



UNIVERSITÀ DI PISA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA IN  
INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI

Tesi di Laurea

Procedura di Qualifica per Sistemi Radar

Relatori:

Prof. Ing. Enzo DALLE MESE

Prof. Ing. Fabrizio BERIZZI

TV (AN) Nicola BERARDI

Ing. Amerigo CAPRIA

Candidato:

STV (AN) Maurizio CORSI

ANNO ACCADEMICO 2007-2008

---

# Introduzione

---

Uno dei problemi che deve fronteggiare il committente di un prodotto, in fase di accettazione, è la possibilità di verificare, con propri strumenti, il rispetto delle specifiche richieste.

In particolare verrà proposta una procedura atta a valutare le prestazioni di un generico Sistema Radar installato su una Unità Navale, soprattutto per quanto riguarda la funzione di inseguimento, in termini di accuratezza della posizione del bersaglio. In genere, per poter fornire una valutazione di una particolare caratteristica, questa viene confrontata con un dato di riferimento e viene espresso un giudizio su di essa, in base a quanto si discosta da quest'ultimo. A tal scopo sono stati scelti dati GPS (dati provenienti dal ricevitore del Global Positioning System, installato a bordo di un velivolo o mezzo generico, che riportano la sua posizione espressa in latitudine, longitudine e quota), corretti in modo differenziale off-line (l'accuratezza con questo metodo è affinata utilizzando i dati GPS di un punto le cui coordinate sono note con elevata precisione e relative allo stesso periodo di osservazione). La scelta di considerare come riferimento i dati forniti dagli apparati GPS installati è considerata, in letteratura, quella più opportuna poiché l'accuratezza del dato fornito da questo sistema è dell'ordine del metro; considerato anche che i GPS utilizzati sono di tipo militare, garantiscono, di conseguenza, il PPS (Precision Positioning Service), poiché sfruttano tecniche di calcolo più accurate.

---

Per poter raggiungere lo scopo preposto, è stato necessario individuare alcuni modelli e routine, per simulare i dati con i quali sviluppare la procedura. Questo per effettuare un confronto con i dati reali e aver un più elevato numero di elementi con i quali poter testare il lavoro svolto.

Durante le campagne di misura per l'accettazione del Sistema in esame, vengono effettuate diverse prove in mare, con l'ausilio di mezzi aerei (bersagli) cooperanti che assicurano rotte, velocità e quote studiate ad hoc precedentemente, per poter registrare dati utili alla prova. Di norma, durante queste prove i bersagli compiono rotte lineari, mantenendo delle velocità costanti. È per questo motivo che la prima routine implementata è la "*Continuous White noise Acceleration - CWNA*". Modellando l'accelerazione come un rumore bianco a media nulla, tramite integrazione successive, si risale alla variazione della velocità (quasi costante) e della posizione del bersaglio nel tempo. In una seconda fase, si aggiunge a questo dato (che rappresenta al momento della simulazione il dato GPS di riferimento) un rumore generato tramite un "*multi variate gaussian model*", così da ottenere un altro dato, che in sede di simulazione rappresenterà il dato radar da valutare.

Oltre a questa routine, è stato implementato anche un modello cinematico che simula bersagli caratterizzati da un'elevata manovrabilità. Si tratta del "*Continuous Wiener Process Acceleration model - CWPA*". Concettualmente molto vicina alla routine precedente, partendo dall'ipotesi di moto uniformemente accelerato, si modella, con rumore bianco a media nulla, il "*jerk*" che rappresenta la derivata dell'accelerazione. Da questo, tramite operazioni di integrazioni successive si ottengono l'accelerazione (quasi costante), la velocità e la posizione che il bersaglio simulato assume durante tutto il periodo di osservazione. Anche in questo caso, il dato così ottenuto rappresenta il dato GPS simulato e con una operazione del tutto analoga a quella presentata in precedenza si ottiene il dato radar da valutare.

Un terzo modello considerato utile a tale scopo, è lo stimatore di Kalman. In primo luogo è stato generato, partendo da determinate condizioni iniziali e utilizzando matrici di transizione, il processo da stimare (dato GPS simulato); in secondo luogo è stato stimato tale processo, tramite lo stimatore che utilizza il filtro di Kalman, simulando così il dato radar.

L'idea di fondo della procedura creata è quella di misurare una sorta di errore della posizione fornita dal radar in esame, calcolarne determinati valori statistici e metriche opportune e valutarli, applicandovi determinati standard di riferimento, ed, infine, decidere in base al rispetto o meno di questi standard se sono congrui con i valori di specifica del prodotto.

---

Per rendere questa procedura del tutto indipendente dalla posizione del radar che ha rivelato il bersaglio, e quindi della nave, tutti i dati vengono preferibilmente espressi in coordinate geografiche (Latitudine, Longitudine, Quota). È stata mantenuta, tuttavia, anche la possibilità di lavorare con dati espressi in coordinate radar, in questo caso, però, viene meno la condizione di indipendenza dalla posizione del Sistema in esame. A tal scopo sono state sviluppate una serie di funzioni, in ambiente MATLAB®, che permettono di trasformare le coordinate radar (range, azimuth ed elevazione) in quelle geografiche e viceversa.

Viene successivamente confrontato l'andamento nel tempo delle varie coordinate del dato radar e del dato GPS. Ad ogni istante di campionamento radar si considera una coppia di punti costituita dal plot radar (punto "vero") e il corrispondente punto individuato sulla traccia GPS interpolata (punto "virtuale"). Ottenuto così un set di coppie di punti si calcola la distanza euclidea che vi è tra loro; questo valore rappresenta una sorta di errore della posizione fornita dal radar ad ogni istante. Partendo da questi valori calcolati, si estraggono alcune statistiche, quali densità di probabilità dell'errore, valor medio, moda, deviazione standard ed errore RMS (Root Mean Square - Errore Quadratico Medio). Queste, infine, vengono poste a confronto con lo standard di riferimento o con i requisiti operativi richiesti, avendo così tutti gli strumenti per decidere se il Sistema Radar in esame è conforme alle specifiche di progetto o meno.