



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1840A -

ANNO: 2016

A P P U N T I

STUDENTE: Samake Martin

MATERIA: Sistemi aerospaziali - prof. Corpino

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.**

= Schemi - Sistemi Aerospaziali =

Sistemi Spaziali

Storia

Tsiolkovsky → Ascensore spaziale e equazione del razzo
→ Russo $\Delta V = c \ln \frac{m_i}{m_f}$

Goddard → USA, Razzo a fuel liquido, bazooka

Obert → Tedesco, teorizza razzi multistrato, tute spaziali e veicoli lunari.

Von Braun → Fa V2, dopo la guerra va in USA, fa Red Stone e nel 1958 fonda la NASA con scopo il volo spaziale umano.

Korolyov → in URSS da V2 fa R7 con il quale lancia Sputnik I, II

Sputnik I → sfera 58cm \varnothing che trasmette dati

Sputnik II → Laika, più pesante per supporto vitale

Vostok → Veicolo automatico con Gagarin dentro scelto per brevità e caratteristiche fisiche. Due moduli, abitato e di servizio, l'abitato si sgancia torna giù e Gagarin si eietta. Problemi nello sgancio.

Vostok → Lenin prima passeggiata spaziale

Tereskova → prima donna in orbita e prima comunicazione in orbita tra due

Apollo
Mercury
Gemini } → Usa missioni per preparare l'uomo sulla luna

Shuttle → Per diminuire i costi → velivolo utilizzabile costo tutto da tank, booster e orbiter, abbandonato perché poco e difficilmente utilizzabile.

- Satelliti e Sonda

Satellite → orbita attorno alla Terra

Sonda → vaga nello spazio

Missioni applicative, osservazione, scientifiche, Tecnologiche
esplorative o esperimenti -

Circa 100 sat in orbita, alcuni in GEO

-> Lander e Rover

Lander atterra sulla superficie di un corpo celeste con
o senza atmosfera

Rover atterra e si muove

-> Veicoli Sub-Orbitali => Space Ship One

Space Mission

Si va nello spazio per risorse, servizi, Free-Fall, no Atmosfera
Posso vedere meglio la terra per comunicazioni e meteo,
inoltre se non c'è l'atmosfera posso vedere meglio le stelle
ed i corpi celesti (Hubble) -

Hubble, batterie Ni-H, 3kW, $\frac{7}{1000}$ di arco secondo -

Gamma Ray Observatory

Microgravità = Forza peso attrattiva = Forza centrifuga

posso fare miscele più omogenee ma ho problemi con i liquidi

Risorse: ho diverse risorse ma dove vedere come portarle
a terra

Esplorazione

Tipi di Missioni

-> Communications

Comunicare fra due punti distanti sulla terra, primo lancio
cio 1960, comunicazione TV = GEO, bastano 4 GEO per
avere copertura globale - Comunicazione telefono = LEO
per avere segnale migliore -

-> Remote Sensing

Acquisire info su qualcosa pur non essendo in con-
tatto diretto: Earth Observation - Posso avere Sensori

Attivi o Reattivi

-> Navigation

Per me ho di conoscere la posizione: GPS, GLONASS, GALILEO

GALILEO: prototipi per in orbita validando poi Full operational
capability ~ 500kg ~ 1.5kW 3 piani x 10 sat a 56°

Per un corpo diretto ricevo

$$E_{\lambda} = \frac{2\pi^5 k^4}{15} \cdot \frac{1}{\exp(cR/kT\lambda) - 1}$$

Earth looking

- Navigation
- Search and Rescue
- Solar Power Production

► Payload Sensors

per Frequenza - Visibile - Microonde - Radio
 - IR - Radar

per Tipo di Diffusione

- Passivi

Raccogliono radiazioni emesse o riflesse provenienti da una terza fonte - Costituiti da Antenna, Detector e Sistema di Puntamento.

- Sensori Visivi

Camere che proiettano l'immagine su film chimico, CCD o CMOS, solo day, immagine in memoria e poi invio a terra

- Sensori IR

Analizzano le fonti di calore, sistema di Raffreddamento, day e night, se punto a terra uso solo certe frequenze -

- Radio Detectors

Studia emissioni in Radio delle stelle distanti o pulsar
 Pa anche x e γ -Ray o Microonde

- Diversi Meccanismi di Scansione, Field of View, netto a fuoco variando la distanza fra le lenti

- Risoluzione

Beamwidth $\theta = \frac{1,22 \cdot \lambda}{D}$ Risoluzione $res = \theta \cdot R$

- Attivi

Fornisce la fonte dell'onda EM, RADAR, uso quando la fonte naturale è debole, può penetrare la crosta terrestre -

$\lambda \downarrow \Rightarrow Res \uparrow$ - Aumento in modo Fittizio l'apertura con SAR

BUS

Deve fornire al payload ciò di cui ha bisogno considerando anche i requisiti globali di missione -

deve collegare

► Space Vehicle Control: ADES e GNC

→ Galactic Cosmic Ray: uguali al vento e flares ma da stelle extra sistema e + energetiche che vengono catturate dalle Fasce di Van Allen. Se lo spacecraft va nella fascia è danneggiato x impatti e carica elettrostatica.

→ Resistenza Aerodinamica e Ossigeno Monoatomico
L'orbita diminuisce per Drag e O monoatomico corrode

→ Vuoto

Non è vuoto totale ma $\gamma \sim 10^{-8}$

→ Outgassing i gas nei pori di colla vogliono uscire

faccio test pre lancio in vuoto

→ Cold Welding: due cose separati da una sia toccano - lubrifico

→ Heat Transfer: no Conduzione o Convezione, solo Irraggiamento

→ Microgravità

Problemi con fluidi, mix migliori, Fattore psicologico.

→ Microasteroidi e Detriti

Monitorati dal Norad, sono piccoli ma veloci.

Electrical Power System

Deve convertire l'energia di una qualunque fonte in energia elettrica, immagazzinarla e distribuirli in modo opportuno alle diverse utenze.

Background Storico

Inizialmente Batterie, limitate dalla Capacità.

Poi Pannelli Solari con efficienza limitata ma scarso degrado dei materiali, hanno molta più durata ma funziona solo in cose "vicino" al Sole. Uso Pannelli e Batterie.

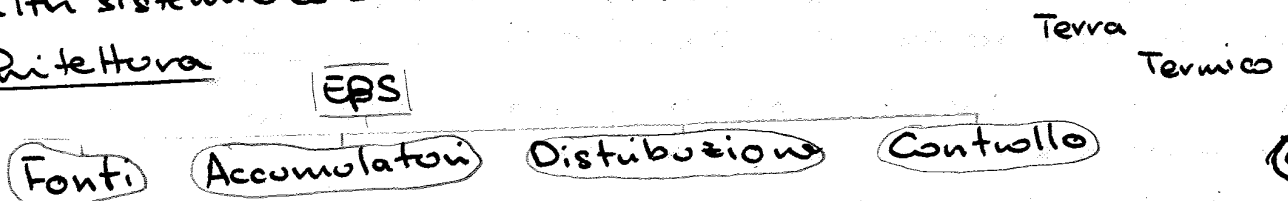
Posso poi avere Generatori ai Radioisotopi o Reattori Nucleari o Celle al Combustibile

Power System Evolution

legata all'aumento delle richieste dello S/C.

Devo isolare il sistema perché non sia in contatto da Failure di altri sistemi o le sue non si diffondano

Architettura



Batterie

Accumolo di energia, circuito di ioni che si chiude con l'elettrolita - la capacità è Q (numero di celle) -

Primarie → non Ricaricabili

Secondarie → Ricaricabili, posso convertire energia elettrica in chimica

Requisiti → Fornire energia in modo opportuno

→ Minimizzare dimensioni e costi

→ Resistere alle sollecitazioni esterne ed essere monitorate

Voltaggio

Dipende dal n° di celle e da tipo - Per la singola cella dipende dalla d.d.p. tra A e C - Si valuta il Voltaggio a Ciclo Aperto. Bisogna controllare le fasi di carica -

Per alte capacità lo maggior decadimento: più rapida la failure

Capacità

Numero di ore di corrente richiesta dal carico

Dipende da

- Temperatura

- Rate di Carica/Scarica

- Controllo del processo

- Quantità di materiale agli elettrodi

$$C = \frac{Pe \cdot Te}{DOD \cdot N \cdot U}$$

Posso valutare - Energia Totale J

- Energia Specifica J/kg

- Densità di Energia J/dm³

Vita e Limiti di Prestazioni

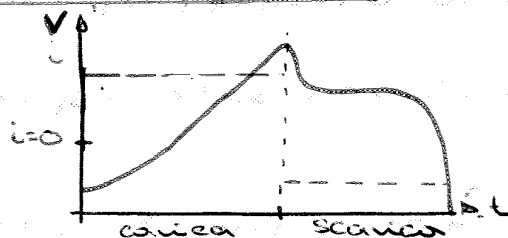
Uso dei margini per far sì che sia sempre disponibile un minimo di energia -

Depth of Discharge

Frazione % di capacità che si perde durante la scarica -

Per alti DOD posso fare meno cicli di carica scarica -

Tensioni di Carica/Scarica



La GEO copre meglio il globo ma è più costosa xk più alta usata x meteo e comunic. Crosslink in GEO x TV. Scientifici e Remote Sensing costano poco.

Architetture per Funzioni

- Tracking, Telemetry and Control
Comunica, riceve i comandi e trasmette le informazioni.
- Data Connection
Raccoglie dati e li manda a terra direttamente o con crosslink
- Data Relay
Faccio rimbalzare il segnale

Fattori che Determinano l'Architettura

- Parametri Orbitali
- ▷ Frequenza di Trasmissione
- Velocità di Trasferimento dati
- Tempo disponibile per la connessione (Link Availability)
- Tempo per impostare la connessione (Link Access Time)
- Treat & minacce e ostacoli

Copertura

Superficie raggiungibile dal segnale, calotta sferica, dipende anche da geometria e potenza del segnale

Altri Fattori

- Ritardi del Segnale
- ▷ Accessi Multipli, devo sincronizzare tutti i ricevitori.
 - FDMA
Ogni ricevitore ha la sua frequenza dedicata, il trasmettitore suddivide la portante in n. frequenze
 - TDMA
Temporizzo il segnale a frequenza costante, ma tocca tutta la frequenza ma per tempo minore

Fattori di Progetto *vedi app*

- Requisiti
 - Tipo di Segnale - Capacità - Copertura - Lunghezza
 - Connettività - Disponibilità - Durata
- ▷ Vincoli
 - Potenza - Peso - Vettore - orbita - Sviluppatori
- Regolamenti

⑥

- Guadagno

Potenza emessa dal lobo principale rispetto a quella isotropica

$$G = \frac{P_d}{P_i}$$

- Beamwidth

Angolo sul diagramma di radiazione

Link Design

si definisce $EIRP = P \cdot L_e \cdot G$ [W]

• link budget Equation

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{\text{Energia x trasmettere 1 bit}}{\text{Disturbi per trasmettere 1 bit}}$$

Ground Segment - Control System

Stazioni di Terra - Acquisire dati dallo S/C e trasferire i nuovi dati
centro di controllo - Decisioni sulla missione

Centro di controllo ⊕ Stazione di Terra = Ground Sys

Permette di fornire supporto e far interagire S/C e utenti

Ground Sys Funzioni e Opzioni

→ S/C e Payload Support

- Mantenere il collegamento per le Comunicazioni
Connessione diretta o Relay, tiene conto di orbite e posizione e configurazione della stazione di terra
- Fornire controllo allo S/C e Payload
comandi e parametri orbitali, tracking e autonomia
- Elaborare la Telemetria
Monitorare salute S/C, orbita, velocità, traiettoria, assetto

→ Mission data Relay

- Trasporto e elaborazione dati di missione
- Trasferimento della Telemetria di S/C e Payload
- Fornire dati agli utenti

Interfaccia Utente

Connessioni fra Ground Segment e Utenti \Rightarrow Internet

Station Control Center

Controlla connessioni e configurazioni della stazione e salute dello S/C.

Sincronia, è fondamentale -

Basic Ground System

⊕ { Dedicato alla missione
Compatto e semplice

⊖ { Bassa copertura
Poco supporto a S/C
No ridondanza

Typical Ground System

- Vasta copertura: centri di controllo multipli, anche mobili o ausiliari, tutti sincronizzati
- Servire più S/C in diverse orbite
- Elevata sicurezza e affidabilità

Necessitano di connessioni a lunga distanza, possono essere connessi con la linea telefonica.

Possano essere trasportabili con tutto l'equipaggiamento a bordo del camion o aereo -

Alternativa

Anziché costruire è possibile convertire quelli di comunicazione usandoli come Host.

Computer System

Quasi tutti i sistemi esigono più o meno del computer

- Funzioni:
- Ricevere, validare, elaborare i comandi
 - Raccogliere e processare dati di missione
 - Clock dello S/C
 - Watchdog (autocontrollo del funzionamento)
 - Funzioni di controllo dell'assetto

Big S/C \Rightarrow Big PC

Unendo Command + Data Handling \Rightarrow Controllo autonomo dello S/C

Funzioni del C e DH

- Command Processing
- N° di canali di output
- Memorie x comandi
- Elaboratori per comandi

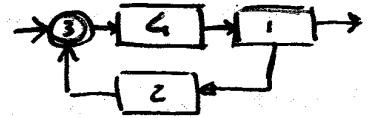
Fondamentale la memoria x quando va fuori FOV e se salta la connex

Space Vehicle Control System

Un sistema di controllo deve valutare il corretto funzionamento dei sistemi o modificarlo a seguito di una richiesta.

Ha 4 Funzioni:

- > Plant (1): comprendere e conoscere il comportamento del sistema
- > Sensors (2): osservare il sistema
- > Controller (3): decidere come ottenere il risultato
- > Actuator (4): attuare la decisione.



Spacecraft Control

Controlla:

- > Orbita: moto di traslazione lungo la traiettoria determinata da posizione e velocità del centro di massa
- > Assetto: orientamento del satellite nello spazio dettato da assetto e velocità di assetto, di geometria e inerzie del satellite

Sono correlati e necessitano di un sistema propulsivo.

Attitude Determination and Control System

Deve controllare l'Assetto del satellite, è molto complesso e ingombrante, l'ordine con cui effettua le rotazioni è rilevante.

Si parla di

- > Determinazione: loop chiuso con il quale determino l'assetto e l'orientamento del sat valutando una tecnica body rispetto a un riferimento.
- > Acquisizione
- > Controllo: processo continuo per assetto e puntamento. Valuto stato reale e teorico e applico le correzioni opportune.
- > Stabilità dell'Assetto

Fattori di Progetto

- > Proprietà di Massa e variazione nel tempo (Fuel)
 - > Coppie di Disturbo
 - > Momento angolare della Q.d.M.
- Posso dover correggere l'assetto per il Payload.

→ Coppia di Pressione Solare

Rilevante per satelliti in GEO, dipende da costante solare, C , superficie esposta al sole e sua riflettività $\bar{T}_s = \bar{v}_{sp} \times \bar{F}_s$ $\bar{F}_s = (1+k) P_s \cdot A_s$

→ Coppia Magnetica

Il sat interagisce con il campo magnetico terrestre in funzione del momento di Dipolo residuo e del campo \bar{B} . Può essere sfruttata

$$\bar{T}_m = \bar{M} \times \bar{B}$$

4- Scelta e Dimensionamento dell'HW

Posso avere sistemi Attivi o Passivi

→ Sistemi Passivi

Sfruttano i disturbi a proprio vantaggio, più economici e leggeri ma meno versatili

- Spin Stabilization

Conservazione del momento angolare che se perturbato tende a tornare nella configurazione in perturbata, garantisce assetto lungo un asse

- Gravity-Gradient Stabilization

Metto due masse alle estremità per sfruttare la gravità può dare effetto pendolo → smorzatore, Ho stabilità su due assi → volano giroscopico per il terzo

- Magnetio Stabilization

Interazione tra \bar{B} e calamite a bordo

→ Sistemi Attivi

Compensano i disturbi con degli attuatori più rapidi, precisi e versatili ma più costosi e pesanti

- Reaction Wheels

Conservazione del momento della Q.d.M. Faccio ruotare un volano e il sal ruota in senso opposto per mantenere nullo il momento - Tre ruote a 120° - Se saturata fermo con vazzi e poi riaccelero controllando con magnetico, x lo spunto lancio con ruota già in rotazione

- Momentum Wheels

Ruote che girano ad elevata velocità e conferiscono rigidità e giroscopica - Se asse orientabile → Gimball

- Attuatori Magnetici

Genero correnti indotte che interagiscono con \bar{B}

- Razzi

Risposta rapida ma poco accurata, serbatoio !!

→ Accelerometri

Misurano accelerazioni lineari

- Inertial Measurement Unit

Scelto compatte con tre Giroscopi, tre Accelerometri e un magnetometro

5. Definizione degli Algoritmi

→ Deterministici

Sfruttano le misure di due sorgenti o sensori diversi e con P_{non} tandem si ricava l'assetto.

→ Ricorsivi

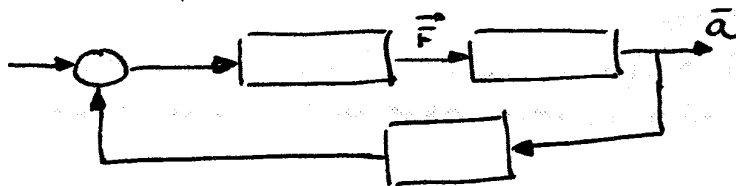
Sfruttano un solo sensore e con un modello matematico a filtro di Kalman, nota la misura precedente e quella attuale stimano quella futura.

Guidance, Navigation and Control System

È un sistema che deve capire il comportamento del satellite, osservare la posizione assoluta o relativa, decidere cosa fare e farlo.

- Tre Funzioni - Navigation: stabilire la posizione corrente
 - Guida: cosa fa il sat e dove voglio portarlo
 - Controllo: cosa fare per arrivare al target

Compensano un errore, misurato con i sensori, con gli attuatori



Perturbazioni

→ Esterne

- Oblateness: la non sfericità della terra fa sì che il sat sente un'attrazione diversa lungo l'orbita
- Effetto III corpo: studio interazione terra-sat ma anche la Luna può influire
- Temporal Changes: forze esterne variabili nel tempo
- Atmospheric Drag: Resistenza atmosferica
- Radiation Pressure: Radiazione solare

②

Reasons For Orbit Control

- > Commissioning: raggiungere l'orbita operativa una volta sganciato dal lanciatore
- > Missioni multi target: devo poter variare l'orbita
- > Manovre di Fine vita: LEO -> Rientro controllato
GEO -> EOF > 40'000 km
- > Rendezvous e Docking

Devo mantenere l'orbita contrastando le perturbazioni, mantenere le opportune posizioni reciproche in una costellazione

Orbit Control

Devo annullare $\Delta V = V_{desired} - V_{current}$

Attuatori

sono tutti a espulsione di propellente

- gas accelerato da ugello
- liquido espulso
- liquido combusto
- ibrido
- solido
- Elettrico

"Il controllo asse Ho ha una freq maggiore ed è + impo ma il controllo orbita è fondamentale nel docking"

Throughput Calculation and Link Budget

Processor Throughput

Parametro che stima le risorse computazionali necessarie per un certo periodo di tempo, per svolgere una determinata funzione - Dipenderà dal clock del sistema e dal tipo di funzioni da eseguire

$$\text{Processor Throughput} = \sum \left(\frac{n_1 P_1}{c} + \frac{n_2 P_2}{c} \right) \text{ [MIPS]}$$

Link Budget

Sistema per stimare le caratteristiche del sistema di ricezione per comunicare Terra-Spazio.

1. Definire la Frequenza di Comunicazione, f
2. Stabilire il Data Rate R
è il n° di bit/s che voglio trasferire
3. Scegliere la Potenza del Trasmettitore P_{tx}

(12)

Dove L_r è la somma di perdite e cavi dei dispositivi a terra (come 4)
 $T_0 = 290K$, T_r = Temperatura di Noise per la quale valgono

$$F = 1 + \frac{T_r}{T_0} \quad T_{LNA} = T_0 (F - 1)$$

10. Calcolo E_b/N_0 per il Data Rate R

Energia per trasmettere un bit / noise nel trasferirlo

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{P \cdot L_s \cdot G_t \cdot L_s \cdot L_a \cdot G_r}{k \cdot T_s \cdot R}$$

in dB sono somme e sottrazioni

11. Scegliere il BER richiesto, scegliendo Modolazione e Codifica

Il BER dà la possibilità di trasmettere in modo non corretto un bit, più il BER è basso, maggiore sarà la qualità del sistema richiesto. A seconda della modulazione e della potenza necessaria per trasferire un bit e ricavare quindi E_b/N_0

12. Calcolo Link Margin e valutare la qualità del Link

Valutare un sistema in affidabilità in base al LM che confronta E_b/N_0 del sistema e E_b/N_0 richiesto

$$LM = \frac{E_b}{N_0} - \left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{req} = \begin{cases} < 0 & \text{no link} \\ 0 < LM < 6 & \text{Link margin} \\ > 6 & \text{Link closed} \end{cases}$$

Impongo il margine per le varie approssimazioni.

Devo fare il Link Budget sia in Uplink che in Downlink perché variano i fattori.

Thermal Control System

Deve farsi che tutti i sistemi e componenti vengano mantenuti entro un Range di temperature che li faccia funzionare a progetto. Sia per effetti prestazionali che di meccanica, elettronica, struttura.

Side F - Temperatura operativa: temperatura alla quale si ha funzionamento ottimale

- Temp di Sopravvivenza: ΔT nel quale deve trovarsi il componente se non operativo o al limite funzionare ma con prestazioni minori

Thermal Protection System

Lavoro sul Assorbimento (capacità di assorbire calore) e Inraggiamento (capacità di cederlo) per proteggere durante il rientro.

Ambiente Spaziale ed Effetti Sull'uomo

L'uomo nello spazio è importante perché si adatta ma per portarlo serve veicolo apposito, atmosfera, g limitati, protezione Radiaz e ΔT .

Fasi di Lancio

Devo valutare il noise e le vibrazioni sul lanciatore, picchi al distacco e al transonico

Devo poi valutare le Accelerazioni con i picchi M - Rientro + critico del decollo.

Devo dimensionare tutto alle opportune vibrazioni.

Valutare Shock Meccanici al rilascio degli stadi.

Controllare la Temperatura

Ambiente Spaziale

→ Microgravità

- Diminuzione del Gradiente Idrostatico

Si ridistribuiscono i liquidi, il cuore batte più veloce, i reni lavorano di più → più urina → disidratazione

- Funzioni Vestibolari

Perdo orientamento e nausea, dopo tanti voli mi passa

- Osseo Muscolare

Ossa perdono Calcio e i Muscoli si atrofizzano

→ Radiazioni

Le onde EM sono più forti - Si valutano dei parametri

RBE = indice di pericolosità della radiazione

RAD = quantità di radiazione assorbita per unità di massa

REM = $RBE \cdot RAD$ ne posso prendere solo un tot a vita, dipende anche da modo e tempo di esposizione

→ Vuoto Devo creare l'atmosfera in composizione chimica, pressione e temperatura

→ Fattore Psicologico

Avionica - Sistemi Aeronautici

Storia ed Evoluzione

Cayley

Descrive la meccanica del volo, Portanza e Resistenza, analogia con la nautica, impennaggio verticale.
Aumentando la curvatura della vela aumenta la portanza.

Felix du Temple

Primo volo a motore non pilotato, motore ad aria calda, nuovo

Otto Lilienthal

Aliante con uomo, controllo con baricentro, studi sperimentali sulla portanza

Samuel Langley

Studi scientifici dedicati, elica propulsiva, motore a combustione interna

Fra telli Wright

Primo volo a motore controllato di un oggetto più pesante dell'aria. Studi sulle superfici in galleria del vento sia per l'ala che per l'elica. Aereo in tela e diversi tipi di legno, tivanti in Aq
Canard con elica spingente

Bleriot

Monoplano con controlli in coda e carrello

Gare di velocità

Fusoliera chiusa, struttura a guscio, carrelli con ruote piene

I WW

Aerei per sorveglianza, controllo e bombardamenti. Poco affidabili ma molto manovrabili. Biplani. Prima occasione poi addestramento.

→ Sunkers 3-1 primo interamente in metallo, in Aq, peso 11

Dopoguerra

Trasporto civile con bombardieri convertiti. Poi velivoli dedicati per il civile. Bimotore stellare, Carrello retrattile, no pressioni

1920

Nascono le Norme per il traffico aereo, rotte, Frequenze di trasmissione, Torri di Controllo

Imprese Aviatrice e Motori a Getto grazie all'innovazione metallurgica

II WW

È fondamentale la supremazia aerea, monoala, motori + potenti, carrelli retrattili, struttura in metallo, bombardieri corazzati

Messerschmitt VS Spitfire

Nasce l'Avionica con i Radar

Sistemi d'Arma Aeronautici

- Intercettori: Velocità
Raggiungono in poco la battaglia, $M=3$, vel di salita 200 m/s, Radar a grande distanza, crociera supersonica
- Superiorità Aerea: Manovrabilità
Fattore di carico cont da -3 a +9, volo verticale, molto fuel e armi
- Fight Cover: Durata
Molta autonomia oraria, alta efficienza in subsonico, Radar
- Scorta: Autonomia
Scorta i velivoli o aerocisterne: elevata efficienza in subsonico
- Interdiction/Strike: Carico Bellico
Attacchi Aia-Terra a più bersagli, volo a bassa quota, Stealth
Profilo di missione variabile, con armi per alta e bassa quota
- Ricognitore: Stealth
Elevata quota operativa e velocità
- Radar Suppressor: Avionica
Sopprimere i radar nemici, guerra elettronica - Disturbi o falsi segnali
- Appoggio Tattico: Vulnerabilità
Volo a bassa quota per supporto alle truppe di terra, covazza sulle parti sensibili -
- Allestimenti militari su Veicoli Civili
Velivoli più stabili per sorveglianza, guerra elettronica, early warning, radio misure

Unmanned Aerial Vehicles

Missioni pericolose o psicologicamente pesanti o dove non deve rischiare la vita umana, servono computer potenti -

Sistema Avionico

- di Base
... da trasporto. Implementa ambiente di volo e dati di controllo di volo, navigazione e velivolo
- Di Missione
A quelli Base si aggiungono quelli dedicati alla missione strumenti d'arma e militari

→ Display e Controlli

- Cockpit

Inizialmente generazioni dedicate poi centralizzata anche grazie ai μP .

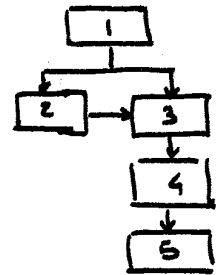
Avionic System Design

Si raccolgono i requisiti, si realizza un progetto concettuale, design preliminare degli equipaggiamenti poi li specifico fino a definire i vari parametri.

Conceptual Design → Preliminary Des → Detail Design

Ho quindi 5 punti fondamentali:

1. Requisiti
2. Profilo di missione
3. Analisi Funzionale, def Equipaggiamenti e Functional Block Diagram
4. Preliminary Design
5. Progetto avionico



1. Requisiti

Requisiti che il sistema avionico deve soddisfare

- Scenario: ambiente geografico, radioauxili, traffic control
- Needs: bisogni del cliente

È possibile definire l'avionica di base o di Missione: Di Base deve prendere le varie info e trasferirle al pilota

2. Profilo di Missione

Nota il profilo di missione del velivolo e le eventuali sotto fasi. Si realizza la tabella tutte le fasi, i relativi problemi che si possono verificare e le funzioni dell'avionica per ogni fase. Posso valutare le varie fasi dal punto di vista avionico.

3. Analisi Funzionale

- Albero delle Funzioni

Definisco la Macro Funzione e la scompongo in più sotto funzioni scendendo di livello con "come?" e salendo con "perché?"
Definisco le funzioni con nome e verbo.

- Matrice Funzioni/Apparati

Definisco gli apparati necessari a realizzare le funzioni

- Albero dei Prodotti

Definisce i vari componenti che costituiscono l'avionica, suddividendoli in Sensori, Processori, Attuatori e Display

- Functional Block Diagram

Con una matrice triangolare lego le funzioni con gli apparati che le implementano. Sono connessioni funzionali non fisiche.

Strategic Bomber

Entra in territorio nemico, rilascia bombe a caduta e torna alla base. Alta quota e Payload e equipaggio modesto. Oggi bombardieri stealth.

→ Architettura

- Display per elaborare più informazioni

→ Equipaggiamenti

- Elettronico
- Camera
- Recording
- Airfield Detail (individua piste nemiche)

Maritime Patrol

Sorveglianza marittima a diverse quote di volo. Eventualmente diminuisce la quota e attacco o sgancio bombe di precisione. Sono richieste elevate autonomie edorate ⇒ Turboprop con elevato allungamento alare.

→ Architettura

- Più monitor e equipaggio ~10 persone

→ Equipaggiamenti

- Link II comunicazione criptata militare marina
- Marine Band SW: comunicare con particolari frequenze x la marina
- Radar Marittimo: funziona con l'acqua
- Sensori Acustici: boe che sentono sull'acqua
- Database Oceanografico

Battlefield Surveillance

Studiare la situazione sul campo di battaglia e informare comandi e strategici, serve una piattaforma inerziale molto stabile. Alta quota di volo, equipaggio e durata.

→ Architettura

- Workstation numerose per poter elaborare molti dati

→ Equipaggiamenti

- Indicatori di movimento dei bersagli

Airborne Early Warning

Determinazione preventiva delle minacce. Prevede missioni di lunga durata con posizionamento distante dalla base, turboprop

→ Architettura

- Monitor

→ Equipaggiamenti

- AEW Radar che vede a 300° con grande precisione
- Dati di missione
- Intelligence

Radar Technologies

Sistema fondamentale per le funzioni di Identificazione e Sorveglianza

RADAR: Radio Aid to Detection and Ranging

Onde Radio (400 GHz ÷ 100 GHz) per Identificare un oggetto e Calcolarne la Distanza -

Applicazioni

- > di Scoperta individuare e identificare un qualcosa
- > Meteo
- > Terrain rilevare l'olografia del terreno
- > Radar altimetro: distanza dal suolo
- > Ranging: distanza
- > Doppler: sfruttando l'effetto Doppler per misurare velocità vera rispetto al suolo
- > di Guida: guidare il missile Attivo (emette lui) Semiattivo (emette l'aereo e il missile segue il segnale)

Funziona inviando onde e valutandone la riflessione -

È costituito da -> Antenna

-> Radio Trasmettitore/Ricevitore

-> Display

Antenna

Può essere Parabolica o Planar Array e ha due comandi:

- > Beam Shaping varia la forma del lobo in modo da poter fare diverse valutazioni
- > Beam Steering movimentazione e orientamento dell'antenna

! Onda Radar può essere emessa

- > Modo Continuo: dà la velocità di avvicinamento
- > Modo Pulsato: dà la distanza

Su veicoli grossi uso frequenze minori perché ho antenne + grosse.
La Scelta della Frequenza dipende dal mezzo e dai vincoli ambientali: non uso le frequenze delle molecole nell'atmosfera -

$$\text{Guadagno } G = \frac{\pi^2 D^2 \eta}{\lambda^2}$$

Il Beamwidth è ovvero l'angolo nel quale ho almeno 50% di potenza può variare da missione a missione

-> Air-to-Air

Ample spaziature in Azimut ed Elevazione per individuare con certezza i bersagli

-> Ground Mapping

spaziature strette per azimut e ampie in elevazione

Ipotesi

→ $E_{min} \geq \text{Energia di Noise } S_m$

$$\rightarrow G = \frac{Ae}{\lambda^2}$$

→ allora si ha

$$DP_{ra} = \frac{P_m \cdot G}{4\pi R^2} \Rightarrow P_{tb} = \frac{P_m G G}{4\pi R^2} \Rightarrow DP_{pr} = \frac{P_m G G}{(4\pi)^2 R^2} \Rightarrow P_{rr} = \frac{P_m G G A_e}{(4\pi)^2 R^2}$$

$$E = \frac{1}{(4\pi)^2} \cdot \frac{P_m G G A_e t}{R^2} \Rightarrow R = \sqrt[4]{\frac{P_m \cdot G G A_e^2 t}{(4\pi)^2 S_m \lambda^2}}$$

Avionic System Display

Sono fondamentali e forniscono al pilota informazioni, lette dai sensori, su navigazione stato dell'aereo e condizioni dei sistemi.

I componenti fondamentali sono:

- Bussola Magnetica
- Anemometro (vel di volo)
- Orizzonte Artificiale
- Altimetro (rispetto al sea level)

Posso poi avere

- Giro direzionale (angolo di Imbardata e Nord geo)
- Variometro: velocità di salita o discesa
- Visosbandometro: rateo di virata, corretta o no

Primary Flight Display

Informazioni di volo e utili al volo

- Orizzonte Artificiale
- Anemometro con scala per rendermi conto delle variazioni e stallio Vne
- Modi Funzionali dell'auto pilota
- Altimetro: due scale con due livelli di precisione
- Heading: bussola con direzione del velivolo
- Info su Mach di volo, Velocità verticale e altw

Navigation Display

Informazioni sulla navigazione

- Rose
velocità rispetto al suolo, VOR1 e VOR2 indicati con colori differenti
- Arc
riporta il piano di volo con le indicazioni di waypoint e VOR.
Posso visualizzare anche Radar meteo e olografie.
Linee iso-distanza

Surveillance and Identification System

Basato sul radar, ha lo scopo di individuare la presenza di un oggetto nello spazio e di identificarlo

Scenario Terra-Avia

Tipico del trasporto. Ho stazione di terra e velivolo

→ Radar Primario

Individua il velivolo che è passivo e necessita di un equipaggiamento per essere individuato

→ Radar Secondario

Emette un'interrogazione alla quale il velivolo risponde attivamente identificandosi

Scenario Avia-Avia

È tipicamente militare, per i civili si ha

→ Traffic Alert and Collision Avoidance System - TACAS

Quando si ha failure della stazione di terra, questo sistema interviene, monitorando, sorvegliando, identificando e suggerendo manovre evasive

→ EWR: radar militare

→ IFF: dispositivo di identificazione

Stazione Di terra

Costituita da Radar Primario e Secondario - Il primario è + potente perché deve essere riflesso - Domanda e risposta del secondario hanno frequenze simili -

Primario e Secondario devono essere Sincronizzati, se lo sono posso conoscere cosa c'è e chi è - Inoltre con il II si forniscono anche informazioni su quota di volo, posizione, velocità - Conoscendo anche l'identificativo posso monitorare più aerei contemporaneamente -

Se ho sincronizzazioni i disturbi captati dal primario sono eliminati perché non rispondono all'interrogazione

→ Radar Primario: Passivo, modulato a impulsi brevi

- Emette alte potenze verso il target che le riflette indebolite e permet di calcolare Azimut e Distanza.

- Richiede molta potenza

- Può aver problemi con oggetti piccoli o con albiere simili -

→ Radar Secondario: Attivo, gruppi di impulsi codificati

- Invia una domanda a 1030 MHz alla quale l'aereo dopo aver elaborato la risposta risponde a 1090 MHz

- Può chiedere: ICAO; ICAO + quota; ICAO + quota, vel., posizione

→ ATC Transponder

È l'apparato che riceve l'interrogazione, la processa e risponde a seconda dell'interrogazione fatta -

VHF Communications

Very High Frequency, 118 ÷ 137 MHz, primario tra aerea-terra sia per voci che dati.

Comunicato stato e operatività dei sistemi.

Voice: analogici o digitali, presenza dell'equipaggio

Data: l'equipaggio non fa nulla

PDC

ATIS

} Informazioni aeroportuali di terra

RadarMeteo

CMC: informazioni per la manutenzione

Built-in-Test Equipment

Esegue automaticamente dei check dei vari sistemi e raccoglie i dati di eventuali failure per poi inviarli a terra.

Comunicazione in Linea di Vista, Ground Wave.

$$LOS = \sqrt{R(2R_E + R)} \quad (\text{max} \sim 300 \text{ km})$$

Il valore effettivo dipende da potenze e altri fattori

ACARS

Aircraft Communication Addressing and Reporting System

Data link con info sul velivolo verso le stazioni e compagnie aeree è automatico e fornisce info in tempo reale. Fornisce dati base o in certe particolari. Gestito dal FMC

Comunicato 2280 canali spazati da 8,33 kHz

HF Communication

Usato per comunicazioni Air Traffic Control, oltre la linea di vista sfruttando la riflessione della ionosfera.

3 ÷ 30 MHz e potenze 5 volte le VHF

Potenza e frequenza: dipendono da ambiente, giorno/notte, estate/inverno - dipende dal Sole e gli ioni che la scia nella ionosfera

se densità elettronica ↑ ⇒ Frequenza opportuna ↑
La freq di trasmissione varia in modo continuo durante il volo

Ho limiti di frequenze usabili

→ LOF (Lower Usable Freq)

Dipende dall'assorbimento di cui risente l'onda nella ionosfera

L'assorbimento cresce alle frequenze minori (di giorno uso frequenze più alte)

→ MUF (Maximum Usable Freq)

dipende dalla densità elettronica

Frequenza minima per riflettere a 90° ⇒ $f_{min} = 9 \times 10^{-3} \sqrt{Nf}$

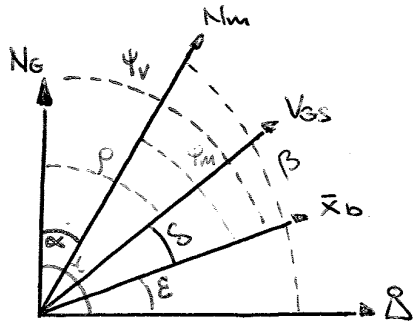
$$f_{MUF} = \frac{f_{crit}}{\sin \alpha}$$

Flight Management System

Display + Tastierino per inserire i codici dei Waypoint e degli aeroporti di partenza e arrivo.

Collegato a Autopilota, Sistema di Navigazione, Radio e GPS

Angoli



- α : Variazione magnetica
- δ : Deriva
- γ : Direzione vera
- ϵ : Direzione Relativa
- β : Magnetic Bearing
- ρ : Rotta
- ψ_v : Pnava vera
- ψ_m : Pnava Magnetica

Gyro-Magnetic Compass

- Bussola

Risposte precise in tempi lunghi perché mantiene l'errore ma è imprecisa nei brevi

- Gyroscopio

Preciso nel breve periodo ma errore crescente nel lungo.

È un elemento rotante con elevato momento angolare che sfrutta la conservazione del momento angolare e se inserito in un cardano, l'orientazione e momento angolare sono a costanti non lo sono per attrito.

Asse di rotazione // sup terrestre \Rightarrow posso det. imbardata rollio e becchi

Se aggiungiamo un clock Ro-Nav navigazione stimata

Heading, Track and Drift Angle

Posso confrontare rotta ideale e rotta reale e Heading l'angolo tra V_{TAS} e Nord Geo e Ground Track Angle tra Nord Geo e V_{ground}

Crosstrack Distance: distanza che devo fare per raggiungere la rotta id.

Radio Navigation Aids

Ausili, esterni al velivolo, usati per la navigazione, fornendo le info in coordinate polari: direzione e distanza rispetto al radiofaro. È possibile identificare univocamente un punto con due angoli o due distanze.

→ Automatic Direction Finder ADF

Basse frequenze modulate in ampiezza: è complicato valutare la variazione di ampiezza.

- Radiofaro con antenna omnidirezionale

- Velivolo con antenna direzionale

Si valuta l'angolo e quindi l'intensità del segnale per determinare la direzione. Ripetimento a segnale nullo $\neq 0$ perché il massimo oscilla per le interferenze

→ Instrument Landing System

Ausilio all'atterraggio che, con una serie di antenne fornisce l'asse pista ed il corretto sentiero di atterraggio ovvero l'angolo di avvicinamento.

È composto da - Stazione di Terra

- Trasmettitore di Bordo

- La Stazione di Terra invia due segnali

- Glidescope: curva pendenza di discesa

- Localizer: scostamento del velivolo rispetto all'asse pista

I due segnali costituiscono due piani la cui intersezione dà una retta che è l'avvicinamento ottimale.

I segnali sono modulati diversamente

Accuratezza 0,1 gradi

Si possono sfruttare anche 3 radio per indicazioni con colori, che percepisce solo se sono sopra (localizer) e danno la quota (Glide)

Visualizzazione con tacca sugli - glide sx/dx localizer
Se non vedo ⇒ Autopilota

Codifica di Atterraggio - Intercepto il Localizer

- Mi metto sull'asse pista

- Aggiusto il Glidescope

→ Low Range Radio Altimeter

Invia segnale a terra e valuta il tempo di riflessione ottenendo la quota. Non fa previsioni e può essere schermato !!

→ Microwave Landing System

Fornisce banda maggiore, curva di avvicinamento con pendenza variabile, consentendo avvicinamenti irregolari e angolati
Costituito da:

- Sottosistema di Azimut: ~ localizer ma più preciso e maggior copertura

- Sottosistema di Elevazione: ~ Glidescope ma migliore accuratezza e range di angoli maggiore

- Precision DME: in formazione sulla distanza, precisione 30m

Durante lo scanning del cielo il velivolo riceve due segnali ed elaborando il DME i dati

→ Global Positioning System

Logistica e Affidabilità sono diventati requisiti di progetto per migliorare la produttività dei prodotti.

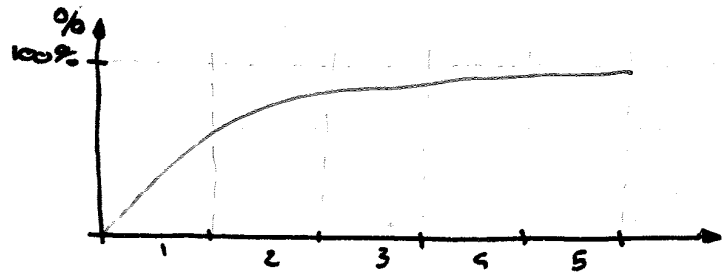
Sivaluta il Costo Globale del Prodotto fatto di:

- Costo Globale di Ciclo di Vita: da quando concepisco l'idea a quando dismetto
- Costi di Logistica
- Costi di Manutenzione e Supporto

I costi sono determinati in Fase di progetto

Posso legare Fasi del ciclo di vita con la % di definizione del prodotto

- 1- Conceptual Design
- 2- Definition
- 3- Engineering
- 4- Production
- 5- Operation

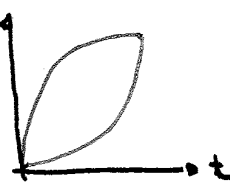


Nel Conceptual design faccio poche scelte e ce però incido un molto
Le scelte fatte in fase hanno i costi:

- 10% idee
- 30% messa in opera, strutture, manod'opera
- 60% vita operativa

Lego % Costo totale e Fasi del ciclo di vita

- Costi di sviluppo e operazioni
- Influenza delle scelte sui costi



Affidabilità

Parametro fondamentale per qualunque prodotto, tanto più fondamentale quanto il componente è complesso.

Lo studio dell'affidabilità comprende diversi aspetti

- Materiali e componenti
- Progetto e Produzione
- Controllo qualità
- Movimentazione
- Manutenzione

→ Ingegneria dell'Affidabilità: prevenire e ridurre la probabilità dei guasti, identificarne e correggerne le cause, garantire la sopravvivenza del sistema e stimarne l'affidabilità

→ Cause di Guasto

L'affidabilità implica che gli oggetti si guastino

- Errori di Progetto inadeguato

- Componenti sovralloccati

- Degrado dei componenti nel tempo

- Errori Umani

Con una buona progettazione
esso evitabili

Affidabilità di Sistemi e Componenti

Per calcolare l'affidabilità dei sistemi si effettua una stima delle affidabilità dei componenti e quindi si calcola quella del sistema globale. Questo perché non conosco il sistema finale ma le principali caratteristiche dei componenti si possono stimare.

Componenti

Valuto l'affidabilità dei componenti considerando componenti simili la cui affidabilità è nota.

È più semplice valutare l'FF di un componente che quella di un sist

Una volta note le prob di un componente per calcolare quella del sistema calcolo la prob di un evento multiplo sulla base degli eventi semplici che lo compongono.

Ho due teoremi

- Probabilità Compota: affinché un sist funzioni devono funzionare tutti i suoi componenti
- Probabilità Totale: affinché il sistema funzioni deve funzionare almeno uno dei suoi componenti

Si possono definire

- Variabilità dei Parametri: limiti massimi e minimi entro cui oscilla
- Variabili Aleatorie: possono assumere qualunque valore in un dato esperimento
 - Per descrivere completamente un esperimento devo conoscere
 - Variabili che possono essere continue o discrete
 - Frequenza con cui si presentano
- Funzione di Ripartizione: probabilità che una funzione assuma un valore minore o uguale a un param
- Cause di Variazione
 - Deterministiche, esprimibili con una formula
 - Funzionali: modi fisici e le condizioni operative e non sono esprimibili da leggi causa-effetto
 - Random
- Funzione di Distribuzione della Densità di Probabilità si ottiene aumentando il numero di test e diminuendo l'intervallo di misura.

Distribuzioni Notevoli

- Discrete: Binomiale o Poisson
- Continue:
 - Gauss
 - Lognormale
 - Gamma Esponenziale
 - Gamma Pearson χ^2
 - Weibull - Valori estremi

→ Modello Parallelo

Perché il sistema funzioni, almeno uno dei componenti deve funzionare

$$R_{tot} = R_A + R_B - R_A \cdot R_B \quad R_{tot} = 1 - \prod_i (1 - R_i)$$

$$R_{sist} > R_i \quad + \text{ ne ho meglio è}$$

Conviene per affidabilità di missione e sicurezza ma abbassa l'affidabilità logistica aumentando la prob che si verifichino guasti.

→ Ridondanza Attiva

Fav si che un guasto pericoloso si possa verificare solo come combinazione di guasti multipli => maggiori costi e pesi, peggiore affidabilità logistica ma migliore sicurezza.

Non posso sempre ridondare e a volte non conviene (impedire uno il due)

→ RDB Misti

Combino serie e parallelo fino ad avere un serie

→ Teorema di Bayes

Per componenti sia in serie che in parallelo, considero il componente in due casi estremi: sempre funzionante / mai funzionante

evaluto la probabilità di essere in una o nell'altra con P_i / Valuto l'affidabilità totale come media pesata delle due config

→ Modello Binomiale

N-elementi in parallelo dei quali almeno i devono funzionare

$$R_s = \sum_i \binom{n}{i} R_{comp}^i (1 - R_{comp})^{n-i}$$

→ Modello Stand-by

Ridondanza Fredda: sost il componente guasto con uno che prima era fermo.

Può essere - Uguale: Trasmissione di Segnale $\lambda_1 = \lambda_2$

- Diverso: Trasmissione di Potenza $\lambda_1 \neq \lambda_2$

$$L \rightarrow R_s = \frac{\lambda_1 R_2 - \lambda_2 R_1}{\lambda_1 - \lambda_2}$$

→ Modello di Poisson

È equivalente allo stand-by con componenti uguali e l'aff totale dipenderà da quanti costi R_0 in stand-by e sarà la somma delle prob di aver n guasti con $n = n^\circ$ componenti

→ Modello Missioni Pluri fase e Pluri Missioni

$$R_{miss} = R_{F1} \cdot R_{F2} \cdot R_{Fn} \quad R_{multi} = \text{media pesata di aff e ricorrenza delle} \\ \text{missioni}$$

→ Failure Mode and Effects - FMAE

Usata per valutare l'affidabilità.

Approccio Bottom-Up parte dalle possibili cause di guasto di un componente e valuta i possibili effetti su sotto sist, sist, miss
 Quindi possibile individuare le criticità ovvero elementi che se si guastano danno pericolosità

→ Fault Tree Analysis - FTA

Usato per valutare la Sicurezza

Approccio Top-Down

Parto da un evento e determino le possibili cause di guasto che lo determinano facendo un albero logico Booleano valutando come non è uscita.

Manutenzione, Disponibilità, Manutenibilità

Manutenibilità

Caratteristica intrinseca del sistema indica la sua attitudine ad essere sottoposto a manutenzione ovvero compiti per mantenere un sistema in servizio e renderlo più disponibile possibile.

Disponibile

Probabilità che il sistema funzioni sia pronto a funzionare correttamente, non è fermo.

Sistemi moderni guasti frequentissima facilmente manutenibili

È opportuno progettare una Manutenzione Programmata implementando la logica della manutenzione ed i requisiti in fase di progetto.

Misura della Manutenibilità

Ho diversi modi di valutare

→ MTBM: valuta tutta la manutenzione

→ MTBR: manutenzione specifica

→ MTB: tempo di fermo macchina; per manutenzione o meteo

→ MMH/FH: ore di manutenzione, ore di manod'opera

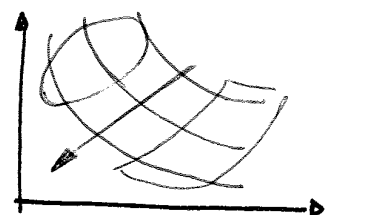
Posso schematizzare la vita in fasi di operatività e non e de finire la

$$\text{Disponibilità} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTR}}$$

- iso Disponibilità

pochi guasti ma tanto tempo x manutenzione

molti guasti ma manutenzione breve
 Lo sono i più usati



= Sistemi Aerospaziali =

come summo. → domande a risposta multipla, → extra. → domande a parte 1:30 R

In questo corso tratteremo i Sistemi Aeronautici, i Sistemi Spaziali e RAMS ovvero "Sicurezza, Affidabilità, Manutenzione e Reperibilità" dei sistemi.

= Sistemi Spaziali =

Storia

Tsiolkovsky - Equazione del Razzo

Russo ispirato dalla Torre Eiffel, teorizza "l'Ascensore Spaziale" e pubblica nel 1903 un lavoro con l'equazione del Razzo

$$\Delta v = v_e \ln \frac{m_i}{m_f}$$

Goddard

Contemporaneo a Tsiolkovsky ma in USA nel 1926 costruisce un razzo a combustibile liquido che però volò per poco ($\frac{1}{2}$ sec) e arriva a 14 m - Costruttore del Bazooka.

Obert

Tedesco, teorizza il razzo multistadio, tute spaziali e veicoli lunari. Considerati utopici non si laurea.

Von Braun

I suoi studi si basano su quelli dei primi tre. È a capo di quelli che costruiscono la V2 che in origine serviva per andare in orbita. Finita la guerra va negli USA e continua a lavorare e costruisce "Red Stone" nel 1954, mai lanciato.

Nel frattempo i Russi mandano su Sputnik e allora usa per Explorer 1 (1957 e 1958).

NASA

Nel 1958 nasce la NASA con direttore Von Braun e scopo il volo spaziale umano

Korolyov

Allievo di Von Braun in URSS, modifica la V2 e fa R-7 che raggiunge 7000 km. Modifica un missile bellico con il

1

Space Systems Overview

Definiamo i vari tipi di sistemi spaziali -

Per Sistema Spaziale si intende "qualunque dispositivo coinvolto in una missione spaziale" - Non si intendono solo i sistemi che finiscono nello spazio ma anche quelli a terra o di interfaccia terra-spazio.

Non è semplice né univoco classificare i vari sistemi -

Possono essere classificati per Tipologie

- Lanciatori o sistemi di trasporto
- Veicoli di trasporto
- Satelliti e sonde
- Lander e Rover
- Veicoli suborbitali (connettori Terra-Spazio)

Lanciatori

Non penso all'oggetto ma alla sua funzione: "trasportare il carico da terra in orbita" - Quindi non comprende solo il lanciatore in sé ma anche tutto il sistema di lancio: strutture, rampe di lancio, centri di controllo che sovrintendono alle fasi di lancio.

Nella prima fase, le persone nella Control Room, un bunker dove le persone hanno il controllo sulle fasi di lancio, possono decidere di abortire il lancio fino a pochi secondi prima dell'accensione motori - Dopo di che il controllo del lancio è trasferito al lanciatore -

Se abortisco troppo prima ^(minuti) posso portare ^{a problemi} perché, in questo caso, è necessario un intervento di manutenzione che può far ritardare di molto il lancio.

I problemi che portano all'annullamento possono essere del lanciatore o delle stazioni a terra.

Finché è il lanciatore, e non la missione, ad essere fondamentale questo deve essere in vista di tutte le stazioni di controllo -

Al mondo solo pochi stati hanno il lanciatore -

Il lanciatore serve unicamente per raggiungere la destinazione - Unico abitabile ⇒ Soyuz

Se si volesse cambiare orbita servono i motori. L'orbita dell'ISS dura circa 90 min quindi fa 15 orbite a giorno. La stazione è un laboratorio scientifico per esperimenti in microgravità (biologici e medicina e vita umana nello spazio). Gli astronauti sono caviae per vedere come si comporta il corpo per tanto tempo nello spazio. L'ISS è finanziata fino al 2024 da diverse nazioni, poi si vedrà.

Veicoli di Rifornimento

Possono essere abitabili o non abitabili -

Quelli SENZA EQUIPAGGIO sono per trasporto approvvigionamenti e portano via i rifiuti. Sono automatizzati e attraccano con docking automatico o con il braccio meccanico.

Ce ne sono diversi senza uomo, quelli con uomo sono Shuttle (disuso), Soyuz e Shenzhou e servono per portare su e giù le persone.

Progress è un veicolo russo simile al Soyuz. Fa 3-4 viaggi l'anno, arriva porta rifornimenti e si carica di rifiuti in 6 mesi e quindi torna giù distruggendosi in atmosfera.

ATV è simile a Progress ma è USA e funziona uguale.

HTV è il modulo giapponese.

Dragon completamente automatizzato. È privato e si sta lavorando alla versione abitabile.

Cygnus NASA, per approvvigionamenti. È fatto di due moduli uno pressurizzato (abitabile, fatto da Thales) e uno di servizio.

Shenzhou è tipo la Soyuz ma più grossa.

Soyuz è vecchio ma molto affidabile. Ha modulo orbitale, modulo di rientro e modulo di servizio. Aggancio automatico o pilotato.

Satelliti e Sonde

Un satellite orbita intorno alla terra. Una sonda vaga nello spazio. Possono avere missioni applicative, di osservazione, scientifici e tecnologici (nuove tecnologie).

Space Missions

Andare nello spazio è pericoloso e costa ma allora perché ci vado? Per scoprire risorse, servizi, testare in diverse condizioni ambientali, in micro-gravità "free-fall", per nuove risorse, per diversi punti di vista che non ho sulla terra.

Inoltre nello spazio, non essendoci l'atmosfera, vedo meglio.

Andando nello spazio ho un maggior campo visivo. È utile per le telecomunicazioni e per il meteo.

Inoltre dallo spazio posso vedere meglio le varie stelle, pianeti e corpi che dalla terra vedo male a causa dell'atmosfera che blocca parte dei fasci luminosi.

Un esempio è il satellite Hubble che è un telescopio spaziale. È stato portato su dallo shuttle ed è in orbita bassa appena fuori dall'atmosfera. Elabora immagini nel visibile e nell'ultravioletto e invia a terra 200 GB di dati alla settimana trasmettendoli attraverso altri satelliti. Questi satelliti erano usati per missioni shuttle. I dati vengono poi analizzati a terra. Hubble è alimentato da batterie Ni-H e pannelli fotovoltaici, il sistema funziona a 3kW. Da notare è l'accuratezza del puntamento \Rightarrow per fare le foto con alta precisione deve stare fermo. Tiene la precisione di $\frac{7}{1000}$ di arco secondo ovvero $\frac{7}{1000} \cdot \frac{1}{3600}$ gradi. Può puntare un capello a un migliaio di distanza stando fermo.

Un altro osservatore è Gamma Ray Observatory che lavora con i raggi gamma e, quando funzionava, ha permesso studi sull'espansione dell'universo, le pulsar, i buchi neri e altri fenomeni astrofisici altamente energetici.

In orbita sono in una condizione di microgravità ovvero c'è un equilibrio fra la forza peso attrattiva e quella centrifuga. È un ambiente che presenta diversi problemi specialmente per i liquidi, inoltre il corpo umano è abituato alla gravità. D'altra parte però mi permette per esempio di rendere una lega più omogenea, infatti, producendo una lega sulla terra, l'elemento più pesante si stabilizza sul fondo

In orbita sono presenti i satelliti GPS per il rilevamento della posizione, sviluppati dal ministero della Difesa USA poi liberalizzati. Analogo ma russo è il GLONASS.

Presto ci sarà GALILEO - Alcuni dei satelliti della costellazione sono già in orbita e sono stati preceduti da prototipi, 4 sono già operativi. I prototipi lanciati servono a testare le varie funzioni e costituiscono l'"in-orbit validation". Poi una volta che la costellazione è al completo ho "full operational capability". I satelliti pesano ~ 700 kg e hanno una produzione quasi seriale. Funzionano a 2.5kW. Si distribuiranno su 3 piani orbitali inclinati a 56° sull'equatore, circa 10 satelliti per piano di cui 9 in funzione e uno in stand-by.

I GPS sono 24+3 disposti su 6 piani e ce ne sono alcuni morti. Quelli per la navigazione aerea sono circa 5: 4 (x, y, z, t) e riserva.

4. Science and Exploration

V' sono satelliti con solo compiti scientifici ed esplorativi come per esempio Rosetta. Partita nel 2004 è arrivata alla cometa nel 2014, si mette in orbita attorno alla cometa e rilascia un lander che però si schianta all'atterraggio - Per preservare il satellite durante il viaggio, è stato ibernato.

Questo tipo di missioni richiedono stazioni di terra molto particolari ce ne sono soltanto 3 NASA, 3 ESA, 1 JAP, 3 ROS.

Space Missions

Quando andare nello spazio è rischioso, costoso, ma da risultati solo dopo molto tempo ma ha anche dei pregi. Infatti andare nello spazio può essere necessario per i tipi di missioni già detti.

	Science	Public services	Commercial	Military	Human
Funding	Public	Highly public (tends to private)	Private	Public	Public (tends to private)
Features	Single mission, High technological challenge	Prototypes and series product, Innovation from the application standpoint	Series products, reuse of previously developed bus	High performance payloads	Crew safety is the main technological challenge
Objectives	Scientific	Public service to society	Commercial (with strategic implication)	Strategic	Scientific (with strategic implication), tourism
Example	Planetology, astronomy, physics, technology demonstration	Meteorology, navigation	Telecommunication, launchers	Earth observation, space warfare	Space stations, space transportation

Space Payload and Space Bus

Il Payload è il più importante sottosistema del satellite ovvero quello per cui si è deciso di fare la missione. Le sue caratteristiche ed i suoi requisiti influenzano fortemente l'architettura dell'intero satellite.

Un Payload può avere diverse caratteristiche e bisogni: dimensioni, campo di vista, orbita, capacità di elaborazione dati, accuratezza di puntamento, stoccaggio dati, requisiti termici, delicatezza, ecc.

È possibile suddividere i diversi tipi di Payload in categorie:

- ▶ Comunicazione;
- ▶ Applicativi;
- ▶ Scientifici;
- ▶ Speciali -

Communication Payload

Un sistema di comunicazione satellitare è tipicamente composto da un satellite e una o due stazioni di terra.

Sarà opportuno progettare il satellite in modo che possa trasmettere, alla distanza massima, tanti bit/sec quanto è l'errore, anche nelle condizioni atmosferiche peggiori. Per farlo si gioca su dimensioni e tipo di trasmettitori, antenna, tipo di modulazione.

Civilian and Military Applications Payload

Possono avere diversi campi applicativi: Earth-looking, Remote sensing, Navigation, Search and rescue, Solar power prod.

Possono essere in GEO, LEO o sun-sincrono.

I Satelliti Scientifici sono dedicati allo studio di fenomeni sulla terra o nel sistema solare o per missioni extra-sistematiche. Le loro caratteristiche sono molto diversificate.

I satelliti Remote Sensing devono interagire con qualunque fonte elettromagnetica. Dovranno quindi essere in grado di captare le onde EM provenienti dal sole e riflesse dai corpi.

► Infrared detectors

Sono simili a quelli nel visibile ma analizzano il calore. Per poter rilevare ΔT minimi a elevate distanze i detector devono essere molto freddi \Rightarrow Unità di Raffreddam. Possono operare sia di giorno che di notte. Per bersagli a terra il sistema funziona solo in determinate fasce di frequenze, ma è scarsamente influenzato dalle condizioni atmosferiche.

► Radio detectors

L'astronomia sfrutta questi sensori per studiare le emissioni radio delle stelle distanti o delle pulsar. Possono anche essere impostati per rilevare raggi X e γ delle supernove o dei buchi neri.

Possono anche funzionare con Microonde con risoluzione peggiore ma dando la possibilità di studiare terre emani. Questi richiedono però una calibrazione molto precisa.

► Meccanismi di Scansione

Sono molto diversi f.cati e vanno notevolmente in complessità. Le informazioni raccolte dipendono dal Field of View del sensore. Per mettere a fuoco si variano le distanze delle lenti con una velocità cavallettica detta Scan Rate.

► Risoluzione

Si usano i concetti di Beamwidth o Angolo di Risoluzione θ che dipende dalla lunghezza d'onda e dal diametro della lente. La risoluzione sarà quindi il prodotto del beamwidth e della distanza tra sensore e oggetto.

$$\theta = \frac{1,22 \cdot \lambda}{D}$$

$$res = \theta \cdot R$$

Sensori Attivi

Il sensore stesso fornisce l'energia EM. Posso quindi usare per vedere attraverso le nuvole o quando l'energia emessa dai corpi è troppo bassa per essere rilevata.

Il più comune è il RADAR.

Electrical Power

Il satellite deve poter produrre, immagazzinare e distribuire l'energia elettrica. Per farlo sfrutta l'EPS convertendo una forma di energia (es. solare) in energia utilizzabile dallo spacecraft.

Environmental Control and Life Support

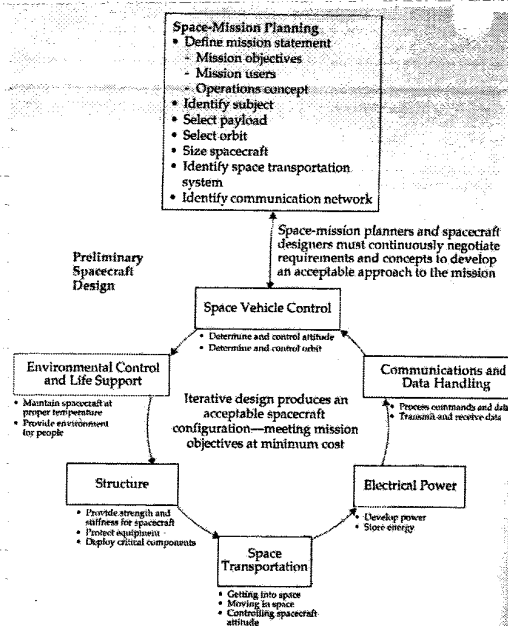
Devo poter raffreddare i sistemi e proteggerli dal calore. Se ho sistemi abitati l'ECLSS protegge dall'ambiente spaziale e fornisce un'atmosfera. Se non sono abitati le condizioni di Temperature, Pressioni ecc sono impostate con il TCS.

Struttura

Deve tenere tutto insieme anche nel caso di forti accelerazioni o decelerazioni e per tutta la durata della missione.

Space Transportation

Deve fornire la propulsione necessaria per portare il satellite in orbita e controllarne l'orbita e l'assetto. Per determinare il sistema è opportuno conoscere il numero di manovre che si devono compiere e la loro entità: in questo modo è possibile determinare la quantità di propellente necessaria.



relazione $\lambda = \frac{c}{f}$ $6,822 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

L'Energia irradiata sarà quindi $Q = h \cdot f$

Quindi maggiore è la frequenza, maggiore sarà l'energia irradiata.

Qualunque oggetto sopra lo 0K emette radiazioni con una frequenza dipendente dal materiale e dalla temperatura.

Radiazione del Corpo Nero

Il Corponero è un corpo che assorbe e emette tutta la radiazione incidente. Più il corpo è caldo minore sarà la λ emessa quindi maggior frequenza ed Energia. È possibile, nota la T del corpo nero, determinare la λ emessa

$$\lambda_m [\mu\text{m}] = \frac{2898 \text{ K}}{T(\text{K})} \quad \text{leggi di Wien}$$

e poi possibile stimare l'energia emessa con

$$E = \epsilon \sigma T^4 \quad \text{legge di Stefan-Boltzman}$$

Osservando lo Spettro di Emissione Solare la maggior parte delle onde sono nel visibile o vicino infrarosso con una piccola porzione ma significativa nei γ o X ray.

Ambiente Radioattivo o Radiativo

Gli effetti sullo spacecraft dipendono dalla λ della radiaz. Può essere buono \Rightarrow Radiazione nel visibile che produce energia con le celle solari. Può essere cattivo e portare a problemi.

Posso quindi avere effetti di Riscaldamento delle superfici (che devono essere controllate), Degrado o Danneggiamento dei componenti elettronici; Pressione Solare (vele solari " , vela assetto "), Disturbi Radio.

Particelle Cariche

Sono Protoni ed Elettroni provenienti da: Eventi Solari (che emettono P^+), Raggi Cosmici Galattici (nuclei energetici di protoni provenienti da nove o supernove extra-sistema solare), Radiazioni delle Fasce di Van Allen

Vacuum

Il "vuoto siderale" è caratterizzato da una densità $\sim 10^{-5}$ quella al sea level. Non è vuoto per definizione.

Posso dare problemi per Outgassing, Cold Welding (saldatura fredda) e Heat Transfer.

Le cavità che si formano in colata contengono aria che nel vuoto vogliono uscire \Rightarrow Outgassing. Posso dare molti problemi ma posso fare test pre-lancio.

Le parti che in atmosfera sono molto vicine ma separate da un po' d'aria, nel vuoto vengono a contatto e si "saldano", Cold welding. Per risolvere lubrifico.

Infine gli scambi per conduzione e convezione sono limitati perché non vi è il mezzo per farlo \Rightarrow prevale l'irraggiamento.

Effetti della Gravità

In microgravità posso effettuare mix migliori ma ho problemi nel maneggiare i fluidi.

Il problema più grave è il fattore psicologico.

Microasteroidi e Detriti Spaziali

Possono avere origine naturale o origine artificiale.

Sono monitorati dal NORAD.

Sono piccoli ma molto veloci.

Per evitare questo è possibile

- "Passivare" gli stadi sganciati e i combustibili residui;
- Portare i satelliti morti in orbite di fine vita.
- Rientri controllati
- Missioni di raccolta dei detriti.

requisiti di poche perdite, alte efficienze e bassi costi. A seconda delle durate richieste si possono adottare diverse soluzioni più o meno complesse e costose.

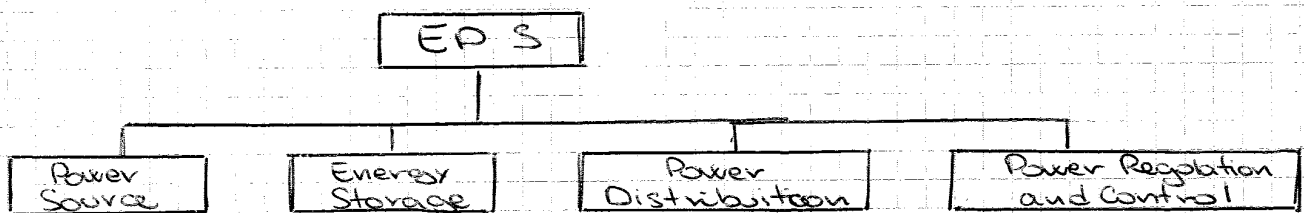
Power System Functions

Come già detto ha il compito di generare, immagazzinare ed distribuire in modo opportuno l'energia elettrica tenendo conto delle differenti richieste dei sottosistemi. Per far questo può essere affiancato da un generatore dedicato per particolari utenze.

Una failure in questo sistema non è tollerata. Deve essere isolato dagli altri sistemi in modo da non essere intaccato o danneggiarli in una failure.

Al funzionamento nominale il sistema dovrà accettare i comandi e fornire le telemetrie dei dati.

EPS Architecture



Tipicamente è un sistema distribuito dove l'energia viene prodotta in un punto e poi smistata tra i vari utilizzatori. L'Architettura varia da progetto a progetto.


Le diverse funzioni sono tipicamente suddivise in tre sottosistemi principali:

- Generazione, stoccaggio e distribuzione;
- Distribuzione al delagho ai diversi utilizzatori in modo opportuno;
- Controllo Termico, messa a terra, controlli e comandi, interfacce.

Il Progetto dell'EPS si può suddividere in quattro fasi:

- 1) Definizione dei requisiti;
- 2) Selezione e dimensionamento della fonte di energia;
- 3) Selezione e dimensionamento dello Stoccaggio;
- 4) Modi di regolazione.

La Temperatura, essendo le celle di semiconduttori, influenza le prestazioni in due modi: diminuisce il voltaggio e aumenta la corrente. - L'aumento di corrente è però il 10% della diminuzione di tensione quindi complessivamente, all'aumentare della T la P della cella \downarrow .
 Infine durante le Eclissi, la cella solare non produce corrente. Si può stimare il tempo di eclissi come

$$TE = \frac{2e}{360^\circ} P \quad \text{con } \rho = \arcsin\left(\frac{R_e}{R_e + R}\right)$$


L'Architettura del solar Array è costituita da un tot di celle solari collegate in serie in modo tale da fornire i requisiti di corrente e tensione.

Le Celle Solari sono dispositivi che convertono l'energia solare in elettricità per effetto fotoelettrico. Ne sono di diversi tipi per costi ed efficienze.

Vi sono celle basate sull'ossido di silicio SiO_2 il quale può essere Monocristallino ($\eta \sim 12-14\%$) Policristallino ($\eta \sim 10-12\%$) o Amorfo ($\eta \sim 7-9\%$).

Possono essere costruiti da materiali semiconduttori drogati depositati su un supporto di vetro, polimero o Al, si risparmia materiale, sono semplici da fare e più omogenei ma hanno basse efficienze (CIS, CIGS, CdTe).

Celle Gallio-Arsenico con alte efficienze ma alti costi possono arrivare a $\eta \sim 28\%$, possono essere a giunzione singola o tripla.

Solar Concentrators

Vengono adottati per poter sfruttare le celle solari anche a grandi distanze avendo particolari forme che raccolgono e concentrano i raggi solari aumentando l'area di "raccolta" rispetto a quella della cella.

Con questa soluzione si possono usare celle al silicio fino a 1.5μ .
 Posso anche usare questa tecnica con le Ga-As che sono più piccole e funzionano meglio alle temperature maggiori.
 Ma allora $R_0 + \text{calore e raggi + concentrati} \rightarrow \infty$

Posso avere Celle Primarie dove la reazione è irreversibile in quanto l'energia chimica può essere convertita in energia elettrica solo una volta. In una Batteria Secondaria invece la reazione è reversibile e facendo fluire al contrario gli e^- si ristabilisce la differenza di potenziale agli elettrodi come energia chimica.

I Requisiti di una cella sono:

- Fornire l'energia richiesta all'opportuno voltaggio e per il determinato periodo di tempo.
- Minimizzare dimensioni e costi
- Resistente alle vibrazioni, dissipare calore mantenendo una temperatura uniforme, minimizzare le cadute di tensione, essere equipaggiate con sensori di monitoraggio e avere connettori per le interfacce.

Il Voltaggio della batteria è determinato dal numero e tipo di celle connesse in parallelo. È il voltaggio della singola cella dipende dalla d.d.p. tra anodo e catodo. È possibile valutare il voltaggio a circuito aperto ovvero all'equilibrio delle reazioni di Anodo e Catodo con l'elettrolita.

Inoltre il voltaggio durante la carica/scarica è influenzato da diversi fattori, in particolare durante la carica gli e^- sono forzati a tornare nelle condizioni iniziali e se non vi è un meccanismo di controllo si possono eccedere i limiti di sicurezza.

"Più è grande la capacità della cella, a meno di un % DOD, più si avrà esaurimento dei materiali attivi, minore sarà il voltaggio e più reale una possibile failure."

La Capacità di esaurimento al numero di ore di corrente richiesta dal carico, durante la scarica. Tipicamente il range di corrente varia molto durante la missione.

Per determinare l'Energia Specifica si moltiplica quindi il voltaggio per una media di $A \cdot h / kg$.

La Capacità dipende da Temperatura, Rate di Carica / 113

Energia Nucleare

Può essere generata con Fonti Statiche che convertono direttamente l'energia Termica in Elettrica, o Fonti Dinamiche convertono energia Termica in elettrica per mezzo di un ciclo Termodinamico.

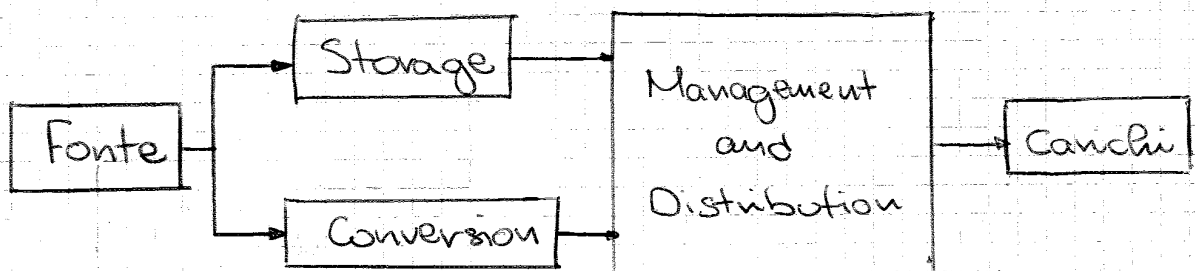
Power Distribution

Consiste di tre passi:

- ▶ Determinare il profilo dei carichi
tutti i carichi, se sono AC/DC, i transienti, l'isolamento delle possibili Failure.
- ▶ Scegliere un Controllo Centralizzato o Decentralizzato
Valutare i requisiti individuali di ciascun carico e la messa a terra di tutto il sistema.
- ▶ Determinare il sistema di protezione dalle Failure
Individuare le Failure possibili, isolarle e ripararle.

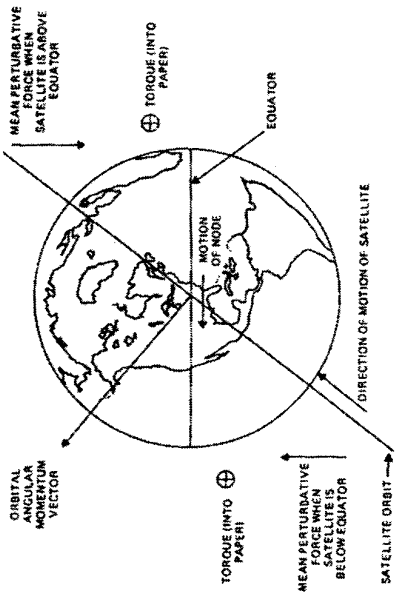
Power Regulation and Control

- ▶ Determinare la Fonte di Energia
In funzione di carichi, cicli e modi operativi speciali.
- ▶ Progettare il sotto-sistema di controllo
Tenendo conto della fonte di energia, della carica delle batterie e del surriscaldamento dello spacecraft.
- ▶ Sviluppare il sottosist. di controllo della tensione del bus
Tenendo conto dei diversi carichi richiesti, la differenza di voltaggio in carica/scarica, il sistema di ricarica, i cicli di vita e la messa a terra di tutto il sistema.





Atmospherical mass distribution



S. Corpiño - SISTEMI SPAZIALI

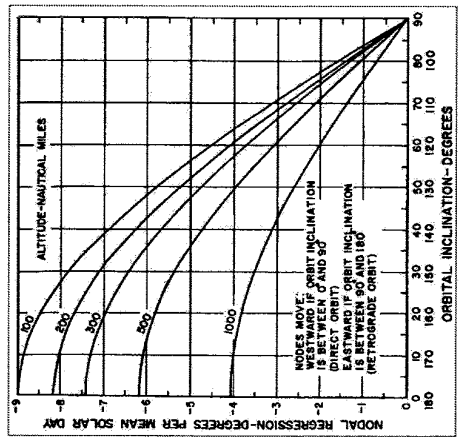
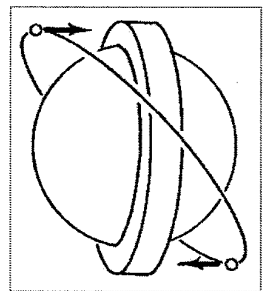
61



Atmospherical mass distribution

The nodal regression rate is shown in the figure below (left-handed side).

Note that for low altitude orbits of low inclination the rate approaches 9° per day. You should be able to look at the right-handed side figure below and see why the nodal regression is greater for orbits whose inclination is near 0° or 180° and goes to zero for polar orbits.

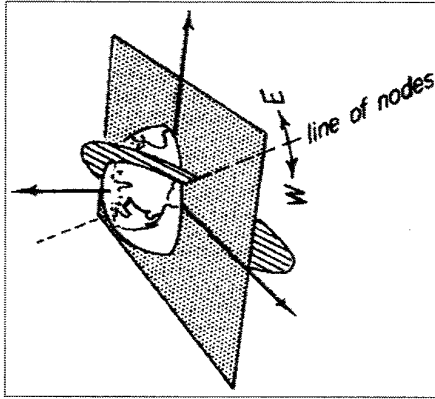


S. Corpiño - SISTEMI SPAZIALI

63



Atmospherical mass distribution



S. Corpiño - SISTEMI SPAZIALI

62

e, essendo più alta, è più costosa, solitamente vi sono i satelliti di comunicazione o meteo. I satelliti "store and forward" sono molto usati per scopi scientifici o di remote sensing e costano poco. Tuttavia necessitano di buone memorie per immagazzinare i dati. I satelliti delle "Molniya" coprono bene solo un emisfero. I GEO crosslink spesso usati per TV. Con i LEO crosslink posso far rimbalzare in un solo percorso il segnale o mandare lo stesso segnale da più parti. Può essere utile per captare il segnale ma è molto complesso.

Posso poi classificare le architetture per Funzioni.

1 - Tracking, Telemetry and Command

Tracking per comunicare tra terra e spazio, Telemetry sono tutte le info "raccolte" che devo spedire e Command è la funzione di controllo sia da Terra che dallo spazio per controllare il sat.

2 - Data Connection

Raccolgo i dati e li mando direttamente o indirettamente, a una o più stazioni di terra. Tipico del Remote Sensing.

3 - Data Relay

Far rimbalzare il segnale da una sorgente a terra o nello spazio verso una o più destinazioni.

Vi sono poi diversi Fattori di Influenza nella scelta del tipo di architettura.

1) Orbita (non quota) l'insieme dei parametri che caratterizzano l'orbita (inclinazione, quota, ecc) a seconda dei quali ho differente copertura ovvero superficie raggiunta dal segnale nel tempo.

2) Frequenza la frequenza deve essere minore di 60 GHz altrimenti posso avere problemi dovuti all'atmosfera.

3) Data Rate Velocità di trasferimento dei dati.

4) Link Availability il tempo effettivo disponibile per comunicare rispetto al tempo totale teorico.

5) Link Access Time tempo di accesso al link ovvero quanto ci mette la comunicazione a partire, devo agganciare il segnale.

6) Threats minacce e ostacoli alla comunicazione: palazzi, alberi, ecc.

Infine i regolamenti stabiliscono delle norme per le comunicazioni e le varie frequenze.

TT&C functions (tracking telemetry and command)

Le funzioni primarie sono inviare la telemetria dal satellite alla terra e inviare nuovi comandi da terra al satellite. Ho quindi di Detection: ovvero processare il segnale e valutarne la bontà; Tracking: agganciare terra e satellite, la terra manda segnali continuamente nel punto dove dovrebbe trovarsi il satellite, quando il satellite riceve il segnale e lo rimanda a terra allora inizia la comunicazione. - Ranging: calcolo le distanze fra terra e satellite.

Vi sono poi altre funzioni come informare la stazione sul corretto funzionamento del satellite.

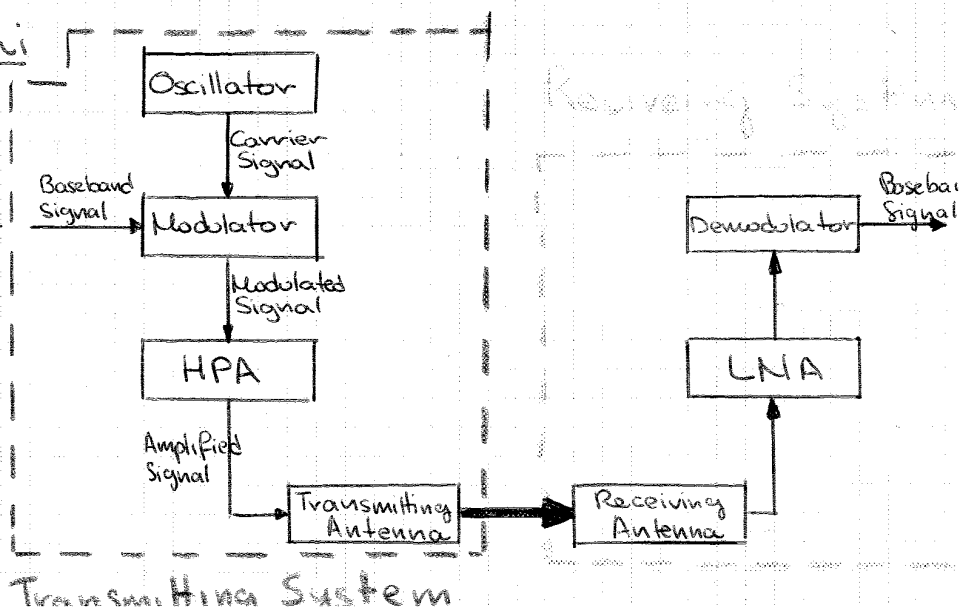
Vi sono poi due tipi di telemetrie: Outsipping monitoraggio riguardante i dati sullo stato del satellite (modalità operativa, temperatura, voltaggi, ecc.); Missione: i dati del Payload.

TT&C interfaces

Il sistema di comunicazione interagisce con altri sistemi. Elettrico la limitata potenza elettrica può limitare la trasmissione del segnale; Attitude Determination and Control (ADC) controllo di assetto che vincola il puntamento dell'antenna; Command and Data Handling: computer di bordo; Vincoli di Struttura: necessità di posizionare l'antenna in un determinato punto; Thermal Control System: necessità di dissipare il calore generato dalla potenza della trasmissione; Payload: quanti dati da spedire.

Schema a blocchi

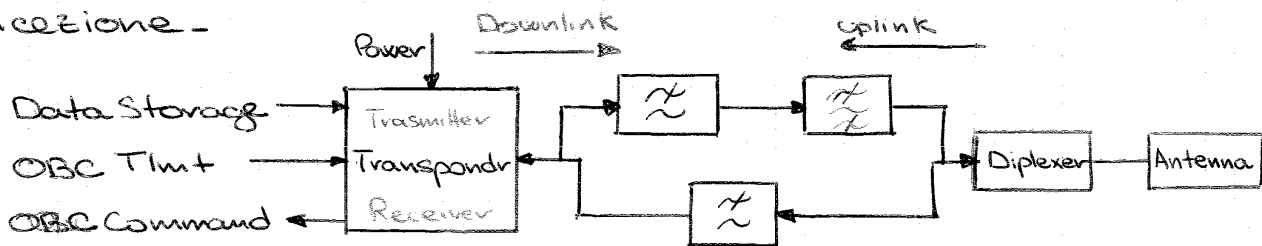
Al livello parte lo schema a blocchi è suddiviso in trasmissione e ricezione. Poi ho lo schema a blocchi al livello componenti. Il Modulatore prende l'informazione e la aggrappa al segnale.



se ho "1" \Rightarrow Frequenza portante \oplus Frequenza modulata mantiene
 "0" \Rightarrow Frequenza portante \ominus Frequenza modulata o modulatrice?
 con la modulazione 8FSK posso trasmettere 3 bit in contemporanea.

Transponder

È l'insieme di Ricevitore \oplus Trasmettitore e comprende HPA e LNA ed è provvisto di un filtro passa basso che taglia le armoniche superiori del segnale. Poi ho un filtro reject che taglia la frequenza indesiderata. Infine il Diplexer consente all'antenna di funzionare sia in trasmissione che in ricezione.



Quindi trasmettitore e ricevitore sono collegati insieme senza modifiche nella trasmissione. (È usato nel tracking).

L'HPA è schermato per evitare che i circuiti di impianto interferiscano con il segnale tramite le interferenze EM. Posso avere due architetture: TWT più pesante ma amplifica di più il segnale; Solid State più leggero ma amplifica di meno.

L'LNA deve amplificare il segnale al netto senza disturbi. Se il segnale è troppo debole può confondersi con il noise. Allora devo amplificare solo il segnale.

Antenna

Ha il compito di convertire il segnale da elettrico a elettromagnetico e viceversa \Rightarrow è un conduttore dove ho accelerazione delle cariche, l'accelerazione delle cariche fa emettere una radiazione.

Le Caratteristiche dell'Antenna sono: Diagramma di Radiazione, Guadagno, Polarizzazione e Beamwidth.

Diagramma di Radiazione la direzionalità del segnale che l'antenna può generare. Antenna Isotropica: antenna che può generare la stessa potenza in tutte le direzioni (non esiste)
Antenna Direttiva: concentrano il flusso di radiazione in una

Nel caso in cui si abbia guadagno basso allora si avrà poca direzionalità, un largo beamwidth e una copertura superiore. Link Budget Equations sono degli strumenti per valutare in fase preliminare o di definizione quali sono le potenze, pesi, prestazioni e geometrie del Communication System

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{\text{segnale}}{\text{rumore}} = \frac{\text{energia per trasmettere un bit}}{\text{disturbi che incidono sulla trasmissione del bit}}$$

All'interno del Ground System, Staff e Operatori interagiscono con gli elementi di missione e le strutture.

Centri di Controllo

Spacecraft Operations Control Center - SOCC

- ▶ Monitoraggio e controllo dei bus e dei sistemi dello S/C non il Payload.
- ▶ Analisi delle telemetrie e talvolta dei dati di missione degli strumenti dello S/C.
- ▶ Coordinare e controllare gli accessi del POCC: approvare i requisiti per comandare gli strumenti considerando i piani di missione e il bene collettivo dello spacecraft.

Nel caso in cui lo spacecraft necessiti di diversi controlli e continue osservazioni, si possono adottare più SOCC. Anche per avere un backup di sicurezza.

Il SOCC è costituito da Persone e Equipaggiamenti (tipicamente computer automatici sui quali è sempre possibile l'intervento umano).

Payload Operations Control Center - POCC

- ▶ Analizzare dati di missione e telemetrie del Payload ed eventuali problemi di comando del sistema
- ▶ I comandi devono essere approvati dal centro di controllo di missione.

Si adottano computer e personale e talvolta possono essere previsti più POCC anche per ridondanza.

Talvolta si ha la necessità di porre il POCC vicino al costruttore o all'utente che richiede i dati.

Mission Control Center - MCC

- ▶ Pianifica l'intera missione spaziale configurando e classificando le risorse sia per il segmento spaziale che per quello a terra.
- ▶ Elabora le informazioni richieste dal ground segment e dagli utenti: puntamento, tempo in vista, orbita.
- ▶ Posizione può essere varia in funz. della sicurezza, politica e altri parametri. Può o meno essere vicino a SOCC e POCC.