infine, quando si fa un paragone tra l'HFDL e il SATCOM, si deve sottolineare che:

- HFDL è più basso in costo del SATCOM e molte portanti usano HDL invece dei servizi satellitari o lo considerano come un servizio di back-up.
- SATCOM può supportare velocità di dati superiore all'HFDL.
- HFDL è ancora l'unica tecnologia di collegamento dati che copre i Poli nord/sud, fornendo con continuità, senza interruzione la copertura di collegamento sulle tratte polari tra Nord America, Europa Orientale e Asia.
- SATCOM non è facilmente manutenzionabile (a causa alla presenza di satelliti geostazionari ed alla relativamente nuova tecnologia, se paragonata alla semplice avionica ben collaudata dei sistemi HFDL).

Di conseguenza, la domanda per HFDL è cresciuta costantemente dal 1998, quando il servizio fu lanciato, ed è correntemente in espansione da più di centinaia di velivoli per anno.

PAGINA 7

FLIGHT-DECK AUDIO SYSTEMS

(Sistemi audio nella cabina di pilotaggio)

Al pari dei sistemi per comunicazione con le stazioni di terra, i moderni aerei passeggeri richiedono un certo numero di mezzi per comunicazioni locali all'interno del velivolo. Inoltre c'è la necessità di comunicare con quelli che lavorano sull'aereo quando si sta operando da terra.

I sistemi usati per la comunicazione locale devono consistere niente di più che segnali audio, opportunamente amplificati, commutati e instradati, e incorporanti mezzi di allarmi appropriati ai membri dell'equipaggio e ad altro personale:

I sistemi audio della cabina di pilotaggio comprendono:

- **Sistema di indirizzamento passeggeri (PA).** Fornisce all'equipaggio di volo e di cabina un mezzo per fare annunci e distribuire musica ai passeggeri attraverso gli altoparlanti di cabina.
- **Sistema di servizio interfono.** Fornisce all'equipaggio e al personale di terra capacità di comunicazione interna ed esterna. Esso abilita la comunicazione tra i differenti servizi interfono a spinotto, cabina di pilotaggio, e la cabina degli assistenti.
- **Sistema interfono cabina.** Fornisce i mezzi per comunicare tra gli assistenti di volo, e tra la cabina di pilotaggio e gli assistenti di volo.
- **Sistema interfono volo.** Fornisce i mezzi per comunicare in interfono tra i membri della cabina di pilotaggio e per trasmettere e ricevere usando i vari sistemi radio del velivolo.

Oltre ai sistemi audio usati per le normali operazioni del velivolo, i grandi velivoli commerciali sono obbligati ad avere un CVR (Cockpit Voice Recorder = Registratore Vocale di Cabina). Questo dispositivo cattura e memorizza informazioni derivate da un vario numero di canali audio dell'aereo. Tali informazioni potrebbero essere in seguito diventare preziose in caso di crash o malfunzionamento.

PAGINA 8

FLIGHT-DECK AUDIO SYSTEMS:

FLIGHT INTERPHONE SYSTEM AND CVR

Il Sistema interfono di volo fornisce:

- Il collegamento essenziale tra i sistemi di comunicazione del velivolo, i ricevitori di navigazione e i membri della cabina di pilotaggio;
- I mezzi per cui i membri della cabina di pilotaggio possono comunicare tra di loro, con gli altri assistenti, rivolgersi ai passeggeri per annunci.

Il sistema di interfono di volo comprende un certo numero di sotto sistemi:
Amplificatori e circuiti di mixer nell'unità accessori audio;

importanza per la ricerca e le squadre di salvataggio per i potenziali sopravvissuti. ELT sono progettati per emettere segnali sulle bande VHF ed UHF così aiutare i gruppi di ricerca a localizzare il velivolo e facilitando il tempestivo salvataggio dei sopravvissuti.

PAGINA 13

FLIGHT-DECK AUDIO SYSTEMS : A320 CVR

Scopi del CVR sono : 1) registrare radio comunicazioni specificatamente durante il decollo e l'atterraggio; 2) registrare le conversazioni dell'equipaggio; 3) registrare le comunicazioni dell'equipaggio.

CVR registra gli ultimi 30 minuti delle conversazioni e comunicazioni dell'equipaggio. Registra automaticamente in volo e a terra quando almeno un motore è in funzione per 5 minuti dopo che l'ultimo motore si è spento. Il CVR può anche operare in modo manuale a terra.

COMPONENTI

- Il microfono CVR è usato per registrare le conversazioni dirette tra i membri dell'equipaggio nella cabina e tutti gli allarmi sonori. E' posizionato sotto la parte superiore del pannello.
- Il pannello registratore (RCDR), che fornisce al CVR controlli per le operazioni manuali, prove e cancellature della registrazione ed è posizionato nella parte superiore del pannello.
- Jack per le cuffie montati sul pannello della manutenzione nella cabina.

PAGINA 14

FLIGHT-DECK AUDIO SYSTEMS:

A320 SELCAL e CIDS

Oltre ai sistemi audio tipici della cabina di pilotaggio, va la pena di notare:

- 1) Il sistema SELCAL (SElective CALLing) ha il compito principale di notificare all'equipaggio con indicazione audio e visivo di comunicazioni arrivanti da stazioni di terra attraverso sistemi HF e VHF. L'uso di SELCAL permette all'equipaggio di un velivolo di essere avvisato di comunicazioni in arrivo perfino quando la radio del velivolo è stato attenuato (muted). Così i membri dell'equipaggio non devono dedicare la loro attenzione per continuare ad ascoltare.
- 2) CIDS (Cabin Intercommunication Data System) è progettato per interfacciare l'equipaggio di volo, gli assistenti di cabina, passeggeri, servizio a terra e vari sistemi di cabina dedicati ad assistenti di cabina o uso passeggeri. E' usato per controllare, provare e monitorare vari sistemi di cabina dedicati agli assistenti di cabina o uso passeggeri.

PAGINA 15

COMMUNICATIONS CONTROL SYSTEM

Il controllo del velivolo, del suo complesso sistema di comunicazione, incluso le comunicazioni interne, è diventato un compito di crescente complessità. Questo compito si è incrementato all'aumentare della velocità degli aerei e la densità del traffico che hanno a loro volta aumentato l'ampiezza dei tipi di comunicazione.

La funzione di controllo delle comunicazioni è stata sempre di più assorbita all'interno della funzione di gestione del volo poiché la gestione del tipo delle comunicazioni, la selezione della frequenza e la pianificazione delle rotte sono diventate sempre più interconnesse. Adesso il sistema di gestione del volo può automaticamente selezionare e modulare le comunicazioni ed assistenza della navigazione per una particolare porzione del viaggio, riducendo carico di lavoro all'equipaggio e permettendo all'equipaggio di concentrarsi di più sulla gestione dei sistemi di bordo.

L'architettura di un sistema di controllo delle comunicazioni (CCS) di un A320 è mostrato nella figura accanto.

PAGINA 16

COMMUNICATIONS CONTROL SYSTEM

L'equipaggiamento base comprende un dual fit di comunicazioni (COMMS) e di navigazione (NAV)

- VHF 1 e 2 per COMMS

LEZIONE 5

PAGINA 7

SORVEGLIANZA E IDENTIFICAZIONE:

SISTEMI A BORDO E A TERRA

I radar principali di sorveglianza basati a terra (PSR) trasmettono energia radar e sono in grado di rilevare un velivolo per mezzo dell'energia radar riflessa – denominata ritorno aereo. (aircraft return). Ciò rende possibile che il "ritorno dell'aereo" possa essere visualizzato su una console con misura e orientamento in funzione della posizione dell'aeromobile.

In coincidenza con l'operazione del radar principale, un radar di secondaria sorveglianza (SSR) trasmette una serie di impulsi di interrogazione che sono ricevuti dal trasponder del velivolo a bordo. Il trasponder del velivolo risponderà con una differente serie di impulsi che danno informazioni relativamente all'aeromobile, normalmente l'identificativo del velivolo e l'altitudine.

Se il PSR e l'SSR sono sincronizzati, usualmente sono COBORESIGHT, allora sia il ritorno radar che l'informazione del trasponder del velivolo possono essere presentati assieme nella console ATC. Perciò, il controllore avrà l'identificativo dell'aereo (esempio BA 123) e l'altitudine presentata lungo al ritorno radar dell'aereo, di la migliorando enormemente la conoscenza della situazione da parte del controller.

PAGINA 8

SORVEGLIANZA E IDENTIFICAZIONE:

SISTEMI A BORDO E A TERRA

Nel sistema di controllo del traffico aereo, le antenne dei radar principale e secondario sono montate su uno stesso sistema di assemblaggio rotante, perciò fornendo un sistema coordinato. Il sistema completo è illustrato nella figura accanto. Il sistema del radar principale fornisce una singola icona per velivolo sul display del controller ATC; questo significa che ciascuna icona sembrerà simile, dipendentemente dalla quantità riflessa di energia. Implementando il sistema del trasponder SSR ciascuna icona può essere identificata grazie ad un unico codice a 4 cifre (allocato da ATC per ciascun volo).

L'uso di SSR significa anche gli effetti della confusione (CLUTTER=casino, disordine, scompiglio) (da alberi, edifici) non sono visualizzati sullo schermo del controller. Con uno schermo pulito (UNCLUTTERED) e ciascun velivolo prontamente identificato, a molti più velivoli può essere dato il consenso di entrare dentro lo spazio aereo controllato.

Il sistema combinato PSR/SSR è illustrato nella figura accanto.

PAGINA 9

SORVEGLIANZA E IDENTIFICAZIONE:

SISTEMI A BORDO E A TERRA

A bordo dell'aeromobile il corredo dell'equipaggiamento viene mostrato nella figura in basso:

- L'unità controller del trasponder ATC per impostare i modi e i codici di risposta;
- Unità trasponder ATC dedicata;
- Un'antenna ATC con una seconda antenna opzionale. E' usuale usare antenne montate sia sopra che sotto per prevenire l'effetto di assenza del segnale nel velivolo.

PAGINA 14

SORVEGLIANZA E IDENTIFICAZIONE:

SISTEMI A BORDO E A TERRA

Il Modo S fornisce un'addizionale capacità di sorveglianza nello spazio aereo controllato; ciò viene introdotto su basi progressive.

Velivoli equipaggiati con trasponder in modo S sono anche in grado di comunicare direttamente con altri velivoli equipaggiati con altrettanti trasponder in modo S; ciò sta alla base dell'allerta traffico e sistema di assistenza per evitare collisioni (TCAS).

Il modo S ha un numero di vantaggi:

- Densità di traffico aumentata;
- Integrità dati più alta;
- Uso efficiente dello spettro RF;
- Ridotta congestione RF;
- Lenimento della carenza dei codici di modalità A e C;
- Ridotto carico di lavoro per i controllori di terra;
- Disponibilità di parametri addizionali per i controllori di terra.

PAGINA 15

SORVEGLIANZA E IDENTIFICAZIONE:

SISTEMI A BORDO E A TERRA

L'antenna di una stazione di terra SSR è generalmente montata sull'antenna del sistema di sorveglianza del radar principale, in tal modo ruota in maniera sincrona con il ritorno di segnale principale.

Tuttavia esistono configurazioni differenti con una singola installazione SSR.

PAGINA 16

SORVEGLIANZA E IDENTIFICAZIONE:

SISTEMI A BORDO E A TERRA

Il trasponder del velivolo riceve codici di interrogazione su un'onda portante di 1030 MHz dalla stazione di terra attraverso una delle due antenne sul telaio. Questi segnali vengono quindi amplificati, demodulati e decodificati nel trasponder. La risposta del velivolo è codificata, amplificata e modulata come una trasmissione RF e la risposta codificata su un'onda portante a 1090 MHz.

PAGINA 18

I segnali di interrogazione PRF sono diversi per ciascuna stazione di terra. Le risposte sono inviate dal velivolo allo stesso PRF.

PAGINA 21

Un dato trasponder di un velivolo riceverà un segnale di massima intensità ogni qualvolta il raggio direzionale di una stazione di terra lo attraversa, esempio una volta per rivoluzione. Poiché P2 viene trasmesso da un'antenna fissa omnidirezionale, esso viene ricevuto con segnale di intensità costante, ma con bassa ampiezza (potenza) rispetto P1/P3.

Quando il trasponder di un velivolo riceve il segnale di massima intensità P1/P3, esempio quando l'antenna rotante è diretta sul velivolo, il segnale viene ricevuto con la massima ampiezza rispetto a P2 (vedi figura sotto)

Un velivolo non entro il lobo principale del raggio direzionale riceverebbe un impulso P2 dall'antenna omnidirezionale a più grande ampiezza rispetto agli impulsi P1/P3. Il trasponder riconosce questo come un lobo laterale e sopprime ogni risposta (vedi figura sotto)

PAGINA 29

Il TCAS è stato sviluppato in forma di prototipo durante gli anni 60 e 70 per aiutare i velivoli ad evitare collisioni. E' stato certificato dalla FAA (Federal Aviation Administration) negli anni 80 ed è stato usato ampiamente negli Stati Uniti nella sua forma iniziale. Fuori dagli USA, il TCA è ancora generalmente un sistema di sostegno (**back-up system**), esempio fornisce avvisi quando altri sistemi di navigazione/sorveglianza (incluso ATC) hanno fallito nel mantenere distanze di sicurezza dei velivoli, al fine di evitare collisioni.

Il sistema può comprendere due elementi:

1. **Un sistema di sorveglianza;**
2. **Un sistema per evitare collisioni**

PAGINA 30

Il TCAS può tracciare fino a 30 velivoli.

Il TCAS non è in grado di rilevare velivoli che non hanno transponder appropriatamente operante. Tuttavia è obbligatorio avere un transponder se un velivolo vola sopra i 10000 piedi o entro 3° miglia dei maggiori aeroporti; conseguentemente tutti i velivoli commerciali e le più grandi compagnie e l'aviazione in generale, sono dotati di questo apparecchio.

Il TCAS esiste in due forme TCAS I e TCAS II.

Entrambi i sistemi forniscono avvisi conosciuti come "advisories" (avvisi-consigli) per allertare l'equipaggio di una potenziale collisione. Il TCAS I assiste l'equipaggio visualmente nel localizzare e identificare un velivolo intruso emettendo un avviso del tipo traffic advisory (TA).

Il TCAS I indica la distanza e l'orientamento di un velivolo entro un raggio, generalmente 15-40 nm davanti, 5-15 nm a poppa e 10-20 nm su ciascun lato. Il sistema anche avvisa velivoli entro + o - 8700 piedi sulla propria altitudine.

PAGINA 31

Il TCAS II è un sistema per evitare collisioni, ed oltre agli avvisi di traffico (advisories), fornisce assistenza per manovra di volo verticale all'equipaggio. Ciò avviene nella forma di "resolution advisory (RA)" per minaccia di traffico. Una resolution advisory aumenterà o manterrà la separazione verticale esistente da un velivolo intruso. Se due velivoli in prossimità di avvicinamento sono equipaggiati con TCAS II, l'assistenza di manovra al volo è coordinata tra i due velivoli.

Il TCAS II emette una RA attraverso il Modo S avvisando i piloti ad eseguire le manovre necessarie per evitare altri aerei.

PAGINA 32

L'avviso del TCAS dipende dal tipo di equipaggiamento installato nel ricevente e il traffici, come mostrato in figura.

In qualsiasi spazio aereo, ci sarà una combinazione di diversi sistemi di velivoli. Se l'aereo ricevente è dotato di TCAS I, allora il suo computer emetterà traffic advisories, a prescindere dei tipi di transponder di cui sarebbero dotati gli aerei circostanti. Gli aerei non dotati di transponder non sono tracciati da TCAS.

Quando l'aereo ricevente è dotato di TCAS II, ma altri velivoli hanno tipi di transponder diversi, gli advisories (avvisi) inviati al "ricevente(host)" saranno come mostrati in figura.

PAGINA 33

Equipaggiamento TCAS consiste di:

- Un computer TCAS;
- Due antenne direzionali;

LEZIONE 6

PAGINA 2 SCHEMA

1. Ambiente Spaziale : PANORAMICA
2. Effetti dell'ambiente spaziale sulle navicelle spaziali
3. Effetti dell'ambiente spaziale sugli esseri umani

PAGINA 3

AMBIENTE SPAZIALE : panoramica

- Dov'è lo Spazio?
- Cos'è lo Spazio?
- Il sistema solare
- Il Sole

PAGINA 4

Lo Spazio è il luogo ... dove le cose avvengono: le navicelle orbitano attorno la Terra, i Pianeti orbitano attorno al Sole, il sole ruota intorno al centro della Galassia.

Se lo Spazio è un luogo, dov'è?

Sicuri entro la "bambagia" dell'atmosfera terrestre, possiamo guardare nel cielo notturno migliaia di stelle lontane milioni di anni luce. Sappiamo che lo spazio comincia da qualche parte sopra le nostre teste, ma quanto dista?

Se noi ci spingiamo un po' oltre i confini di un potente aereo jet, possiamo in qualche modo essere in un'altezza tale che il cielo comincia a diventare di colore purpureo e le stelle diventano visibili anche alla luce del giorno. Ma anche così, non siamo ancora nello Spazio. Solo salendo a bordo di un razzo possiamo sfuggire all'atmosfera terrestre ed entrare in quel regno che pensiamo essere lo Spazio.

Ma la linea tra dove l'atmosfera finisce e lo Spazio inizia è, in nessun modo, chiara. Seguendo la NASA o Le Forze Aeree Americane, troverai che la definizione di Spazio è in qualche modo arbitraria. Per guadagnarti le ali di astronauta, per esempio, devi raggiungere un'altitudine di più di 92.6 Km (57.5 miglia) ma in effetti non devi andare in orbita.

PAGINA 5

DOVE E' LO SPAZIO

Per i nostri scopi, lo spazio inizia all'altitudine dove un oggetto in orbita rimarrà in orbita brevemente (solo un giorno o due in alcuni casi) prima che le molecole dell'aria rarefatta nell'alta atmosfera lo trascino a Terra. Questo avviene sopra un'altitudine di circa 130 Km (81 miglia). Questa è la distanza che puoi raggiungere in macchina guidando circa un'ora. Così la prossima volta che uno ti chiede, "Come posso raggiungere lo spazio?", rispondigli pure "Vai pure su a circa 130 Km (81 miglia) fino a quando ti appariranno le stelle".

PAGINA 6

Cos'è lo Spazio?

Lo Spazio è un vuoto perfetto?

NO

Il tipo di "spazio" che incontra una navicella orbitante può contenere una quantità significativa di:

- Molecole neutre,
- Particelle cariche,
- Particelle di dimensioni micrometriche,
- E radiazione elettromagnetica

Ciascuno di questi ambienti ha la potenzialità di causare gravi interazioni con le superfici dell'astronave e/o i sottosistemi e può, se non previste, pregiudicare severamente l'obiettivo della missione.

Studi indicano che approssimativamente il 25% di tutti i guasti delle navicelle sono correlati alle interazioni con l'ambiente spaziale.

PAGINA 13

AMBIENTE RADIAZIONE:

L'effetto su una navicella dipende dalla lunghezza d'onda della radiazione.

+ In molti casi, la luce visibile colpendo la navicella produce energia elettrica attraverso le celle solari.

Questo è un cheap, una sorgente di energia abbondante ed affidabile per la navicella.

La radiazione da problemi per la navicella:

Heating on exposed surfaces: (Riscaldamento sulle superfici esposte):

La radiazione infrarossa e termica riscalda le superfici esposte e i component interni (in particolare quelli elettronici) che rimarranno in specifici vincoli termici.

Degradation or damage to surface and electronic components: (Degradazione o danni alle superfici e ai component elettronici): La radiazione EM in altre regioni dello spettro ha poco effetto sulla navicella ma prolungate esposizioni agli UltraVioletti degrada il rivestimento della navicella (celle solari, l'elettronica che sarà schermata o rafforzata)

Solar pressure: (Pressione Solare): Tutta la luce del sole battente esercita anche una piccola pressione. Uno dei modi in cui possiamo vedere la radiazione EM è in termini di piccole palline di energia prive di massa, chiamate fotoni che si muovono alla velocità della luce. Questi fotoni colpiscono la tua mano, esercitano una pressione simile in effetti alla resistenza atmosferica. Questa pressione solare è molto, molto più piccola della resistenza (5 N per Kilometro quadro di superficie).

La pressione solare può disturbare l'orientamento di S/C e farli puntare nella direzione sbagliata

Le vele solari utilizzano la pressione solare.

RF disturbances : (disturbi in radio frequenza) durante intensa attività solare, esplosioni di radiazioni nella regione radio dello spettro può interferire con l'equipaggiamento di comunicazioni di bordo.

PAGINA 14

PARTICELLE CARICHE

Gli scienziati modellano gli atomi come costituiti da 3 blocchi di particelle: protoni, elettroni e neutroni.

Protoni ed elettroni sono particelle cariche, positive e negative rispettivamente.

Forse gli aspetti più pericolosi dell'ambiente spaziale è l'influenza penetrativa delle particelle cariche.

Durante la fusione, l'interno del Sole genera intenso calore (più di 1,000,000 °C). A queste temperature, esiste un quarto stato della materia. Siamo tutti familiari con gli altri tre stati della materia solido, liquido e gas.

Gli atomi si spezzano nelle loro particelle costitutive e formano un caldo plasma. Così all'interno del Sole abbiamo una calda e vorticoso zuppa di particelle cariche – elettroni liberi e protoni. (Un neutrone decade rapidamente in un protone più un elettrone).

Queste particelle cariche non stanno ferme nel sole. Tutte le particelle cariche reagiscono ai campi elettrici e magnetici: il vento solare e i brillamenti solari.

PAGINA 15

BRILLAMENTI SOLARI

Un brillamento è definito come una improvvisa, rapida e intensa variazione in luminosità. Un brillamento solare avviene quando energia magnetica prodotta nell'atmosfera solare viene rilasciata improvvisamente.

La radiazione emessa copre virtualmente l'intero spettro elettromagnetico, dalle onde radio all'estremo terminale, da emissioni ottiche a raggi-X e raggi gamma fino alla più piccola lunghezza d'onda.

La frequenza dei brillamenti coincide col ciclo undecennale del Sole. Quando il ciclo solare è ad un minimo, le regioni attive sono piccole e rare e pochi brillamenti vengono rilevati. Questi aumentano in numero man mano che il Sole si avvicina alla parte massima del suo ciclo. Il Sole raggiungerà il suo massimo nel 2011, più o meno 1 anno.

Ci sono tipicamente tre stadi per un brillamento solare. Il primo è lo stadio precursore, dove viene innescato il rilascio di energia magnetica. In questo stadio si notano emissioni di raggi-X soft. Nel secondo o impulsivo stadio, protoni ed elettroni vengono accelerati ad energie superiori ad 1 MeV. Durante lo stadio impulsivo, vengono emessi onde radio, raggi-x hard, e raggi gamma. La graduale formazione e decadimento di raggi-X soft può essere rilevata nel terzo stadio, chiamato anche stadio del decadimento. La durata di questi stadi può variare da pochi secondi ad un'ora.

PAGINA 20

LE CINTURE DELLA RADIAZIONE DI VAN ALLEN

Le cinture della radiazione di Van Allen sono un rischio permanente per le navicelle orbitanti. Esse consistono di elettroni e ioni (principalmente protoni) aventi energie maggiori di 30 KeV e sono distribuite non uniformemente entro la magnetosfera. Gli elettroni energetici preferenzialmente popolano una coppia di regioni toroidali centrate sui gusci magnetici L=1.3 (zona interna) ed L=5 (zona esterna).....

La cintura interna si estende da un'altitudine di 700-10,000 Km (0.1 a 1.5 raggi terrestri) sopra la superficie della Terra, e contiene alte concentrazioni di protoni energetici che superano 100 MeV ed elettroni nell'intervallo di centinaia di KeV, bloccati dal forte (relativamente alle cinture esterne) campi magnetici nella regione.

La grande cintura di radiazione esterna si estende da un altitudine di circa 13,000-65,000 Km (da 2 a 10 raggi terrestri) sopra la superficie terrestre, ed ha la sua più grande intensità tra 14,500 e 19,000 Km.. La cintura esterna consiste principalmente di elettroni ad alta energia (0.1-10 MeV) bloccati dalla magnetosfera terrestre.

PAGINA 21

PARTICELLE CARICHE

CARICA E SPUTTERING

Quando le particelle cariche provenienti dal vento solare vengono intrappolate nella coda della magnetosfera, l'effetto è simile a quello di camminare lungo un tappeto sul pavimento indossando calze. Si costituisce nel tuo corpo una carica statica che si scarica quando tocchi qualcosa di metallico, che da luogo ad uno shock spiacevole.

La carica statica nella navicella avviene quando le cariche si costituiscono su parti differenti del velivolo quando questo si muove in aree con concentrazione di cariche. Una volta che questa carica si è costituita, la scarica può avvenire con effetti disastrosi, per esempio danni sui rivestimenti superficiali, degrado dei pannelli solari, perdita di potenza, o spegnimento o danni permanenti all'elettronica di bordo.

Queste particelle possono anche danneggiare la superficie della navicella a causa della loro alta velocità. E' come se la navicella fosse "insabbiata" da particelle di dimensione atomica, qualche volta definito come sputtering. Nel corso del tempo, lo sputtering può danneggiare il rivestimento termico e i sensori.

PAGINA 22

ATMOSFERA:

L'ambiente vicino alla Terra

L'atmosfera della Terra influenza una navicella nell'orbita bassa della terra (sotto circa 966 Km di altitudine) in due modi:

DRAG (RESISTENZA), accorcia la durata dell'orbita

OSSIGENO ATOMICO, degrada le superfici della navicella

RESISTENZA

Due termini sono importanti per capire l'atmosfera: pressione e densità. Man mano che si sale sia la pressione che la densità iniziano a diminuire in maniera quasi esponenziale. MA ...

L'atmosfera terrestre non termina improvvisamente. Perfino a grandi altitudini, fino a 500 Km, l'atmosfera continua a creare una resistenza sugli oggetti in orbita. La resistenza dipende dalla densità dell'aria, la velocità (intensità e direzione), la forma e la dimensione della navicella. Principalmente causa il decadimento dell'orbita. Tra 130 e 600 Km, varierà grandemente in funzione di come cambierà la stessa atmosfera a causa delle variazioni dell'attività solare. Agendo nel corso di mesi o anni, la resistenza può causare a queste orbite la graduale perdita di quota fino a rientrare nell'atmosfera e bruciare. Sopra i 600 Km l'atmosfera è così tenue che la resistenza è quasi insignificante.

PAGINA 23

OSSIGENO ATOMICO:

Al livello del mare l'aria è composta da circa il 21% di Ossigeno, 78% di Azoto e l'1% di una miscela di altri gas, come l'Argon e il diossido di Carbonio. Gli atomi di Ossigeno prediligono accoppiarsi per formare la molecola O₂. Sotto normali condizioni, quando una molecola si spacca per qualche ragione, gli atomi si ricostituiscono per formare nuovamente la molecola biatomica di Ossigeno. Nelle parti superiori

PAGINA 27

LA GRAVITA'

Un oggetto in caduta libera, come dice la parola, cade sotto l'influenza della gravità, libero dall'azione di qualsiasi altra forza.

L'ambiente di caduta-libera dello spazio offre molte potenziali opportunità di produzione nello spazio. Sulla Terra due materiali si mischiano, come roccia e acqua, la roccia più pesante cade nel fondo. Nello spazio possiamo mischiare materiali in proporzioni impossibili sulla Terra. Così, possiamo fare leghe metalliche esotiche e utili, leghe per l'elettronica e altre applicazioni, o materiali biologici per nuovi tipi di medicina e metodi per collaudi.

Tuttavia, la caduta-libera ha i suoi inconvenienti. Un'area di frustrazione per i tecnici è la manipolazione dei fluidi nello spazio.

Comunque, questi problemi sono relativi minori paragonati ai profondi problemi fisiologici che gli umani sperimentano quando esposti per lunghi periodi in assenza di gravità

PAGINA 28

MICROMETEORITI E DETRITI SPAZIALI

Lo Spazio non è vuoto. E' pieno di detriti.

- Detriti naturali (20000 tonnellate): polvere, meteoriti, pezzi di asteroidi, comete
- Detriti "umani": satelliti rotti, pezzi di vecchi booster o satelliti e perfino guanti di astronauti rimasti nello spazio.

Traccia l'oggetto spaziale: NORAD (almeno 40000 di pezzi dalle dimensioni di una pallina da golf sono ancora in orbita. Per rendere le cose peggiori, ci sono anche miliardi di pezzi ancora più piccoli).

Se sei colpito da un piccolo fiocco nessun problema, giusto? SBAGLIATO!!!!

Nella bassa orbita terrestre, questo piccolo materiale si muove alla velocità di 70000m/so di più, quando ti colpisce. Questo rilascia una grande quantità di energia.

Mitigazione della generazione di detriti spaziali addizionali

1. "Passivazione" degli stadi superiori spesi per il rilascio di combustibili residui.
2. Portare via il satellite fuori dall'orbita al termine della sua vita operativa col "filo "terminator"
3. De-orbita controllata (se l'oggetto funziona)
4. Se la deorbitazione non fosse possibile, la navicella può essere portata ad un'orbita cimitero dove nessun satellite operativo sia presente
5. "spazzare" detriti spaziali esistenti dentro l'atmosfera terrestre
6. Missioni per la cattura di detriti.

NELLA FIGURA : Flash di energia di un impatto con iper velocità durante una simulazione

PAGINA 29

SCHEMA

Effetti dell'ambiente spaziale sugli umani.

- a. Caduta Libera
- b. Radiazione e particelle cariche
- c. Effetti fisiologici

PAGINA 30

EFFETTI AMBIENTALI SUGLI UMANI

Quando lasciamo la Terra per viaggiare nello spazio, dobbiamo imparare ad adattarci in un ambiente completamente differente:

1.Free-fall (caduta libera) pone un significativo rischio per gli umani. Esso causa tre potenziali cambi dannosi per il corpo umano:

- Gradiente idrostatico diminuito – spostamento dei fluidi
- Funzione vestibolare alterata – movimento nausea
- Ridotta carico sul peso – orientamento tessuti

PAGINA 33

EFFETTI AMBIENTALI SUGLI UMANI

Effetti di dosaggi acuti di radiazioni e di particelle cariche sugli umani sono:

- Cambiamento nel numero dei globuli rossi
- Vomito
- Diarrea
- Cancro
- Catarata
- Morte

Eccetto che per i brillamenti solari, che possono causare altissimi dosaggi a breve termine con effetti associati, la preoccupazione maggiore per gli astronauti è la distribuzione nell'arco dell'intera missione o carriera.

La NASA fissa i limiti di questo dosaggio per gli astronauti a 50 REM per anno. In confronto, per i lavoratori in un'industria nucleare il limite è fissato a 5 REM all'anno.

EVA non sono pianificati mentre si attraversa l'Anomalia del Sud Atlantico, dove le cinture di Van Allen si abbassano verso la Terra.

Vivere un anno a Houston, al livello del mare, ti dà una dose di 0.1 REM, vivere un anno a Denver, in alta altitudine, ti dà 0.2 REM. Certe procedure mediche contribuiscono anche ad elevare il dosaggio. Per esempio, una radiografia al torace ti dà un'esposizione di 0.1 REM.

PAGINA 34

EFFETTI AMBIENTALI SUGLI UMANI

EFFETTI FISIOLGICI

Eccessivo carico di lavoro può logorare gli astronauti in orbita, come può condurre a problemi morali. Durante una missione americana sullo Skylab, l'equipaggio in effetti scioperò una giornata per protestare contro le eccessive richieste del loro tempo. Problemi simili sono stati riportati a bordo della missione nella stazione spaziale MIR.

L'estremo isolamento cui è sottoposto l'equipaggio aggiunto anche allo stress può causare solitudine e depressione in missioni lunghe.

Essendo forzati a vivere in condizioni di vita severe con la stessa gente giorno dopo giorno può avere anche un certo costo. Questo problema non è proprio delle missioni spaziali; scienziati in remote stazioni dell'Antartico durante i lunghi inverni hanno sperimentato simili episodi di estrema depressione e attrito tra i membri della squadra.

Dobbiamo prendere in considerazione questi fattori umani quando pianifichiamo e progettiamo missioni nello spazio.

RITARDO DI PROPAGAZIONE (PROPAGATION DELAY)

Nel caso dei sistemi GSO, a causa della distanza dei satelliti geostazionari, il tempo di propagazione tra le due stazioni via satellite può raggiungere approssimativamente 275 ms.

Per esempio, durante una conversazione telefonica, il tempo di propagazione andata-ritorno è di circa 550 ms e l'uso dei dispositivi di controllo eco, come l'eco soppressore o il più efficiente eco eliminatore, è essenziale per evitare deteriorazioni inaccettabili per la qualità.

SPETTRO RF

La portante di frequenza RF influenza la potenza trasmittente della stazione di terra e di satellite, la dimensione dell'antenna e l'ampiezza del fascio, e le richieste per la stabilizzazione del satellite (esempio stationkeeping e accuratezza del puntamento)

LIFE TIME (DURATA DI VITA)

La durata di vita della missione influenza la scelta dei componenti principali, prendendo in considerazione la loro operatività e la degradazione funzionale

PAGINA 7

ELEMENTI CHIAVE NELLO SPAZIO

ARCHITETTURA COMMS

La copertura rappresenta l'area della superficie terrestre che può essere raggiunta da un segnale trasmesso da uno o da una costellazione di satelliti.

GSO satellite: i punti da essere serviti devono essere situati, non solo nella regione della Terra, visibile dal satellite, ma anche entro le aree geografiche coperte dai fasci irradianti delle antenne: queste aree sono chiamate aree di copertura del sistema di comunicazione satellitare. I fasci dell'antenna del satellite possono essere "sagomati" per formare la specifica area di copertura personalizzata per la regione da essere servita.

PAGINA 8

ASPETTI PRINCIPALI: COPERTURA

SATELLITI LEO: il punto da essere servito è in linee di vista per pochi minuti ogni giorno. Così che l'area di copertura è teoricamente globale ma è necessaria una vasta rete di GCS.

PAGINA 9

SEGMENTO SPAZIALE: FUNZIONI BASE

La telemetria, il tracciamento, e comandi (TT&C) o sottosistemi di comunicazioni forniscono l'interfaccia tra la navicella e i sistemi di terra. Il carico di dati delle missioni e i dati di ordinaria amministrazione della navicella passano dalla navicella attraverso il sottosistema agli operatori e utenti dei centri operativi. L'operatore comanda anche di passare alla navicella tramite questo sottosistema per controllare la navicella e operare sul carico.

Funzione TT&C

- Rilevamento della portante (bloccata sul segnale della stazione di terra)
- Ricevimento e rilevamento dei comandi (riceve il segnale di collegamento e lo elabora)
- Modulazione e trasmissione della telemetria (accetta dati dai sistemi della navicella, li elabora e li trasmette)
- Misurazione (riceve, elabora e trasmette segnali di misura per determinare la posizione del satellite)

separatamente quando la velocità del sensore dati è superiore a circa 100 Kbps. Generalmente, una compressione dati a bordo risulta utile.
INOLTRO DATI (DATA RELAY): la maggior parte dei satelliti di comunicazione e satelliti di ritrasmissione semplicemente ritrasmettono i dati ricevuti attraverso una combinazione ricezione-trasmissione chiamata transponder.

PAGINA 14

QUANTITA' DI DATI

La quantità di dati (D) è l'informazione totale che sarà inviata/ricevuta in uno schema di comunicazione. Può essere riferita come l'intera missione o parte della missione (una fase, un anno, un mese, un giorno, un'orbita, ...)

Dipende principalmente da:

- Il tipo di missione
- Il numero di informazione "prodotta" dagli elementi (astronave, sensori di stazioni di terra) implicati nell'architettura
- Il tipo di informazione (dati/telemetria, audio, immagini/foto, video)
- Il comando e le capacità di manipolazione (esempio codifica, crittografia, compressione)

PAGINA 15

MANIPOLAZIONE DATI

- Multiplazione e demultiplazione
- Codifica e decodifica
- Crittografia e decrittografia
- Compressione dati
- Memorizzazione e archiviazione dati
- Controllo elettronico del tempo
- Controllo qualità

PAGINA 16

L'immagine è una matrice di $n \times m$ "pixel" (elementi di immagine) individuati da indici colonna e riga. Ogni pixel è codificato come numero binario a 8 bit (0;255), 10 bit (0;1023), 16 bit(0;65535), 24 bit(0;16777216), etc

L'immagine multibanda (es. multispettrale) è matrice $b \times n \times m$, dove b è numero canali (es. bande)

PAGINA 17

Volume Dati = $V = p \times q \times N_c \times N_b$ [bit];

Velocità Dati = $DR = V/t$ [bit/s]

Esempio:

- Sensore CCD : 1600x1200 pixel, 8 bit/pixel, 3 bande spettrali
- Velocità dati : 115.200 Mbit/s
- Volume Dati :
- $P=1600$ $q=1200$; $N_c=3$; $N_b=8$;
- $V=46$ Mbit
- Tempo richiesto per trasmettere l'immagine :
- $46 \text{ Mbit}/115.200 \text{ bit/s} = 400 \text{ s}$

PAGINA 18

ASPETTI PRINCIPALI:

LARGHEZZA DI BANDA E ACCESSO MULTIPIO

LARGHEZZA DI BANDA: definisce l'ampiezza dell'intervallo di frequenza incluso nel segnale e trasmesso dal sistema RF. E' l'intervallo di frequenze – la differenza tra la componente del segnale di frequenza più alto e la componente del segnale di frequenza più basso.

Presta attenzione!: Nelle reti di computer, la larghezza di banda è usata come sinonimo di velocità di trasferimento, la quantità di dati che può essere portata da un punto ad un altro in un dato periodo di tempo (generalmente 1 secondo). La larghezza di banda di una rete è generalmente espressa in bpsCOME UNA VELOCITA' DI DATI.

PAGINA 26

TEMPERATURA DEL RUMORE DI SISTEMA

Dipende dalla perdita di linea tra antenna e LNA. Queste perdite sono proporzionali alla lunghezza del cavo e al tipo di cavo

Receiver noise temp. = temperatura del rumore del ricevitore

A: Stima della mediana del rumore fatto dall'uomo nell'area business

B: rumore galattico

C: rumore atmosferico, valore in eccesso dello $\approx 5\%$ del tempo

D: Sole quieto ($1/2$ grado dell'ampiezza dei raggi diretti al sole);

E: rumore del cielo a causa del vapore acqueo e l'ossigeno (con un'antenna a fascio di raggio molto stretto)

F: Corpo nero (radiazione cosmica di fondo) 2.7 K

G: Pioggia forte (50 mm/hr sopra i 5 Km);

PAGINA 27

RELAZIONE TRA SEGMENTO SPAZIALE E SEGMENTO TERRESTRE

La funzione dei principali sistemi di Terra è di fornire supporto alle navicelle e i loro carichi.

Per adempiere questa funzione, si deve:

- 1) Comandarle e controllarle,
- 2) Monitorare il loro stato di salute,
- 3) Tracciarle per determinare la loro posizione orbitale

PAGINA 28

GCS: PANORAMICA

Stazioni di Terra:

- Acquisisce dati di missioni da S/C ed i suoi strumenti
- Li trasferisce agli utilizzatori dei dati (fornendo anche qualsiasi informazione telemetrica e di tracciamento di cui gli utilizzatori dei dati avessero bisogno)

Centri di Controllo prendono le decisioni principali per la missione.

Sistemi di terra consistono in stazioni a terra e centri di controllo che funzionano assieme per supportare la navicella e l'utilizzatore di dati.

Il sistema a terra comanda e controlla la navicella in base a richieste dall'utilizzatore dei dati ai centri di controllo.

Gli utilizzatori non mandano comandi indipendentemente alla navicella, poichè il suo stato di salute complessivo dipende pesantemente sullo stato degli strumenti e sistemi individuali.

PAGINA 29

FUNZIONE DEI SISTEMI A TERRA

SUPPORTO NAVICELLA/CARICO:

1. Sostenta i collegamenti e le comunicazioni RF
2. Fornisce controllo alla navicella e al carico (parametri orbitali e comandi)
3. Elaborazione telemetrica (controllo S/C e salute del carico, determina la traiettoria/posizione/orbita della navicella e (raramente) l'altitudine)

INOLTRO DATI MISSIONE

1. Trasporto dati carico della missione
2. Trasporta S/C e telemetria del carico (è richiesto)
3. Fornisce manipolazione dei dati
4. Distribuisce alla comunità degli utenti dati.

Il parametro base che caratterizza la sensibilità della stazione terrestre per la ricezione è il G/T.

- Un amplificatore a basso rumore (LNA) è sempre usato come preamplificatore a microonde nella catena di ricezione della stazione a terra.
- L'LNA è usualmente un larga banda: un singolo amplificatore amplifica simultaneamente tutte le portanti che emergono dalla porta del ricevitore del duplicatore dell'antenna.

Un amplificatore in attesa (in stand-by) viene usualmente fornito (ridondanza 1+1).

La prestazione degli amplificatori a basso rumore scende nelle bande di alta frequenza (da 10 GHz e più fino a 20 GHz) poiché il rumore di temperatura delle antenne (T_a) in queste frequenze è alto (influenza delle precipitazioni atmosferiche).

PAGINA 36

EQUIPAGGIAMENTO RF DI RICEZIONE E TRASMISSIONE

L'equipaggiamento Rf di trasmissione accetta segnali di tracciamento e di comando dai componenti TT&C del sistema di terra e li modula per spedirli (uplink) in RF, che esso anche genera.

Nel caso di satelliti di comunicazione, esso modula anche i dati utenti sulle portanti trasmissive. Il componente principale è l'AMPLIFICATORE DI POTENZA.

AMPLIFICATORI VIAGGIANTI NEL CANALE DELL'ONDA (TWT): è intrinsecamente un amplificatore a larga banda che copre una banda del satellite interamente utilizzabile con la necessaria uniformità di guadagno e ritardo di gruppo. Il TWT è un amplificatore ideale di potenza per stazioni terrestri, poiché, per esempio, consente diverse portanti telefoniche ad essere trasmesse simultaneamente con un solo canale, a prescindere dei ripetitori e delle frequenze allocate a queste portanti. Tuttavia, la trasmissione simultanea di parecchie portanti nello stesso canale produce componenti di rumore di intermodulazione che aumentano man mano che il punto di operazione si avvicina al punto di saturazione.

AMPLIFICATORI A STATO SOLIDO

Nel caso di piccole stazioni di bassa capacità, amplificatori a stato solido possono essere sufficienti: essi sono molto affidabili e economici e amplificatori in stato solido di una certa potenza di recente costruzione (avendo transistor di nuova tecnologia) possono raggiungere 100 W in una banda di 6 GHz e 20 W in una banda di 14 GHz)

PAGINA 38

MISSIONE RICUPERO DATI & TT&C EQUIPAGGIAMENTO

Dopo che l'equipaggiamento di ricezione RF demodula i segnali, l'equipaggiamento di recupero dei dati di missione manipola i dati di missione prima di inoltrarli agli utilizzatori e ai componenti del sistema a terra.

Esso tipicamente ha la sua locazione nel sistema, ma può essere integrata col complesso RF del ricevitore per flussi di semplici dati oppure su sistemi di computer GCS.

Gli equipaggiamenti di Telemetria, tracciamento e comandi (TT&C) :

- 1) Condiziona e distribuisce telemetria ricevuta e segnali di tracciamento
- 2) Elettricamente formata, autentica e temporizza comandi trasmessi e segnali di tracciamento.
- 3) Usualmente elabora questi segnali e dati di tracciamento sul puntamento e l'angolazione dell'antenna per informare gli utilizzatori circa la distanza, la velocità e la posizione della navicella.
- 4) Le funzioni TT&C sono generalmente altamente automatizzate a causa della necessità della velocità, puntualità e accuratezza.

PAGINA 39

INTERFACCIA UTILIZZATORI DATI

L'interfaccia utente dati connette l'equipaggiamento recupero dati della missione e i dati utente. Se tutte le parti del sistema di terra e i dati dell'utente sono sistemate, questa interfaccia generalmente consiste niente di più di un intermezzo manuale o elettronico delle linee dati tra la stazione terrestre e le attrezzature dell'utente.

Oggi internet facilita questo compito.

Le specifiche attrezzature richieste per una tale connessione è il collegamento terrestre tra la stazione di terra e il centro di commutazione. Esso può usare un cavo coassiale, anche se più spesso le condizioni geografiche rendono necessario un collegamento radio.

- L'attrezzatura necessaria è installata nel veicolo e permette operazioni entro 10 minuti dall'arrivo incluse tutte le azioni necessarie come gli aggiustamenti della direzione dell'antenna.
- Una stazione terrestre trasportabile è disassemblata prima del trasporto e riassembleta nel sito entro approssimativamente in 15 -30 minuti.

Servizi:

- Uso occasionale o temporaneo per operazioni di soccorso entro una nazione o perfino al livello mondiale
- In un'emergenza

PAGINA 50

Collegamento (verso giu) : funzioni OBC

- Per raccogliere informazioni:
 - Telemetria EPS (I2C)
 - Telemetria ADCS (RS232)
 - Controllo dati Status e salute
- Formato e codice dei dati secondo Il protocollo AX.25:

PROTOCOLLO

- Memorizzazione dati (card SD)
- Invio dati a COM SYS

PAGINA 57

MANIPOLAZIONE DATI GCS

- Flusso Dati = sequenze di bit (0-1): 11110000111....
- Verifica pacchetto
 - Verifica consistenza pacchetto (TNC)
- Decodifica Pacchetto
 - Ricerca dell'intestazione e la parte finale
 - Verifica ID (identità)
- Recupero dati missione
 - Informazione campo
 - Determinazione dei dati telemetrici reali
- Visualizzazione dei dati: GUI
- Salvataggio dei dati per analisi elaborative successive: files di log

PAGINA 61

COMANDI

- Lista dei comandi:
 - Aggiornamento tempo di missione
 - Cancellazione Sd
 - Reset (software)
 - Scaricamento tutte le telemetrie
 - Cancellazione REBURN dell'antenna
 - Set preamble ...Impostare l'inizio
 - (NORAD) Aggiornamento parametri orbitali
 - Manovra
 - Modo missione completa
 - Modo risparmio energia
 - Modo missione sicura
 - Modo spegnimento

LEZIONE 8

PAGINA 2

STRUMENTI DELL'AEREO

Principali funzioni degli strumenti aerei:

- Consentono al pilota di essere a conoscenza di: lo stato del volo, lo stato dell'aereo e i suoi sistemi di bordo
- I sensi degli esseri umani si sono evoluti per essere usati nella superficie terrestre. Durante il volo essi sono sorgenti di illusioni sensoriali (in particolare, il sistema vestibolare dell'orecchi, quando il pilota perde il riferimento visuale esterno)
- I primi strumenti aerei, sviluppati più di 100 anni fa, sono ancora in uso.

PAGINA 4

ANEMOMETRO

L'anemometro è uno degli strumenti più importanti, poiché quasi tutti i parametri di volo sono funzione dell'anemometro.

ARCO BIANCO = flap range

Limite più basso dell'arco bianco = VSO

Arco verde = intervallo operazioni normali

Limite più basso dell'arco verde = Vs1

Limite più alto dell'arco verde Velocità di crociera strutturale massima

Arco giallo = attenzione

Linea Rossa = Vne

L'anemometro misura la velocità (generalmente in nodi) dell'aria che incontra il velivolo.

Esso misura la pressione dell'aria dinamica attraverso il tubo di Pitot.

PAGINA 5

- Il diaframma realizza la sottrazione matematica : Pressione totale – pressione Statica; perciò, la deflessione del diagramma è $\sim \frac{1}{2} \cdot \rho V^2$
- Attraverso il meccanismo mostrato in figura, la deflessione del diaframma è amplificata e sposta la lancetta dell'indicatore.
- **Il rapporto dell'ingranaggio non è lineare**, per esempio la rotazione della lancetta è \sim la radice quadrata della deflessione del diagramma formula perciò Formula
- L'indicatore della velocità dell'aria è progettato considerando $\rho = \text{costante} = \rho_0$, per esempio la densità dell'aria al livello del mare e condizioni "ISA".

PAGINA 6

TIPI DI ANEMOMETRO

IAS, Indicatori di velocità → Questa è la velocità dell'aria (generalmente espressa in nodi) indicata dallo strumento; non tiene conto dei cambiamenti della densità dell'aria ($\rho = \rho_0$) e dell'installazione del tubo di Pitot.

Cionondimeno, l'IAS è utile per i piloti poiché i comportamenti del velivolo sono simili per eguali valori di IAS (esempio la velocità di stallo) perfino per cambiamenti di TAS.

Perciò, non può essere usato per il controllo del beccheggio dell'aereo (questo viene eseguito da un indicatore di assetto)

Qualche volta la velocità è espressa in scala logaritmica per avere una maggiore accuratezza nella lettura.

Come funziona:

All'interno del diaframma è presente la pressione atmosferica statica. All'interno della VSI è presente la pressione atmosferica statica che va attraverso un filtro calibrato che ritarda le variazioni di pressione.

Essenzialmente all'interno del diaframma c'è l'altitudine corrente, fuori invece l'altitudine di un precedente Δt .

Il diaframma esegue la sottrazione tra i due valori di altitudine ed il risultato rappresenta la velocità verticale del velivolo.

PAGINA 11

Il Virosbandometro (Side and Slip Indicator) ed il Coordinatore di virata (Turn coordinator) sono entrambi doppi strumenti:

- La figura della mano o dell'aeroplano indica il virometro (turn speed). La linea di riferimento rappresenta la virata standard (esempio 3°/sec o 180°/min)
- L'inclinometro ("palla") (sbandometro) misura la forza centripeta e centrifuga. Per eseguire una virata coordinata, la palla deve stare in mezzo. Altrimenti l'aereo eseguirà una derapata (skip) o scivolata (slip).

Il virosbandometro è sensibile solo a imbardate.

Il coordinatore di virate è sensibile a imbardate e rotazioni.

PAGINA 12

BUSSOLA MAGNETICA (MAGNETIC INDICATOR)

La bussola mostra il percorso dell'aereo avendo il Nord Magnetico come riferimento.

Da una misura accurata solamente a volo costante.

Durante le virate, la discesa, salita, accelerazione o decelerazione, la misura è influenzata dall'angolo di deviazione del campo magnetico e le forze inerziali dei componenti interni.

Vicino ai poli magnetici, la bussola è inutilizzabile.

PAGINA 13

GIRODIREZIONALE (Heading Indicator)

Il girodirezionale (Heading Indicator) mostra il percorso dell'aereo avendo come riferimento il Nord Geografico come riferimento.

In confronto alla bussola magnetica, il giroscopio punta:

- Indica il Nord Geografico (esempio il vero Nord)
- Non è sensibile alla forza inerziale
- Non è sensibile ai disturbi magnetici

Tuttavia i contro sono:

- La necessità di un motore per muovere il giroscopio
 - L'errore di misura è causato dalla precessione e aumenta col tempo di volo
- Perciò, talvolta, è necessario resettare il girodirezionale con la bussola magnetica.

Negli aerei ad alta prestazione la girodirezionale è sostituita con la HSI (Horizontal Situation Indicator) (Indicatore della Situazione Orizzontale)

LEZIONE 9

PAGINA 3

VISUALIZZATORI ELETTRONICI: INTRODUZIONE

I moderni aerei passeggeri impiegano una varietà differente di tecnologie di visualizzatori sulla cabina comandi, inclusi quelli basati su:

- Tubi a raggi catodici convenzionali (CRT)
- Diodi ad emissione di luce (LED)
- Display a cristalli liquidi (LCD)

La tendenza è verso un'uniforme **complesso di strumenti di cabina usando display a schermo piatto** mostranti informazioni in formati che sono evoluti da strumenti e display precedenti. Mentre c'è una necessità di raggruppare display di strumenti assieme secondo aree funzionali correlate (come informazioni di volo, navigazione e strumenti del motore), un alto livello di integrazione è ora possibile combinando dati provenienti da sistemi avionici differenti e visualizzandoli in diversi modi.

PAGINA 4

Nonostante l'età, il CRT offre un numero di vantaggi significativi, inclusa la capacità di fornire:

- Un display estremamente luminoso
- Un ampio cono visivo (massimo angolo a cui il display può essere visto)
- Per queste due ragioni, i display a CRT vengono ancora usati negli aerei moderni nonostante la tendenza sempre maggiore a sostituirli coi display a cristalli liquidi con matrice attiva (AMLCD)

PAGINA 5

DISPLAY ELETTRONICI: TUBI A RAGGIO CATODICO (CRT)

La composizione di un tipico tubo a raggi catodici è mostrato in figura.

L'assemblaggio del catodo, il riscaldatore, la griglia e l'anodo forma una pistola elettronica che spara un fascio di elettroni che è focalizzato sul rivestimento di fosfori nel retro dello schermo.

1. Il riscaldatore (**heater**) aumenta la temperatura del catodo che è rivestito con tungsteno toriato (un materiale che emette elettroni quando riscaldato).
2. Gli elettroni, cariche negative, formano una nuvola sopra il catodo e diventano attratti dall'alto potenziale positivo che appare sui vari anodi.
3. Il flusso di elettroni è controllato dalla **griglia (grid)**.
4. Controllando il potenziale di griglia è possibile variare la quantità di elettroni che passano attraverso **la griglia così controllando l'intensità (o luminosità) del display dello schermo.**

PAGINA 6

5. Al fine di spostare il fascio di elettroni in differenti parti dello schermo (in altre parole, essere in grado "disegnare" sullo schermo) è **necessario curvare (o deflettere) il fascio.**

La deflessione è realizzata per mezzo della deflessione elettrostatica. Usando questo metodo due insiemi di piastre vengono introdotte nel collo del CRT tra il fuoco degli anodi e l'anodo finale. Una coppia di piastre è allineata col piano verticale (queste **piastre-X** forniscono una deflessione del fascio elettronico nella direzione orizzontale) mentre l'altra coppia è allineata nel piano orizzontale (queste **piastre-Y** forniscono una deflessione del fascio elettronico nel piano verticale).

Predisponendo una carica elettrica (tensione) sulle piastre è possibile curvare il fascio verso o lontano da una particolare piastra, come mostrato in figura.

PAGINA 7

Display Elettronici: Tubi a raggi catodici (CRT)

Introducendo un campione di differenti colori al fosforo ed **usando un CRT più complesso con tre differenti catodi è possibile produrre un CRT che può visualizzare informazioni colorate.** Combinando tre differenti colori (fosfori rosso, verde e blu) in diverse quantità è possibile generare un intervallo di colori. Per esempio, il giallo può essere prodotto illuminando il rosso e il verde adiacente mentre il bianco può essere prodotto illuminando gli adiacenti fosfori rosso, verde e blu.

Al fine di visualizzare più dettagli (per esempi, caratteri testo e grafici) i display LCD possono essere costruiti usando una matrice di righe e colonne al fine di produrre un display che consiste di celle di matrici rettangolari.

Gli elettrodi usati in questo tipo di display consistono di conduttori di righe e colonne orizzontali e verticali rispettivamente. Le righe e le colonne possono essere indirizzate separatamente così che le celle del display possono essere illuminate individualmente.

I display a matrice passiva hanno un numero di svantaggi, in particolare perchè hanno un **tempo di risposta lento** e per il fatto che il display **non è così netto** (in termini di risoluzione) come quello che si ottiene da un display a matrice attiva.

PAGINA 14

DISPLAY A MATRICE ATTIVA

L'LCD a matrice attiva (AMLCD) usa transistor a film sottile (TFT) costruiti su un substrato di vetro su quello di cui è parte integrante del display. Ciascun transistor agisce come un interruttore che trasferisce la carica ad un elemento individuale del display. I transistor sono indirizzati sulla base di righe/colonne come nel display a matrice passiva.

Controllando il cambiamento di stato (switching= accendendo e spegnendo), è possibile trasferire precise quantità di carica nel display e così esercitare un'ampia gamma di controlli sulla luce che è trasmessa attraverso esso. L'AMLCD comprende una matrice di pixel che corrispondono a tre colori; rosso, verde e blue. Per mezzo di precise applicazioni, con le cariche elettriche, sui pixels appropriati è possibile produrre display che hanno 256 tonalità di rosso, verde e blue (con un totale di più 16 milioni di colori). L'AMLCD ad alta risoluzione di colori rende possibile display dei velivolo con alte capacità grafiche.

PAGINA 15

DISPLAY ELETTRONICI: LED = DIODI CHE EMETTONO LUCE

I LED (Diodi che emettono luce) possono essere usati come indicatori multiuso. Quando confrontati con lampade con filamento convenzionale essi operano in maniera significativa con una **più piccole tensioni e correnti. I LED sono molto più affidabili delle lampade a filamento.** La maggior parte dei LED fornisce un ragionevole livello di luce quando attraversato da una corrente diretta tra 5 mA e 20 mA . I LED sono disponibili in vari formati con il tipo rotondeggiante fra i più popolari. I LED tondi sono comunemente disponibili con diametro tra i 3 mm e 5 mm (0.2 pollici) con involucro di plastica ed anche nel formato rettangolare con dimensioni 5 mm x 2 mm. L'angolo di visuale per i LED tondi tende ad essere compreso tra 20° e 40°, mentre per i tipi rettangolari questo è portato intorno ai 100°. La tabella mostra le caratteristiche di alcuni tipi comuni di LED.

PAGINA 16

I display a LED sono frequentemente usati per visualizzare dati numerici. Il fondamento di tali display è l'indicatore a sette segmenti (vedi figura) che è spesso usato in gruppi tra 3 e 5 cifre per formare un display completo. La disposizione dei segmenti individuali dell'indicatore a sette segmenti è mostrata in figura. I segmenti sono distinti dalle lettere, da a a g. Poichè ciascun segmento comprende un LED individuale è necessario usare la logica per decodificare i dati binari (o decimale codificato in binario) per illuminare la combinazione corretta di segmenti per visualizzare una particolare cifra. Per esempio, il numero '1' può essere visualizzato illuminando simultaneamente b e c mentre il numero '2' richiede i segmenti a,b,g,e,d illuminati.

PAGINA 17

Decodificatore e driver per display a LED a sette segmenti.

Ciascun display può mostrare **modi differenti** e, anche più di così, ciascun display può mostrare informazione di altri display, per esempio **ciascun display può sostituire l'altro**.

PAGINA 12

Disposizione dei display (Aerei militari)

Usualmente ci sono 4 display principali :

- HEAD UP DISPLAY (TESTA SU)
- 3 HEAD DOWN DISPLAY (TESTA GIU')

1 Controllo Volo

1 Controllo di Navigazione

1 Controllo AC & e memorizzazione

Ciascun display head down può mostrare tutte le informazioni mostrati dagli altri.

L'HUD mostra, schematicamente, l'informazione più importante e quella che è correlata con riferimenti esterni (esempio bersaglio, aeroporto, autocisterna).

Per ciascun display sono disponibili modi di visualizzazione alternativa.

PAGINA 17

ESEMPI DI INDICATORI NELLA CABINA DI PILOTAGGIO E LORO DISPOSIZIONE: BOEING 707

In questo esempio l'integrazione della strumentazione avionica è nella sua fase iniziale. Ciascun indicatore mostra un dato singolo dal sensore cui è correlato.

Un EFB di Classe 1 è considerato un Dispositivo Elettronico Portabile (PED). Gli EFB di Classe 1 possono essere usati per visualizzare il **Tipo B** (esempio carte di navigazione elettroniche o carte di navigazione che hanno bisogno di essere zoomate, fare lo scrolling) come pure applicazioni di **Tipo A** in fase critica di volo purchè siano 'garantite e visibili'.

PAGINA 7

Classe 2 - Sono anch'essi dispositivi elettronici portabili, e vanno da attrezzature per MODIFIED COTS (io li conosco come brandine militari smontabili ... però non so) a dispositivi costruiti allo scopo.

- Montaggio
- Potenza (potenza dell'aereo come base)
- Connettività dati

Questi aspetti di un EFB tipicamente richiede l'applicazione di un Certificato Tipo o Certificato Tipo Migliorato. (riferimento: FAA Ordine 8900.1)

PAGINA 8

Classe 3 – Considerato "equipaggiamento installato" e soggetto alle richieste di idoneità al volo e, contrariamente ai PED, essi devono essere adeguatamente progettate.

- o L'hardware è soggetto ad un numero **limitato di richieste della RTCA DO-160E** (per tipici equipaggiamenti non essenziali di sicurezza per gli schianti e prove delle emissioni irradiate)
- o **Ci possono essere richieste DO-178B per il software**, ma questo dipende sul tipo di applicazioni definita nella Circolare delle Avvertenze.
- o **Gli EFB di classe 3 sono tipicamente installate sotto STC (Certificato Tipo Integrato)** o altre approvazioni dell'idoneità al volo.

PAGINA 10

EFB – Electronic Flight Bag

Classi di Software e Applicazioni

L'EFB può ospitare un'ampia gamma di applicazioni, classificate in tre categorie di software (Riferimento AC 120-76 come corretto, per una lista attuali di esempi):

TIPO A

- Applicazioni statiche, come visualizzatori di documenti (formati PDF, HTML, XML)
- Manuali operativi per l'equipaggio di volo, ed altri documenti stampati come **airport NOTAM**.

Le applicazioni dei documenti elettronici consentono ai membri dell'equipaggio di volo di:

- **Vedere e cercare documenti elettronici correnti** sul ponte di volo. I documenti disponibili includono il manuale operativo dell'equipaggio di volo, le Regole dell'Aviazione Federale degli Stati Uniti, ed il manuale dell'Informazione Aeronautica.
- Le compagnie aeree potranno usare gli applicativi dei documenti elettronici per scrivere o essere "ospiti" nei documenti stessi. I documenti sono meglio visibili nel **formato XML**, che supporta meglio la ricerca e la riformattazione del testo.
- Lo strumento di amministrazione (di terra o di base?) può convertire file strutturati e non strutturati **PDF in documenti HTML** per essere visualizzati. I documenti elettronici accettano anche immagini scannerizzate (che sono mostrati come foto) in formati **GIF, JPG, TIF e CGM**.

Dopo che la compagnia ed il suo fornitore decidono sul numero e la posizione delle macchine fotografiche, il produttore tipicamente integra il sistema e fa in modo che l'applicazione di sorveglianza sia possibile.

PAGINA 14

TIPO C

- Può essere usata come display multi-function (MFD)

3 – TAXI POSITIONAL AWARENESS (TAXI=RULLAGGIO)

Taxi positional awareness (abbreviated **TPA**) è una mappa elettronica usata da un aereo durante le operazioni di taxi)

- ❖ L'applicazione Taxi positional awareness (TPA) è un insieme di mappe dell'aeroporto altamente accurate che raffigurano graficamente piste, percorsi del taxi, ed altri aspetti dell'aeroporto per supportare le operazioni di taxi. (TPA viene anche riferita ad una mappa mobile e conoscenza situazione taxi)
- ❖ Per il sistema di classe 3, il GPS fornisce una posizione iconizzata ("ownship") che è raffigurata sulla mappa taxi assieme alla direzione dal sistema di riferimento inerziale. I sistemi di Classe 2 centrano la mappa basata sulla posizione del GPS ma non indicano la posizione con l'icona. L'equipaggio di volo usa la TPA per identificare, per mezzo di riferimenti visuali esterni, la loro posizione in relazione alle piste e dei punti di attesa dei taxi, punto di svolta, e gates.
- ❖ Il TPA deve essere usato in accordo con la FAA (amministrazione dell'Aviazione Federale degli Stati Uniti) Circolare di Raccomandazioni(AC) 120-74, Flightcrew Procedures during Taxi Operations, che richiede riferimenti visuali esterni e istruzioni di controllori.

PAGINA 15

EFB – Electronic Flight Bag

CERTIFICAZIONE

L'EFB segue le linee guida portate avanti nell'AC 120-76°, linee guida per la certificazione, Idoneità al volo e Operational Approval of Electronic Flight Bag Computing Devices.

- Per la **Classe 3** EFB,
 - Installazione dei DU,EU e associati collegamenti saranno certificati attraverso un tipo di certificato emendato.
 - Il sistema operativo della Classe 3 come pure il software applicativo sarà certificato attraverso lo stesso tipo di certificazione emendato.
 - Le applicazioni sono pure approvate usando le linee guida contenute in AC 120-76°.
 - L'hardware è soggetto ad un **numero limitato di richieste RTCA DO-160E** (per l'equipaggiamento tipico non essenziale per la sicurezza in caso di schianto e prove EMC (Emissioni irradiate e condotte))
 - **Ci possono essere requisiti DO-178B per il software**, ma questo dipende dal tipo di applicazione definita nella circolare degli avvisi.
- Classe 2 La parte 25 della certificazione EFB è limitata al montaggio dei dispositivi (inclusa l'alimentazione) e le interfacce di sistema dell'aeroplano. Il computer di classe 2 stesso è approvato operazionalmente con le stesse applicazioni.

PAGINA 26

Tutte le distribuzioni CPDLC devono essere supportate da approvate questioni di sicurezza e dimostrando che vengono adempiuti tutti gli obiettivi di sicurezza per tutto lo spazio aereo applicabile. L'EUROCAE ED-120 (RTCA DO-290) è i requisiti di prestazioni e sicurezza (SPR) per lo spazio aereo continentale e dovrebbero essere consultate per gli importanti obiettivi nel raggiungimento della sicurezza per l'uso di CPDLC nello spazio aereo continentale.

L'ED-120 fornisce un'analisi del rischio ed identifica i rischi applicabili ai sistemi che implementano i servizi ATC che CPDLC dispiega e che sono correntemente forniti. Ne derivano quindi gli obiettivi della sicurezza per tali sistemi e i requisiti di sicurezza ai quali essi devono attenersi. Gli implementatori dei sistemi sia terra che di aria devono adeguarsi a questi requisiti di sicurezza se vogliono che i loro prodotti siano approvati e/o certificati per l'uso operativo.

Obiettivi di sicurezza identificati da ED-120/DO-290 includono la necessità di assicurare che i messaggi non siano corrotti né "errati nello spedirli". Egualmente importante è la necessità dell'accuratezza temporale e la eliminazione dei messaggi vecchi. Una conseguenza di questi requisiti è che le implementazioni CPDLC, sia in aereo che nei centri ATC, debbano avere un accesso ad un accurato clock (entro 1 secondo di UTC). Per gli aerei tipicamente questo è fornito dal GPS.

Per esempio una tastiera per input e un monitor output. Un sistema microprocessore in funzione della CPU sono fornite da un singolo chip di grande dimensione (VLSI). Questo chip equivale a diverse migliaia di transistor individuali. Dispositivi semiconduttori sono anche utilizzati per fornire memoria RAM o ROM. In poche parole, entrambi i tipi di memoria permettono un accesso random dato che ogni oggetto di dati può essere ritirato con uguale facilità. Indipendentemente dalla sua posizione attuale all'interno della memoria. Nonostante questo il termine RAM è diventato sinonimo di memoria semiconduttori leggi/scrivi.

PAGINA 7

I componenti base del sistema (CPU/RAM/ROM/I/O) sono collegati insieme utilizzando un sistema di connessione a cablaggio multiplo conosciuto come bus.

3 differenti bus sono presenti:

- address bus utilizzato per specificare le posizioni nella memoria
- data bus dove i dati sono trasferiti tra i dispositivi
- control bus fornisce il tempo e i segnali di controllo in tutto il sistema

Il numero di linee individuali presenti all'interno dell'address e del data bus dipende dal particolare processore utilizzato. I segnali su tutte le linee non importa se sono utilizzati per indirizzi dati o controlli possono esistere solo su due stati di base 0 logico o 1 logico.

Dati e indirizzi sono rappresentati da numeri binari che appaiono rispettivamente dal data bus e address bus.

PAGINA 8

Alcuni microprocessori di base progettati per applicazioni di controllo e strumentazione hanno un databus ad 8 bit ed un address bus a 16 bit. Processori più sofisticati possono operare con 64 o 128 bit alla volta. Il più grande numero binario che può apparire su un data bus ad 8 bit corrisponde alla condizione dove tutte le 8 linee sono degli 1 logici. Inoltre il valore più grande di dati che può essere presente sul bus ad ogni istante di tempo è equivalente al numero binario 11111111 (oppure 255).

Similmente il più alto indirizzo che può apparire su un bus di indirizzi da 16 bit è (16 volte 1) oppure 65535. Il campo complessivo dei valori di dati e indirizzi per un semplice microprocessore di questo tipo è infine, un segnale di clock generato localmente fornisce un tempo di riferimento per sincronizzare il trasferimento di dati all'interno del sistema. Il clock solitamente consiste in un treno ad onda quadra ad alta frequenza derivata da un cristallo di quarzo.

PAGINA 9

Rappresentazione dati

L'unità base dei dati che può essere manipolata come un'entità è spesso chiamata "word". I "words" possono essere di lunghezza casuale ma i words a 12,32,64 bit sono i più comuni.

Un singolo byte di dati può essere immagazzinato ad ogni indirizzo all'interno dello spazio totale della memoria di un sistema computer. Quindi un byte può essere immagazzinato in ciascuna delle 65536 posizioni in memoria all'interno di un sistema microprocessore che ha un address bus a 16 bit. I bit individuali all'interno di un byte da 0 (chiamato meno significativo o LSB) fino a 7 (bit più importante MSB). Nel caso di words a 16 bit, i bit sono numerati da 0 a 15.

I numeri negativi o (numeri segnati) sono solitamente rappresentati utilizzando un completando a 2. In generale il bit di testa indica il segno, 1 negativo 0 positivo.

come parte dell'aereo. Ogni modifica fatta a software deve essere identificata e controllata in accordo con il CMP.

PAGINA 23

Processo di sviluppo

La relazione tra lo sviluppo dell'hardware e del software aereo è mostrato in figura.

Nota che i due cicli di vita (hardware e software) sono strettamente intercollegati semplicemente perché un cambiamento nella configurazione hardware richiede inevitabilmente un corrispondente cambiamento della configurazione software.

Il processo di valutazione della sicurezza (SAP) è un'attività parallela a quella del SDP (System development Process)

è importante rendersi conto che i cambiamenti del progetto del sistema e della configurazione necessiteranno sempre di una rivalutazione dei fattori di sicurezza. I test avvengono lungo tutto il processo di sviluppo. Test indipendenti sono solitamente portati avanti in modo da assicurare che i risultati dei test siano validi. Il testing generalmente comprende la simulazione di input fuori scala e situazioni anomali come ad esempio il ripristino da una perdita di potenza (assicurandosi che un riavvio del sistema è ottenuto senza generare uscite pericolose o fuori scala)

PAGINA 24

La tracciabilità del software è un componente chiave del criterio DO-178B .

Documenti di pianificazione e l'evidente tracciabilità aiutano ad assicurare che non solo i requisiti di certificazione sono soddisfatti ma anche che il codice finale contiene tutti i moduli richiesti e che ciascun modulo è stato aggiornato alla versione più recente.

È necessaria l'attenzione per assicurarsi che nessuno dei codici finali sarà dannoso per l'operatività complessiva del sistema (per esempio cercare dati da sensori e trasduttori che potrebbero non essere installati in alcune configurazioni di un particolare aereo)

PAGINA 25

Aggiornamento software

Quando consideriamo le modifiche e gli aggiornamenti software è importante distinguere tra codice eseguibile cioè i programmi e i dati utilizzati dai programmi cioè i database, ma questo non è un codice eseguibile.

Aggiornamento codice eseguibile:

Software caricabile sul campo (FLS) può essere caricato all'interno di un sistema computer mentre il sistema è sistemato all'interno dell'aereo. FLS può essere caricato sul sistema aereo dai tecnici o meccanici manutentivi seguendo le procedure definite sul manuale di manutenzione.

Esempi tipici dell'hardware di destinazione:

- Controllo elettronico del motore (EEC)
- Computer di guida di volo (FGC)
- Sistema di intrattenimento di volo (IFE)

Aggiornamento database:

Dati del database caricabili sul campo (DFLD) è il dato che è caricabile sul campo sui database dell'hardware di

LEZIONE 13

PAGINA 2

I più comuni bus di dati aerospaziali dedicati utilizzati nella comunità aerospaziale militare civile sono

1) ARINC429 standard civile. Questo è stato il primo database standard ad uso specifico per i voli civili, essendo applicato il tutto il boeing 757 e 767 e Airbus A300/A310 negli ultimi anni 70 e i primi anni 80. L'ARINC429 è ancora largamente nel campo di aerei civili di oggi

2) MIL-STD-1553B standard militare

3) ARINC629 standard civile. Boeing 777 è stato il primo aereo operativo ad utilizzare questo databus più capace.

4) ARINC664P7 standard civile

5) STANAG3910 standard militare

Altri standard bus come il JIAWG data bus ad alta velocità, il IEEE1394b e i bus a canali fibra sono tutti standard commerciali che sono stati adottati per usi militari

PAGINA 3

La figura di sotto mostra la distribuzione evolutiva di queste reti data bus su trasporti aerei civili Boeing e Airbus.

PAGINA 4

I primi sistemi avionici impiegavano computer analogici con le informazioni trasferite tra sensori effettori e computer e tra computer stessi come un segnale analogico ad esempio tensione corrente larghezza di impulso frequenza, proporzionale alla quantità della variabile misurata.

Dalla metà degli anni 60 i computer digitali sostituirono i computer analogici.

Il data bus digitale è un mezzo per trasferire informazioni da un computer ad un altro in un formato digitale, solitamente una coppia di fili di rame intrecciati e schermati o possibilmente un cavo a fibra ottica per sistemi a banda larga, tipicamente le informazioni comprendono messaggi (struttura o pacchetti dei dati o flussi di dati) trasmessi in maniera seriale lungo il data bus.

I pacchetti dei dati (flusso dei dati) comprende una serie di data words precedute da un command word o intestazione che identifica il pacchetto dati, la quantità di informazioni contenute all'interno e altre informazioni concernenti la qualità dei dati, la sorgente e la destinazione.

Il flusso di messaggi includerà anche i mezzi per rilevare gli errori o corruzione dei dati.

PAGINA 5

Le classi comuni di trasmissioni di dati digitali sono

1) Single source-single sink. Questa classificazione descrive un collegamento dedicato da un equipaggiamento ad un altro. Le prime applicazioni data bus erano di questo tipo sostituendo i collegamenti analogici utilizzati nei sistemi precedenti.

- Comando/risposta. Un controllore bus comanda tutte le transazioni sul bus. Nessun terminale può trasmettere senza ricevere il permesso del BC. Il guasto del BC primario può attivare un BC alternativo, comunque solo un BC può essere attivo alla volta.
- Token passing. Un token viene passato attorno ai terminali del bus. Un terminale può prendere il controllo del bus e trasmettere dopo che riceve il token, quando completata la sua transazione questo passa il token agli altri utilizzatori.
- Contention. Ogni terminale può trasmettere in ogni momento dopo che il bus gira al minimo. Se due terminali iniziano a trasmettere allo stesso istante avviene una collisione, entrambi i terminali devono fermarsi e dopo un'attesa random, riprovano a trasmettere. Le collisioni sono eventi normali, un bus conteso tende a collassare sotto carico pesante.

PAGINA 10

I tassi di trasmissione per usi comuni militari e civili sono mostrati nella figura sotto

- ARINC 429 introdotto a metà anni 80 è un single source-multiple sink per topologia lineare che opera a 100kbps
- MIL-STD-1533B. 1Mbps, lineare, multiple source-multiple sink (bidirezionale), controllo centralizzato, protocollo comando/risposta.
- ARINC629, 2Mbps, lineare, multiple source-multiple sink, distribuzione controllo

PAGINA 11

ARINC429 è di gran lunga il più comune data bus in uso sugli aerei civili, jet regionali e jet executive che volano oggi. Dalla sua introduzione nella Boeing 757 e 767 e sugli Airbus dei primi anni 80 difficilmente un aereo è stato prodotto senza l'utilizzo di questo data bus. Single source multiple-sink a topologia lineare.

Esso trasmette su un cavo intrecciato schermato. Fino a 20 terminali riceventi possono essere connessi sul bus.

PAGINA 12

Le informazioni sono trasmesse a word di 32 bit alla volta. Il formato della word è mostrato nella figura sotto. Comprende una componente di dati a 18 bit in cui l'informazione può essere codificata, i dati sono preceduti da un componente label a 8 bit che identifica le informazioni contenute nel componente dati. Il bit finale è un bit di parità. Altri bit sono disponibili per verificare la sorgente dei dati e lo stato

PAGINA 13

Bisogna notare che l'informazione fluisce solo lungo una direzione, da un sorgente trasmettitore a un sink (ricevitore), non ci sono mezzi per un ricevitore di comunicare il ricevimento.

La sorgente trasmette un'informazione quando è disponibile; il ricevitore deve prenderla quando arriva. Il trasmettitore non sa se il ricevitore ha ricevuto correttamente il messaggio, non c'è una stretta di mano o sistema di recupero errori per un messaggio perso o corrotto.

PAGINA 14

PAGINA 18

MIL-STD1553B è un databus standard militare largamente utilizzato sugli aerei militari. Lo standard 1553B è emerso negli anni 70.

Questo è un bus bidirezionale con topologia lineare, controllo centralizzato, comando/risposto come protocollo.

I dati sono trasferiti una coppia di fili attorcigliati e schermati.

Il controllo è effettuato da un bus controller centralizzato(BC) che esegue transazioni con i terminali remoti integrati in ciascuno dei sistemi avionici LRU.

Ciascuna transazione prende la forma di:

- comando emanato dal BC
- trasferimento dati da o verso il RT
- Ciascuna transazione deve essere seguita dalla risposta di stato dall'RT

La rete è solitamente implementata ed è costituita da una doppia ridondanza.

Fino a 31 RT più il BC possono essere connessi al bus, come mostrato in figura.

PAGINA 19

Il protocollo comprende le command words, data words, status words, impacchettate in 20 bit a 1 Mbps. Ciascuna word comincia con un impulso di sincronizzazione per svegliare i terminali remoti e darli nel seguente ordine:

- Un dataword comprende 16 databit più il bit di parità
- Un command word comprende 5 bit per identificare l'RT di indirizzo massimo 31RTs e poi bit di ricezione e trasmissione, 5 bit per identificare il sotto indirizzo solitamente utilizzato per identificare il pacchetto dati, 5 bit per identificare il numero di words nella transazione, massimo 32, più bit di parità
- Uno status word comprende 5 bit per identificare l'RT rispondente ed una serie di bit per identificare lo stato dell'RT

Tipici messaggi di transazione di :

- dal BC all'RT
- dall'RT al BC
- dall'RT all'RT
- Broadcast

PAGINA 24

La figura sotto rappresenta come l'architettura avionica si è evoluta dal 1960 ai giorni nostri. I passi chiave dell'architettura sono stati :

- Architettura distribuita analogica
- Architettura distribuita digitale
- Architettura digitale federata
- Architettura avionica modulare integrata

PAGINA 25

L'architettura digitale federata ammette che il complesso dei sistemi avionici dell'aereo sono interrelazionati e interdipendenti. La comunanza degli approcci facilita la condivisione di informazioni tra i precedenti sistemi disparati migliorando la funzionalità complessiva del sistema avionico. Ora vediamo i sistemi collegati che vengono raggruppati in aree di dominio, i dati vengono scambiati tra l'equipaggiamento all'interno dell'area di dominio sulla rete dei data bus locali. I domini sono interconnessi ad un più alto livello per passare informazioni locali da un dominio all'altro.

I militari sono stati i primi ad adottare l'architettura federata attorno al MIL-STD-1553B.

La comunità civile ha espresso dubbi riguardo la capacità di sopportare i guasti di questa filosofia di controllo centralizzato ed erano meno impazienti di adottare questo approccio. Avendo collettivamente investito sullo standard ARINC429 che era stato largamente radicato.

Ad ogni modo è stato deciso tramite accordi di derivare un nuovo standard civile che è diventato l'ARINC629. Questo supporta operazioni multiple di ridondanza per la sicurezza dei sistemi critici.

PAGINA 26

Tuttavia, in molti modi l'ARINC629 è stato superato dagli eventi

Il solo tipo di aereo che lo usava era il B777 che in termini architettonici sta tra un'architettura federata e una modulare integrata.

PAGINA 27

I sistemi federati sono progettati per fornire:

- Un processamento separato
- Infrastrutture separate
- Sistema bus interno

LEZIONE 14

PAGINA 2

INTRODUZIONE

Le fibre ottiche sono state ampiamente usate come mezzo trasmissivo per comunicazione dati di terra a lungo raggio ed in LAN (reti di area locale) per molti anni ed ora sono state introdotte negli aerei passeggeri di ultima generazione per soddisfare le necessità avioniche di reti a larga banda e intrattenimento in cabina.

In virtù del loro peso leggero, dimensioni compatte, ed un'ampia larghezza di banda, le fibre ottiche si adattano bene a sostituire il cablaggio col rame convenzionale. La tecnologia è, tuttavia, relativamente nuova nell'industria civile aeronautica e comporta una nuova serie di problematiche e sfide per coloro che operano nell'esercizio aereo e sua manutenzione.

PAGINA 3

VANTAGGI e SVANTAGGI

VANTAGGI:

Le fibre ottiche offrono alcuni vantaggi veramente significativi rispetto ai cavi in rame. Questi includono:

- Sono leggere e di piccole dimensioni
- Possono essere supportate da una ampia larghezza di banda con una velocità dati altissima.
- Relativamente esente da interferenze elettromagnetiche
- Relativamente bassi valori di attenuazione all'interno del mezzo.
- Altissima affidabilità assieme una lunga vita operativa
- Isolamento elettrico ed esente da anelli terra/superficie

SVANTAGGI:

Esistono veramente molti pochi svantaggi sull'uso delle fibre. Questi includono:

- Resistenza industriale all'introduzione della nuova tecnologia
- Necessità di un alto grado di precisione quando si operano giunzione tra cavi e connettori
- Preoccupazioni sulla resistenza meccaniche delle fibre e la necessità di assicurare curve che hanno un raggio sufficientemente grande e minimizzare perdite e la possibilità di danneggiamento alla fibra

La riduzione in peso che ne risulta dall'uso delle fibre ottiche ha una diretta ed immediata conseguenza in un significativo risparmio di carburante. Il cablaggio in rame è tipicamente 5 volte più pesante delle fibre ottiche in polimero e 15 volte più pesante della fibra ottica in silicio. Sui grandi e più recenti aerei di nuova generazione con sofisticata avionica, il risparmio totale in peso può arrivare a 1300 Kg.

PAGINA 4

La costruzione di un tipico cavo in fibra ottica è mostrato in figura. Questo comprende:

- Cinque fibre ottiche e due fili di riempimento
- Nastro separatore
- Filo di armatura (aramid = resistente al fuoco)
- Rivestimento esterno

Il cavo ha un diametro totale di 5 mm (0.2 pollici) e i fili individuali delle fibre ottiche hanno un diametro di circa 140 µm (approssimativamente 0.005 pollici). Un rivestimento esterno copre ciascuna fibra e la protegge durante la costruzione, aumenta la resistenza meccanica e il diametro al fine di rendere più facile la manipolazione e la costruzione. I rivestimenti (buffer) sono codificati al fine di identificare le fibre usando colori (blu, rosso, verde, giallo e bianco). I fili riempitori (filler strands) sono fatti di poliestere e misurano approssimativamente 0.035 pollici in diametro.

Un nastro separatore in poliestere copre il gruppo di 5 fibre e due fili riempitori. Questo nastro è costruito in poliestere a basso attrito e serve per rendere il cavo più flessibile.

Uno strato di un tessuto di filo Aramid (o Kevlar) fornisce un'aggiunta di resistenza meccanica e protezione nell'assemblaggio del cavo