AEROSPACE DYNAMIC SYSTEMS ANALISYS:

lezioni e esercitazioni

A cura di Sara e Selene

Prof: Giampietro DI RITO

master COPY

AEROSPACE DYNAMIC SYSTEMS ANALISYS

INTRODUZIONE AL FEEDBACK CONTROL (LEZIONE 1)

La Dynamic Systems Analisys (DSA) è una condizione necessaria per affrontare il controllo delle macchine. Le macchine da noi utilizzati devono svolgere la loro funzione per un certo intervallo di tempo e di conseguenza noi siamo interessati alla "salute" della macchina cioè dobbiamo fare operazioni di monitoring.
L'obiettivo è quello di risolvere il problema del controllo della dinamica della macchina tramite un problema matematico chiuso.

master COPY

Cos'è il FEEDBACK: Il termine feedback è usato per indicare una situazione in cui il **collegamento tra sistemi dinamici è tale che gli output di ciascun sistema influenzino gli input degli altri sistemi**, in modo che la loro dinamica sia fortemente accoppiata (sistema a circuito chiuso).
Quando ci sono feedback il ragionamento causa-effetto per interpretare il comportamento dei sistemi è difficile poiché viene generato un algoritmo circolare, inoltre spesso il comportamento di un sistema feedback è contro-intuitivo quindi è necessario utilizzare metodi formali per capirlo.

Cos'è il CONTROLLO: Il termine controllo è molto generico e può assumere vari significati, noi lo definiamo come **l'uso di algoritmi e feedback per lo studio di un sistema ingegneristico.**

SISTEMA DI CONTROLLO DEL FEEDBACK: COMPITI, DEFINIZIONI ED ELEMENTI PRINCIPALI

I sistemi di controllo del feedback hanno i seguenti compiti principali che devono essere svolti ciclicamente:

- rilevare il comportamento del sistema (SENSING)
- definire e calcolare le azioni necessarie per far sì che il sistema si comporti come desiderato (ELABORATING)
- attuare le azioni necessarie affinchè il sistema si comporti come desiderato (ATTUATING)

Il circuito di base delle capacità di rilevamento-elaborazione-attuazione è il concetto centrale nel controllo automatico del feedback.
I principali problemi nella progettazione di dei controlli sono garantire che la dinamica dei sistemi a circuito chiuso sia:

master COPY

- STABILE (cioè la capacità di una macchina o di un fenomeno dinamico di reagire a un'azione (bounded=limitato outuputs e/o states) con variazioni limitate)
- CAPACE DI FORNIRE LE PRESTAZIONI DINAMICHE DESIDERATE (es. risposta rapida e precisa ai comandi, rigetto soddisfacente dei disturbi, dcc)

Queste proprietà possono essere stabilite utilizzando una varietà di tecniche, tutte volte a

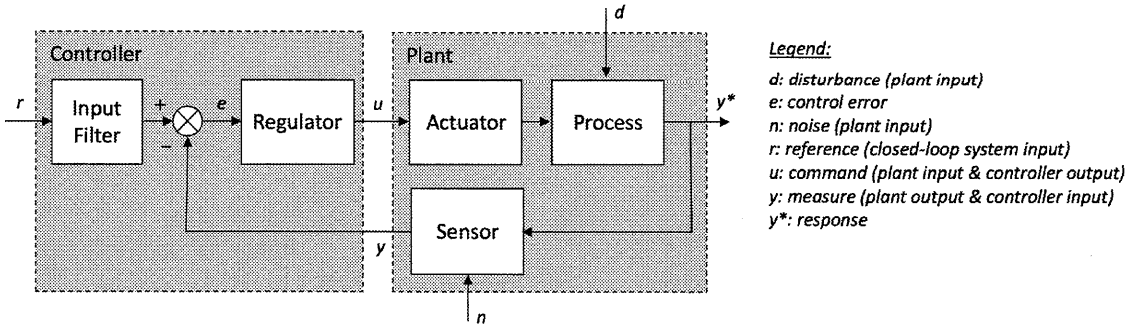
- modellare e analizzare la fisica essenziale del sistema
- progettare un controllore adatto
- caratterizzare il comportamento del sistema in presenza di incertezze, disturbi o guasti

State e output differenza:

- OUTPUT → è misurabile, cioè è un segnale generato da un sensore.
- STATE → é una variabile dinamica all'interno del sistema che varia con il tempo.

Definizioni:
Impianto: macchina/macchina/dispositivo che svolge una funzione da controllare.
Attuatore: sottosistema dell'impianto che converte il comando dell'impianto in un'azione che influisce sulla risposta dell'impianto.
Sensore: sottosistema dell'impianto che converte la risposta dell'impianto in una quantità misurabile
Risposta dell'impianto (y*): quantità o condizione che si intende controllare.
Produzione dell'impianto (y): quantità o condizione che viene misurata e controllata.
Comando impianto (u): quantità che viene variata dal controllore per influenzare la risposta dell'impianto.
Segnale di riferimento (r): quantità che definisce il comportamento desiderato della risposta dell'impianto.
Segnale di disturbo (d): quantità che tende a deviare la risposta dell'impianto da un comportamento nominale.
Rumore (n): quantità che tende a deviare la risposta del sensore da un comportamento nominale.

DIAGRAMMA A BLOCCHI DI UN SISTEMA DI CONTROLLO A FEEDBACK



Dallo schema a blocchi si osserva che ogni sistema può avere due tipi di input: un comando (DETERMINISTIC INPUT) e un disturbo, l'impianto restituisce un output grazie alla presenza di sensori che lo misurano.

I PROBLEMI DI PROGETTAZIONE DEL SISTEMA DI CONTROLLO

Esistono due classici problemi di controllo:
- il **problema di regolazione**, incentrato sulla capacità del sistema a circuito chiuso di respingere i disturbi
- il **problema di tracciamento**, incentrato sulla capacità del sistema a circuito chiuso di attenersi al comportamento desiderato.

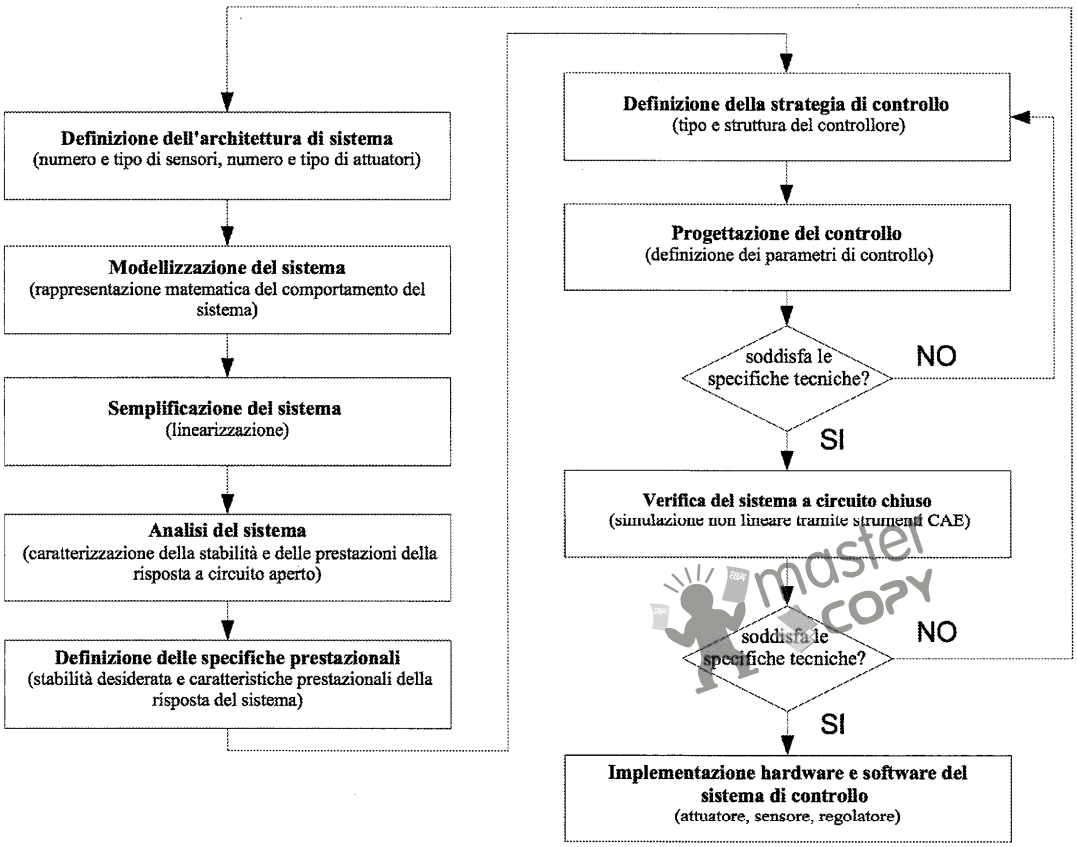
Osservazione: In entrambi i casi, vogliamo che l'errore di controllo (e) sia piccolo.
Il ruolo degli ingegneri di controllo comporta non solo la progettazione di algoritmi per impianti predefiniti, ma anche la scelta e la configurazione delle soluzioni hardware.

Il progetto di controllo deve tenere conto anche di aspetti pratici come:

- incertezze dell'impianto
- limiti del modello di sistema
- disturbi del sensore
- saturazioni di comando
- effetto di guasti/malfunzionamenti

La nostra rappresentazione deve sempre tenere conto del fatto che: ci sono incertezze sui parametri dell'impianto, che il sensore è "sporco" cioè ci sono problemi non deterministici che non sono evitabili, che le macchine da noi analizzate lavorano in condizioni estreme e infine la possibilità che si verifichino eventuali avarie e i loro effetti.

ESEMPIO DI WORK-FLOW

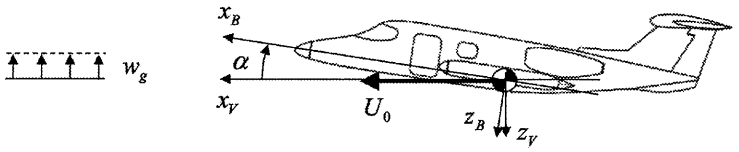


Si parte dalla definizione dell'architettura del sistema, che definisce le funzioni del sistema cioè è necessario definire cosa si vuole misurare per poter correttamente inserire i sensori necessari all'interno del sistema. Successivamente si passa al secondo step il quale consiste nella modellizzazione matematica tramite equazioni, cioè si caratterizza il sistema utilizzando il tempo e da ciò si arriva alla scelta del modello da utilizzare. Tuttavia le equazioni del sistema sono spesso molto complicate specialmente se il sistema è **Tempo variante (Time Variant):** cioè se al variare dell'istante temporale varia la risposta del sistema ad esempio se l'input viene spostato nel tempo allora l'output è diverso. Altrimenti il sistema può essere **Tempo invariante (Time Invariant):** in questo caso cambiando l'istante temporale non cambia la risposta del sistema. Quindi quando un sistema è tempo variante è necessario fare delle semplificazioni cioè linearizzare le equazioni. In entrambi casi il sistema è complesso nelle equazioni e quindi si devono utilizzare modelli semplificativi che ci danno una soluzione in forma chiusa, ma questi esistono solo per sistemi tempo invarianti lineari, ecco perchè la linearizzazione è necessaria, in alternativa si può attuare una semplificazione diversa andando a trascurare la variazione dovuta al tempo e considerando quindi il sistema tempo invariante. Dopo questa fase si passa alla definizione delle performance e infine al controllo, anche il controllo è sottoposto a limitazioni e incertezze dovute al modello per questo si utilizzano le simulazioni ad esempio su mathlab.

master copy

UN ESEMPIO SEMPLIFICATO DI SISTEMA DI CONTROLLO DEL FEEDBACK: CONTROLLO DELL'ANGOLO DI ATTACCO DELL'AEROMOBILE

Si consideri un modello semplificato della dinamica longitudinale perturbativa di un aeromobile in volo livellato, in cui si considera solo la rotazione del veicolo intorno al suo baricentro (modello a 1 grado di libertà). Descriviamo il sistema quando si incontra una raffica di vento.



α : angle-of-attack
δ_e : elevator deflection
U_0 : aircraft speed (free air)
w_g : vertical gust speed

Se focalizziamo l'attenzione sul comportamento quasi-statico del velivolo, l'equazione della quantità di moto è data da:

$$M_\alpha(\alpha-\alpha_g)+M_{\dot{\alpha}}\dot{\alpha}+M_{\delta_e}\delta_e=0$$

Dove $\alpha_g \approx \frac{w_g}{U_0}$

