

# Capitolo 2

## Controllo Cooperativo

In questi ultimi anni ha ricoperto un grande interesse lo studio di controllori autonomi intelligenti per gli Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), cioè velivoli senza equipaggio umano. Questo è un problema molto intrigante perché in futuro gli UAVs potranno completare autonomamente una gran varietà di missioni complesse e raggiungere prestazioni confrontabili con quelle dei velivoli con equipaggio umano. Inoltre sono particolarmente adatti in tutte quelle missioni considerate pericolose per i piloti. Un tipico esempio sono le missioni SEAD ( Suppression of Enemy Air Defense ) in cui l'obiettivo è quello di volare in territorio nemico per distruggere le loro basi di difesa aerea, come postazioni radar o missilistiche; missione di importanza critica

perché solo dopo questa si può iniziare l' attacco. Per aumentare le possibilità di successo della missione, in generale verranno utilizzati più UAVs, in modo che qualora qualcuno venga "perso" durante la missione i rimanenti possano comunque completarla.

Le formazioni UVAs saranno utilizzate, quindi, per compiere operazioni autonome fault-tolerant e collision-free e ottenere la risoluzione di tali conflitti. Per raggiungere questi obiettivi con il minore intervento umano e alla presenza di disturbi esterni, e differenti minacce, quali guasti critici di volo e danni da battaglia, vi è un crescente interesse nello sviluppo di efficienti sistemi di controllo, chiamati Autonomos Intelligent Flight Controlle Systems (AIFCS).

Nasce, dunque, il problema del controllo cooperativo, che rappresenta la chiave per utilizzare al meglio le capacità di un team UAVs. E' chiaro, infatti, che un team UAVs con un efficiente strategia di coordinazione consente delle performance migliori e un migliore utilizzo delle risorse. La coordinazione di più UAVs rappresenta un importante sfida tecnica e teorica. Attualmente, i livelli di coordinazione richiesti per realizzare le missioni UAVs non sono stati dimostrati in simulazione, in laboratorio, o sul campo; infatti, le capacità tecnologiche richieste non esistono. In passato, le limitazioni hardware nei sensori, nel calcolo, e nelle comunicazioni hanno rappresentato il maggiore ostacolo in questa area. Con il rapido progresso tecnologico il problema è diventato quello della mancanza di metodi per definire strategie di coordinazione per sistemi di più velivoli e di strutture teoriche per l'analisi.

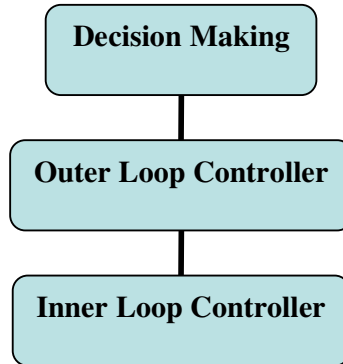
## 2.1 Problemi nella realizzazione di un AIFCS

Analizzeremo, ora, le funzionalità desiderate per un AIFCS e i problemi legati alla progettazione e alla implementazione di tali sistemi.

Una possibile definizione per tali controllori può essere la seguente: Un controllore intelligente autonomo è l'esecuzione di un data strategia di controllo senza l'intervento umano, e la capacità di adattarsi autonomamente, rapidamente ed efficacemente ad un nuovo insieme di condizioni, riuscendo a raggiungere i propri obiettivi in presenza di eventi incerti che si possono presentare in un ambiente che cambia dinamicamente.

### 2.1.1 Sistema di Controllo per il Volo Autonomo

Una possibile schematizzazione di un sistema di controllo autonomo per gli UAVs che evidenzia le funzionalità desiderate è mostrato in Figura 1.



**Figura 1: Schematizzazione di un AIFCS**

Al livello più basso viene utilizzato un controllore interno (*inner-loop controller*). Il ruolo di tale controllore è di assicurare una veloce stabilizzazione di tutto il sistema in presenza di danni da battaglia, ingressi di controllo e vincoli sul velivolo, e migliorare l'accuratezza del modello del velivolo. Il controllore consiste inoltre di più sotto sistemi interconnessi on-line che includono il sotto-sistema di Identificazione e Individuazione dei Guasti (*FDI - Failure Detection and Identification*), il sotto-sistema di Riconfigurazione (*ARC - Adaptive Reconfigurable Control*), il sottosistema per il controllo delle allocazioni di task. Questo controllore interpreta ed esegue le informazioni generate dal *outer-loop controller*. Il ruolo di tale controllore, che viene anche chiamato *trajectory management system*, è di reagire a eventi inaspettati riconfigurando il percorso e le traiettorie in modo da evitare i pop-up o inseguire opportuni obiettivi.

Basandosi su situazioni conosciute a priori e su altre informazioni, ad esempio derivanti da sensori, il *decision making* deve riuscire a prendere, in breve tempo, decisioni che includono:

- Seguire o meno opportuni obiettivi
- Continuare, riconfigurare o abortire la missione
- Prendere decisioni basandosi sulla possibilità di fallimento di qualche sottosistema o di danni da battaglia

### **2.1.1.1 Autonomous Decision Making**

Uno dei maggiori problemi nella realizzazione di sistemi di controllo autonomi per gli UAVs è quello di concepire adatti meccanismi decisionali e i relativi algoritmi. Ad esempio, nel caso di fallimenti di sottosistemi il sistema di controllo dovrà confrontare il nuovo stato del sistema con quello necessario per portare a termine la missione originale e decidere se continuare, riconfigurare o abortire la missione.

## 2.1.1.2 Autonomous Path Planning

Un altro importante problema è quello di realizzare degli algoritmi efficienti per la generazione on-line e l'esecuzione di percorsi che permettono al velivolo di andare verso una posizione desiderata e di compiere un dato task, anche mentre cercano di evitare gli ostacoli. Il sistema di controllo dovrà generare e eseguire la pianificazione dei percorsi in tempo reale ed in un ambiente complesso che cambia dinamicamente. Esistono numerose tecniche per la generazione di percorsi, tra le quali possiamo individuare i diagrammi di Voronoi e il metodo di Dijkstra. Tutte queste tecniche si differenziano nella mole di calcolo necessaria alla loro esecuzione e nella capacità di ottenere soluzioni in breve tempo, anche in presenza di un ambiente variabile.

## 2.1.1.3 Autonomous Trajectory Generation (ATG)

Dati differenti waypoint (punti che individuano un percorso) lungo un percorso desiderato, l'obiettivo del ATG è di ottenere una traiettoria fattibile, ossia realizzabile fisicamente, attraverso i waypoint che tenga conto della dinamica del velivolo e dei vincoli imposti dall'ambiente stesso. Molte traiettorie possono essere

calcolate off-line e memorizzate; comunque in presenza di pop-up, di fallimenti di componenti o di danni da battaglia le traiettorie devono essere riconfigurate on-line in modo da adattarsi alle nuove condizioni del velivolo e dell'ambiente.

## 2.1.1.4 AIFCS per un Team UAVs

Nel contesto di una missione che richiede l'utilizzo di un team di velivoli, un controllore dovrà includere:

- Un sottosistema per la generazione di percorsi; il cui ruolo è di generare percorsi fattibili per l'intera formazione
- Un sottosistema per la generazione di traiettorie che generi le traiettorie desiderate che tutti i velivoli dovranno seguire
- Un sottosistema per il controllo della formazione di volo che inizializza e mantiene la formazione durante tutta la missione
- Un sottosistema decisionale che si occupa dell'allocazione di task ai velivoli del team in modo da ottimizzare le performance del singolo velivolo e dell'intera formazione