UNIVERSITÀ DI PISA

RADAR AND STATISTICAL SIGNAL PROCESSING

MARIA GRECO

Academic year	2022/23
Course	INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI
Code	1011I
Credits	12

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
RADAR FUNDAMENTALS	ING-INF/03	LEZIONI	60	MARIA GRECO
STATISTICAL SIGNAL PROCESSING	ING-INF/03	LEZIONI	60	FULVIO GINI

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze

Modulo A: STATISTICAL SIGNAL PROCESSING. Questo corso riguarda l'elaborazione statistica dei segnali, a livello di primo anno di Laurea Magistrale. L'obiettivo è fornire le conoscenze di base necessarie per risolvere i tipici problemi mediante l'utilizzo di metodi di elaborazione statistica del segnale. I problemi tipici sono: stima dei parametri di un segnale immerso nel rumore, recupero corretto di un messaggio informativo a partire da dati corrotti da disturbo, analisi spettrale dei segnali, modellazione parametrica, stima di processi aleatori, con applicazioni nel telerilevamento, sistemi radar, comunicazioni digitali, bioingegneria, geofisica, ecc.

Modulo B: RADAR FUNDAMENTALS. Questo modulo ha lo scopo di fornire agli studenti le conoscenze di base relative ai sistemi radar coerenti ed incoerenti e alle funzioni da essi svolte: rivelazione in rumore Gaussiano bianco e correlato, tracking e stima dei parametri cinematici del target. Alcune delle applicazioni presentate sono strettamente legate alle conoscenze teoriche fornite dal modulo di Statistical Signal Processing. Le lezioni teoriche sono completate dal laboratorio Matlab.

Modalità di verifica delle conoscenze

Modulo A: STATISTICAL SIGNAL PROCESSING. Il docente fornirà un certo numero di esercizi tipo con le soluzioni e il codice Matlab per implementare gli algoritmi più importanti studiati nel corso. Lo studente può eseguire autonomamente gli algoritmi per capire meglio il loro comportamento e le loro prestazioni, per una comprensione più profonda della teoria.
Modulo B: RADAR FUNDAMENTALS. Esame orale su tutti gli argomenti svolti a lezione.

Capacità

Modulo A: STATISTICAL SIGNAL PROCESSING. Lo studente sarà in grado di trovare algoritmi ottimali e subottimali per un determinato problema di stima e sarà in grado di valutare le prestazioni dell'algoritmo.
Modulo B: RADAR FUNDAMENTALS. Gli studenti acquisiranno le conoscenze sui blocchi fondamentali costituenti i sistemi radar e sui principali algoritmi di elaborazione dei segnali radar per rivelazione e tracking.

Modalità di verifica delle capacità

Modulo A: STATISTICAL SIGNAL PROCESSING. Il docente fornirà un certo numero di esercizi tipo con le soluzioni e il codice Matlab per implementare gli algoritmi più importanti studiati nel corso. Lo studente può eseguire autonomamente gli algoritmi per capire meglio il loro comportamento e le loro prestazioni, per una comprensione più profonda della teoria.
Modulo B: RADAR FUNDAMENTALS. Esame orale su tutti gli argomenti svolti a lezione.

Comportamenti

Modulo A: STATISTICAL SIGNAL PROCESSING. Lo studente acquisirà l'abilità di affrontare un problema descrivendo con un modello matematico e risolvendolo con precisione.
Modulo B: RADAR FUNDAMENTALS. Lo studente conoscerà le caratteristiche principali di un sistema radar con le sue applicazioni e gli algortimi di base per la stima dei parametri del segnale utile, la rivelazione e il tracking.

Modalità di verifica dei comportamenti

Modulo A: STATISTICAL SIGNAL PROCESSING. La verifica di quello che gli studenti hanno imparato è continua durante le lezioni, poi durante i ricevimenti individuali e infine attraverso l'esame finale.
Modulo B: RADAR FUNDAMENTALS. La verifica di quello che gli studenti hanno imparato è continua durante le lezioni, poi durante i ricevimenti individuali e infine attraverso l'esame finale.

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Modulo A: STATISTICAL SIGNAL PROCESSING. Conoscenze di base di teoria della probabilità, variabili casuali e vettori casuali, dell'analisi dei segnali (tempo continuo e tempo discreto) e del progetto di filtri digitali (filtri FIR e IIR).
Modulo B: RADAR FUNDAMENTALS. Conoscenze di base di teoria della probabilità, variabili casuali e vettori casuali, dell'analisi dei segnali (tempo continuo e tempo discreto) e del progetto di filtri digitali (filtri FIR e IIR).

Indicazioni metodologiche

Modulo A: STATISTICAL SIGNAL PROCESSING.
Lezioni frontali.

Attività didattiche:
- frequenza delle lezioni
- partecipazione alle discussioni
- studio individuale
- ricerca bibliografica
Frequenza: consigliata
Metodi di insegnamento:
- lezioni ed esercitazioni
- apprendimento basato sulle attività / apprendimento basato sui problemi / apprendimento basato sull'indagine
Modulo B: RADAR FUNDAMENTALS.
Lezioni frontali.

Attività didattiche:
- frequenza delle lezioni
- Esercitazioni in matlab
- partecipazione alle discussioni
- studio individuale
Frequenza: consigliata
Metodi di insegnamento:
- lezioni ed esercitazioni
- apprendimento basato sulle attività / apprendimento basato sui problemi / apprendimento basato sull'indagine

Programma (contenuti dell'insegnamento)

Modulo A: STATISTICAL SIGNAL PROCESSING.
RAPPRESENTAZIONE GEOMETRICA DEI SEGNALI - Teorema della proiezione. Espansione di Karhunen-Loeve di processi casuali. TEORIA DELLA STIMA - Proprietà degli stimatori: polarizzazione, efficienza, consistenza. Stima dei parametri deterministici: metodo della massima verosimiglianza (ML). Stima dei parametri casuali: l'approccio Bayesiano (errore quadratico medio minimo e massimo a posteriori). Limite inferiore di Cramér-Rao. Stima di parametri con rumore gaussiano bianco. STIMA LINEARE OTTIMA - Principio di ortogonalità: equazioni di Yule-Walker. Processo di innovazione Filtraggio, predizione e interpolazione. Filtro Wiener e Kalman. MODELLI LINEARI DEI PROCESSI CASUALI - Modelli autoregressivi (AR), a media mobile (MA) e ARMA. L'algoritmo di Levinson-Durbin. ANALISI SPETTRALE - Metodi non parametrici diretti (periodogrammi) e indiretti (correlogrammi). Bartlett, Welch e Blackman-Tukey si avvicinano. Stima parametrica basata su modelli ARMA
Modulo B: RADAR FUNDAMENTALS. Parametri caratteristici di un radar: frequenza, lunghezza d'onda, PRF, forma d'onda, risoluzione e ambiguità in distanza. Equazione del radar, SNR e portata massima. RCS e sue proprietà. Il radar ad impulsi. Ricevitore incoerente. Ricezione coerente. Filtro adattato e suo guadagno, equivalenza tra filtro adattato e correlatore. Teoria della decisione: criterio di Bayes e criterio MAP. Criterio di decisione di Neyman-Pearson.Rivelazione a singolo impulso per segnale ad ampiezza nota e fase aleatoria. Rivelazione multi-impulso di un segnale perfettamente noto in presenza di rumore additivo Gaussiano correlato. Filtro adattato sbiancante e sue prestazioni. Rivelazione multi-impulso con segnale Sw0 e Sw1 in rumore Gaussiano correlato e bianco. Calcolo delle prestazioni. Guadagno di integrazione coerente. Criterio di verosimiglianza generalizzato. Rivelazione adattiva e filtro normalizzato sbiancante adattato (Normalized whitening matched filter). Ricevitore di Kelly. Rivelazione multi-impulso con treno incoerente. - Approssimazione lineare e quadratica, guadagno di integrazione incoerente. Integrazione binaria. Ricevitori CFAR incoerenti: CA, GO, SO e OS. Problema del self-masking e cross-masking, clutter edge. Il clutter. La funzione di ambiguità, definizione e proprietà, singolo impulso e burst di impulsi. Risoluzione in distanza e in frequenza. Spettro e lobi secondari. Riduzione di lobi secondari. Il processo di Deramping. Codici con modulazione di fase. Il codice di Barker. Principi di funzionamento dell'MTI. Improvement factor. Problema delle velocità cieche e staggered PRF. L'MTD. Realizzazione tramite FFT. Straddle loss. Zone cieche e ambiguità in distanza e frequenza Doppler.

Il tracking nei sistemi radar. Il filtro di Kalman scalare e vettoriale. Il filtro alfa-beta e alfa-beta-gamma.Tracking d'angolo: monopulse, sequential lobing e conical scanning.

Introduzione ai Phased Array: phased array attivi e passivi. Beamforming e beamsteering. Beamforming convenzionale e ottimo.

Bibliografia e materiale didattico

Modulo A: STATISTICAL SIGNAL PROCESSING.
1996. Steven M. Kay, Fundamentals of statistical signal processing - Estimation theory, Prentice Hall
Materiale fornito dal docente.
Modulo B: RADAR FUNDAMENTALS.

M.A. Richards, J.A. Scheer, W.A. Holm Editors, “Principles of Modern Radar: Basic Principles”, Scitech, Rayleigh 2010
Materiale fornito dal docente.

Indicazioni per non frequentanti

Modulo A: STATISTICAL SIGNAL PROCESSING.
Contattare il docente per discutere i contenuti del corso e il materiale su cui studiare.

Modalità d'esame

Modulo A: STATISTICAL SIGNAL PROCESSING.
Durante la prova scritta (2 ore) allo studente viene chiesto di risolvere alcuni esercizi al fine di dimostrare la capacità di mettere in pratica i principi di base della teoria analizzati durante il corso. Durante la prova orale, lo studente sarà valutato sulla base della sua capacità di discutere i contenuti del corso con competenza, consapevolezza critica e correttezza di espressione.
Metodi:
- Prova orale finale
Modulo B: RADAR FUNDAMENTALS. Prova orale.

- Prova scritta finale
Ulteriori informazioni: La prova finale è composta da una prova scritta seguita da una prova orale.

Note

Modulo A: STATISTICAL SIGNAL PROCESSING.
Il materiale del corso è disponibile a richiesta. Contattare il docente.

Ultimo aggiornamento 29/07/2022 11:44