

**Manifesto degli Studi del
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni
a.a. 2015/2016**

Insegnamento o attività formativa	CFU	SSD	AF	Propedeuticità
I Anno – 1° Semestre				
Ottimizzazione	9	MAT/09	4	Nessuna
Elaborazione statistica dei segnali	9	ING-INF/03	2	Nessuna
Teoria del traffico	6	ING-INF/03	2	Nessuna
Insegnamenti a scelta autonoma dello studente	(a)	(a)	3	(a)
I Anno – 2° Semestre				
Strumenti e tecniche di programmazione	9	ING-INF/05	4	Nessuna
Metodi ed applicazioni per le iperfrequenze e l'ottica	9	ING-INF/02	2	Nessuna
Comunicazioni wireless	6	ING-INF/03	2	Nessuna
Insegnamenti a scelta autonoma dello studente	(a)	(a)	3	(a)
II Anno – 1° Semestre				
Sistemi di telecomunicazione	9	ING-INF/03	2	Nessuna
Insegnamenti curriculari a scelta dello studente	(a)	(a)	2	(a)
II Anno – 2° Semestre				
Sistemi a microonde e d'antenna	6	ING-INF/02	2	Nessuna
Insegnamenti curriculari a scelta dello studente	(a)	(a)	2	(a)
Tirocinio	3		6	
Prova finale	21		5	

(a) Per quanto riguarda CFU, SSD e eventuali propedeuticità si faccia riferimento alle tabelle A e B.

Regole per la formulazione del Piano di Studi

Oltre agli insegnamenti obbligatori, lo studente deve inserire nel proprio Piano di Studi (PdS) attività formative curriculari a scelta per 18 CFU e attività a scelta autonoma per 15 CFU:

- quelle curriculari devono essere selezionate dalla tabella A e inserite esclusivamente al secondo anno;
- quelle a scelta autonoma possono essere selezionate dalla tabella A o dalla tabella B o comunque essere coerenti con il percorso formativo, e devono essere inserite esclusivamente al primo anno;
- Lo studente può presentare un PdS che, sempre nel rispetto dei limiti prescritti dall'ordinamento degli studi, deroghi alle regole sopra indicate. In tal caso il PdS dovrà essere esaminato per l'eventuale approvazione o modifica. Gli studenti che vogliono o debbano presentare un PdS di non automatica approvazione sono incoraggiati ad avvalersi della consulenza della Commissione Piani di Studio.

Tabella A) Attività formative curriculari disponibili per la scelta dello studente

Insegnamento	CFU	SSD	AF	Propedeuticità
1° Semestre				
Progetti di sistemi di telerilevamento	9	ING-INF/02	2	Nessuna
Reti wireless	9	ING-INF/03	2	Nessuna
Sistemi radar	9	ING-INF/03	2	Nessuna
2° semestre				
Componenti e circuiti ottici	9	ING-INF/02	2	Nessuna
Misure a microonde e onde millimetriche	9	ING-INF/02	2	Nessuna
Radiocopertura per reti di telecomunicazione	9	ING-INF/02	2	Nessuna
Elaborazione numerica dei segnali	6	ING-INF/03	2	Nessuna
Elaborazione di segnali multimediali	9	ING-INF/03	2	Nessuna

(*) nell'orario ufficiale di lezione non è garantita l'assenza di sovrapposizioni con altri insegnamenti a scelta

Tabella B) Attività formative disponibili per la scelta autonoma dello studente

Insegnamento	CFU	SSD	AF	Propedeuticità
1° Semestre				
Teoria dei circuiti	9	ING-IND/31	3	Nessuna
Architettura dei sistemi integrati	9	ING-INF/01	3	Nessuna
Circuiti per DSP	9	ING-INF/01	3	Nessuna
Applicazioni telematiche	6	ING-INF/05	3	Nessuna
Computer networks II	6	ING-INF/05	3	Nessuna
2° semestre				
Intelligenza artificiale	6	ING-INF/05	3	Nessuna
Misure su reti di comunicazione	6	ING-INF/07	3	Nessuna
Misure su sistemi wireless	9	ING-INF/07	3	Nessuna

(*) nell'orario ufficiale di lezione non è garantita l'assenza di sovrapposizioni con altri insegnamenti a scelta

Allegato B.2**Attività formative del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni.**

Insegnamento: APPLICAZIONI TELEMATICHE	
CFU: 6	SSD: ING-INF/05
Ore di lezione: 42	Ore di esercitazione: 12
Anno di corso: 1°/2°	
Obiettivi formativi: Acquisire le nozioni teoriche e metodologiche di base per la progettazione e lo sviluppo di applicazioni telematiche, con particolare riferimento ai sistemi basati sul web ed alle applicazioni multimediali distribuite.	
Contenuti: Parte I: Applicazioni basate sul web. Interazione Client-Server nel Web. Il Protocollo HTTP. Web caching e problematiche connesse. Web Server. Servizio di pagine statiche. Pagine Web dinamiche: programmazione server-side. Linguaggi di scripting per il web. Applicazioni Web in Java: servlet e Java Server Pages (JSP). XML come formato di interscambio dati. Validazione e parsing di documenti XML. Dalle applicazioni Web ai Web Services. Service Oriented Architectures (SOA). Lo stack protocollare dei Web Services. Parte II: Applicazioni Multimediali Distribuite. Protocolli a supporto dello streaming di flussi audio/video. Il protocollo RTP. Il protocollo RTSP per il controllo di sessioni. Protocolli di segnalazione per telefonia su IP: SIP. Applicazioni di video-on-demand e conferencing in Internet. Realizzazione di applicazioni di telefonia su IP: le SIP servlet. Applicazioni convergenti HTTP/SIP. Applicazioni di Instant Messaging: il protocollo XMPP. Parte III: Paradigmi di comunicazione alternativi per applicazioni telematiche. Dal modello Client-Server al modello Peer-to-Peer. Architettura delle applicazioni Peer-to-Peer. Applicazioni di file sharing. Dalla comunicazione sincrona alla comunicazione asincrona: comunicazione mediante code di messaggi; comunicazione secondo il modello publish-subscribe; comunicazione bidirezionale tramite il protocollo HTTP.	
Prerequisiti: conoscenze di base di programmazione e di reti di calcolatori	
Metodo didattico: lezioni, laboratorio, seminari applicativi	
Materiale didattico: appunti del corso, articoli scientifici, documenti standard per Internet (RFC)	
Modalità di esame: discussione di un elaborato e colloquio orale sugli argomenti del corso	

Insegnamento: ARCHITETTURA DEI SISTEMI INTEGRATI	
CFU: 9	SSD: ING-INF 01 (Elettronica)
Ore di lezione: 60	Ore di esercitazione: 18
Anno di corso: 1°/2°	
Obiettivi formativi: Capacità di progettare ed analizzare a livello architetturale, circuitale e fisico circuiti e sistemi digitali VLSI. Conoscenza dei linguaggi per la descrizione dell'hardware. Capacità di utilizzare sistemi di sviluppo per la progettazione assistita al calcolatore di sistemi VLSI. Conoscenza delle tecniche di testing dei sistemi digitali.	
Contenuti: Classificazione dei sistemi integrati: full-custom, basati su celle standard e programmabili. Metodologie di progetto di sistemi integrati. Tecniche di sintesi e di place and-route automatiche. Tecniche di simulazione switch-level. Livelli di interconnessione e parametri parassiti. Ritardi introdotti dalle interconnessioni. Elmore delay. Static timing analysis. Progetto di sistemi combinatori. Progetto e temporizzazione di sistemi sequenziali. Pipelining. Generazione e distribuzione del clock. PLL, DLL. Linguaggi per la descrizione dell'hardware. Il VHDL per la descrizione e la sintesi di sistemi integrati. Circuiti aritmetici: Addizionatori, Unità logico-aritmetiche, Moltiplicatori. Testing dei sistemi integrati CMOS. Tecniche di self-testing. Valutazione della dissipazione di potenza nei sistemi VLSI. Tecniche per la riduzione della dissipazione di potenza.	
Prerequisiti: Conoscenza di base dei sistemi digitali, delle principali caratteristiche di dispositivi MOS e logiche CMOS.	
Metodo didattico: lezioni, esercitazioni al calcolatore, seminari applicativi.	
Materiale didattico: Appunti del corso disponibili sul sito docente. Testi di riferimento: - Weste, Harris: "CMOS VLSI Design – circuit and systems perspective" Pearson – Addison Wesley - Rabaey "Circuiti Integrati Digitali, l'ottica del progettista", II Edizione, Pearson - Prentice Hall	
Modalità di esame: colloquio, discussione dell'elaborato sviluppato durante le esercitazioni.	

Insegnamento: COMPONENTI E CIRCUITI OTTICI	
CFU: 9	SSD: ING-INF/02
Ore di lezione: 50	Ore di esercitazione: 30
Anno di corso: 1°/2°	
Obiettivi formativi: Offrire gli elementi per la comprensione dei principi elettromagnetici di funzionamento dei componenti e dei circuiti ottici, basati anche su effetti non lineari, e le loro applicazioni più comuni.	
Contenuti: <p>Ottica in mezzi anisotropi: concetti fondamentali, strumenti teorici per l'analisi della propagazione alle frequenze ottiche e principali effetti utili nelle applicazioni. Elementi di olografia.</p> <p>Componenti ottici: principi di funzionamento, descrizione delle strutture e individuazione dei parametri di progetto. Strutture dielettriche guidanti step e graded index, guide periodiche, polarizzatori, beam-splitter, attenuatori, accoppiatori, interferometri, faraday rotators, isolatori, circolatori, multiplexer, demultiplexer, reticoli, filtri, componenti a cristalli liquidi, dispositivi olografici e dispositivi ottici di memorizzazione, scanner.</p> <p>Ottica non lineare: relazioni costitutive non lineari e tensore di suscettività; effetti non lineari del secondo e del terzo ordine; cenni agli effetti di ordine superiore. Applicazioni dell'ottica non lineare. Propagazione solitonica. Cenni alle metodologie e alle tecnologie per la realizzazione e caratterizzazione sperimentale di componenti ottici.</p> <p>Circuiti ottici: analisi e progetto dell'interconnessione fra componenti. Massima distanza del collegamento dettata dall'attenuazione e dalla dispersione.</p>	
Prerequisiti: Conoscenze base di campi elettromagnetici	
Metodo didattico: lezioni, esercizi ed esperienze numeriche di laboratorio	
Materiale didattico: pubblicazioni	
Modalità di esame: colloquio	

Insegnamento: COMPUTER NETWORKS II	
CFU: 6	SSD: ING-INF/05
Ore di lezione: 42	Ore di esercitazione: 12
Anno di corso: 1°/2°	
Obiettivi formativi: To provide advanced theoretical and methodological competences on the design and management of computer networks and complex telematics services.	
Contenuti: Advanced topics on quality of service for networked and multimedia services. Details on common wide area network architectures: Frame Relay, ATM, SONET, WDM, WiMax. Flow and congestion control. Scheduling in packet networks. QoS schemes in the IP architecture. IP over flow-switched networks: ATM, GMPLS. Network design and traffic engineering. Principles and techniques of network management: SNMP, RMON, Policy based management. Service Engineering: Service Level Agreement and Service Level Specification. Specification and design of network protocols. Protocols for Multimedia applications: SDR, RTP, RTSP. IP Telephony: H.323, SIP. Video and Audio Streaming. Security: major security threats. Firewall, intrusion detection and prevention.	
Prerequisiti: basic knowledge of computer network concepts and architectures	
Metodo didattico: lectures, lab-work, seminars	
Materiale didattico: course slides, course book on advanced networking	
Modalità di esame: final mark based on class work and attendance: 20%; project work: 40%; final exam: 40%	

Insegnamento: COMUNICAZIONI WIRELESS	
CFU: 6	SSD: ING-INF/03
Ore di lezione: 40	Ore di esercitazione: 12

Anno di corso: 1°
Obiettivi formativi: Acquisire i principali concetti sulla caratterizzazione del canale wireless. Conoscere le principali tecniche di trasmissione numerica impiegate nelle comunicazioni wireless.
Contenuti: Caratterizzazione del canale wireless (modelli su larga/media/piccola scala). Tecniche di modulazione numerica e loro prestazioni su canale wireless. Tecniche di diversità. Tecniche di equalizzazione e stima di canale. Modulazione multiportante. Modulazioni a spettro diffuso. Tecniche di accesso multiplo. Codifica di canale per sistemi wireless. Sistemi multiantenna e MIMO.
Prerequisiti: conoscenza della teoria dei segnali e dei fenomeni aleatori, conoscenza delle metodologie e delle tecniche fondamentali della trasmissione numerica
Metodo didattico: lezioni
Materiale didattico: A. Goldsmith: Wireless communications, Cambridge University Press J. G. Proakis: Digital communications, J. Wiley D. Tse, P. Viswanath: Fundamentals of wireless communications, Cambridge Univ. Press T. Rappaport: Wireless communications: principles and practice, Prentice-Hall Slide del docente ed articoli tecnico-scientifici
Modalità di esame: prova scritta o homework in Matlab, colloquio

Insegnamento: ELABORAZIONE DI SEGNALI MULTIMEDIALI	
CFU: 9	SSD: ING-INF/03
Ore di lezione: 52	Ore di esercitazione: 26
Anno di corso: 2°	
Obiettivi formativi: Acquisire gli strumenti concettuali e matematici di base per l'elaborazione di immagini digitali e di sequenze video. Saper applicare tali concetti allo sviluppo di algoritmi per l'elaborazione di segnali multimediali.	
Contenuti: Generalità sulle immagini e sulle principali elaborazioni d'interesse. Immagini a due livelli, a toni di grigio, a colori, multispettrali, a falsi colori. Elaborazioni delle immagini nel dominio spaziale: modifica degli istogrammi, operazioni geometriche, filtraggio morfologico, filtraggio lineare, clustering, segmentazione, classificazione. Trasformata di Fourier bidimensionale e filtraggio nel dominio di Fourier. Analisi a componenti principali. Codifica di segnali multimediali: richiami su quantizzazione e predizione lineare, codifica mediante trasformata, compressione di immagini e di segnali video, cenni sulla compressione di segnali audio. Principali standard (JPEG, MPEG, MP3, AVI). Analisi tempo-frequenza e trasformata wavelet, analisi multirisoluzione, banchi di filtri. Tecniche avanzate per la codifica (standard JPEG2000, codifica video basata su wavelet). Problematiche legate alla trasmissione su rete. Video 3D. Esempi di applicazioni: denoising, protezione del diritto d'autore (watermarking), rivelazione di manipolazioni, restauro (inpainting).	
Prerequisiti: conoscenza dei sistemi lineari tempo-invarianti, della trasformata di Fourier, concetti base di probabilità.	
Metodo didattico: lezioni, esercitazioni in laboratorio	
Materiale didattico: R.C.Gonzalez, R.E.Woods: Digital Image Processing, Prentice Hall, appunti del corso	
Modalità di esame: prova al calcolatore, colloquio.	

Insegnamento: ELABORAZIONE NUMERICA DEI SEGNALI	
CFU: 6	SSD: ING-INF/03
Ore di lezione: 38	Ore di esercitazione: 14
Anno di corso: 1°/2°	
Obiettivi formativi: Acquisire gli strumenti concettuali e matematici per l'elaborazione dei segnali numerici. Saper applicare tali strumenti al progetto di algoritmi per l'elaborazione numerica dei segnali.	
Contenuti: Richiami sulla Z-trasformata. Modelli e strutture realizzative dei filtri numerici. Progetto di filtri numerici	

(trasformazione bilineare, metodo della finestra, algoritmi iterativi). Filtraggio statistico (principio di ortogonalità, filtro di Wiener). Predizione lineare (equazioni di Yule-Walker, algoritmo di Levinson-Durbin). Filtraggio adattativo (algoritmi LMS ed RLS, filtro di Kalman). Elaborazione multirate di segnali (decomposizione polifase, cambiamento in numerico della frequenza di campionamento). Algoritmi per l'analisi spettrale numerica (FFT, analisi spettrale di segnali aleatori, metodi parametrici). Applicazione ai segnali audio e a problemi tipici delle telecomunicazioni.
Prerequisiti: conoscenza di segnali e sistemi a tempo-discreto nel dominio del tempo e della frequenza, fondamenti della teoria della probabilità e dei processi aleatori.
Metodo didattico: lezioni, laboratorio.
Materiale didattico: appunti del corso, libri di testo.
Modalità di esame: prova al calcolatore, colloquio.

Insegnamento: ELABORAZIONE STATISTICA DEI SEGNALI	
CFU: 9	SSD: ING-INF/03
Ore di lezione: 50	Ore di esercitazione: 25
Anno di corso: 1°	
Obiettivi formativi: Acquisire i concetti fondamentali della teoria della stima e della rivelazione bayesiana e non bayesiana. Saper applicare la teoria alla risoluzione di problemi tipici dell'ingegneria ed in particolare delle telecomunicazioni.	
Contenuti: Introduzione. Il problema Radar/Sonar, la trasmissione numerica, la sincronizzazione. Teoria della stima. Generalità, parametri di qualità, limite di Cramer-Rao, metodo dei momenti. Stima non polarizzata a minima varianza. Principio della massima verosimiglianza. Stima a massima verosimiglianza del modello lineare, di un segnale rumoroso, dei parametri di una sinusoidale. Metodo dei minimi quadrati. Teoria della rivelazione. Classificazione a massima verosimiglianza. Criterio Neyman-Pearson. Analisi delle prestazioni, ROC. Rivelazione di segnali non completamente noti: approccio bayesiano e non bayesiano. GLRT. Approccio bayesiano: . Stima bayesiana; stima MAP, MMSE. Stima lineare a minimo errore quadratico medio. Rivelazione bayesiana, regola a massima probabilità a posteriori ed a massima verosimiglianza, regole mini-max. Applicazioni. Stima di funzioni di correlazione e di distribuzioni di probabilità, stima spettrale, identificazione di canale, predizione e filtraggio. Ricezione binaria in rumore gaussiano additivo. Trasmissione FSK incoerente e su canali con fading. Rivelazione radar di bersagli stazionari e fluttuanti e di echi con ampiezza e fase non noti.	
Prerequisiti: conoscenze di analisi matematica, di algebra lineare e dei fondamenti del calcolo delle probabilità.	
Metodo didattico: lezioni	
Materiale didattico: Appunti del corso; S.M. Kay: "Fundamentals of Statistical Signal Processing, Volume I e II: Estimation Theory ", Prentice Hall, 1993. S.M. Kay: "Fundamentals of Statistical Signal Processing, Volume II: Detection Theory ", Prentice Hall, 1998.	
Modalità di esame: problemi da risolvere a casa o prova scritta. colloquio.	

Insegnamento: INTELLIGENZA ARTIFICIALE	
CFU: 6	SSD: ING-INF/05
Ore di lezione: 40	Ore di esercitazione: 14
Anno di corso: 1°/2°	
Obiettivi formativi: Acquisire le conoscenze necessarie per risolvere problemi mediante tecniche di programmazione non algoritmiche e per costruire sistemi intelligenti basati su tecniche di apprendimento automatico.	
Contenuti: Introduzione: agenti intelligenti, agenti ed ambienti, la struttura degli agenti. Risoluzione di problemi: agenti risolutori di problemi, strategie di ricerca non informata e informata o euristica, hill-climbing, simulated annealing, ricerca local-beam, algoritmi genetici, ricerca con avversari, giochi, decisioni ottime nei giochi, decisioni imperfette in tempo reale, giochi con elementi casuali, stato dell'arte dei programmi di gioco. Conoscenza e ragionamento: agenti logici e logica del primo ordine, concatenazione in avanti e all'indietro (forward e backward chaining), clausole di Horn, sintassi e semantica della logica del primo ordine, l'inferenza nella logica del	

<p>primo ordine, programmazione logica e Prolog. Conoscenza incerta e ragionamento: inferenza basata su distribuzioni congiunte, indipendenza, ragionamento probabilistico, reti di Bayes, inferenza nelle reti di Bayes, altri approcci: rappresentare l'ignoranza - teoria di Dempster-Shafer, rappresentare la vaghezza - insiemi fuzzy e logica fuzzy, apprendimento dalle osservazioni, alberi di decisione. Reti Neurali: Il perceptrone di Rosenblatt, Adaline, il perceptrone multilivello: l'algoritmo Back Propagation, rete Learning Vector Quantization (LVQ), Mappe Auto Organizzanti di Kohonen (SOM), la rete di Hopfield. Macchine kernel: macchine a vettori di supporto (SVM).</p>
Prerequisiti: conoscenze elementari di programmazione
Metodo didattico: lezioni, esercitazioni, seminari scientifici
Materiale didattico: Appunti del corso, libro di testo, articoli scientifici
Modalità di esame: Sviluppo di un elaborato e prova orale

Insegnamento: METODI ED APPLICAZIONI PER LE IPERFREQUENZE E L'OTTICA	
CFU: 9	SSD: ING-INF/02
Ore di lezione: 62	Ore di esercitazione: 16
Anno di corso: 1°	
<p>Obiettivi formativi: Fornire i metodi per lo studio della propagazione elettromagnetica alle iperfrequenze e in ottica necessari per l'analisi e il progetto di circuiti e di sistemi e componenti ottici. Applicare tali metodi a casi di interesse pratico nella progettazione di circuiti tipici di sistemi MIC e in sistemi ottici elementari.</p>	
<p>Contenuti: Richiami di analisi di circuiti a microonde. Trasformate di Fourier cilindriche e sferiche. Modi. Equazioni integrali. Metodo dei momenti. Metodo alle differenze finite, metodo agli elementi finiti. Studio di discontinuità su linee. Eccitazione di strutture guidanti. Adattamento e tuning di circuiti. Trasformatori. trasformatori multisezione e sagomati. Accoppiamento tra strutture guidanti e relativa rappresentazione circuitale. Accoppiatori di linee. Divisori di potenza. Strutture periodiche, filtri. Ottica geometrica, derivazione e limiti. Teorema di Maxwell, ottica gaussiana. Diaframmi pupille ed aperture. Tracciamento dei raggi. Teoria geometrica dei sistemi ottici. Aberrazione cromatica e monocromatica, approssimazione parassiale estesa, aberrazioni primarie. Elementi di teoria della coerenza e di interferometria. Applicazioni. Interferenza per divisione di ampiezza e di fronte d'onda. Cenno ai raggi complessi. Elementi di teoria della diffrazione. Approssimazione di Kirchhoff. Diffrazione di Fraunhofer. Diffrazione di Fresnel. Diffrazione da un semipiano, da una coppia di fessure. Teoria geometrica della diffrazione.</p>	
Prerequisiti: conoscenze di base di antenne e propagazione elettromagnetica	
Metodo didattico: lezioni, esercitazioni	
Materiale didattico: appunti del corso, libri di testo	
Modalità di esame: colloquio	

Insegnamento: MISURE A MICROONDE ED ONDE MILLIMETRICHE	
CFU: 9	SSD: ING-INF/02
Ore di lezione: 35	Ore di esercitazione: 45
Anno di corso: 1°/2°	
<p>Obiettivi formativi: Descrivere le principali tecniche di misura ed il principio di funzionamento degli strumenti più comunemente impiegati alle microonde e alle onde millimetriche. Addestrare lo studente all'utilizzo dei più comuni strumenti di misura alle microonde ed onde millimetriche, grazie ad esperienze di laboratorio guidate.</p>	
<p>Contenuti: Dispositivi ad N porte lineari e loro descrizione elettromagnetica mediante matrici Z, Y, S, T. Dispositivi reciproci, simmetrici, senza perdite e completamente adattati. Proprietà. Teoria dei grafi per i circuiti a microonde ed onde millimetriche. La regola di Mason per la soluzione di un grafo complesso. Richiami sull'adattamento di strutture guidanti e sull'utilizzo della carta di Smith. Adattamento a parametri concentrati e realizzazione di elementi concentrati in strutture stampate. Strutture riflettometriche (in trasmissione) per la</p>	

caratterizzazione sperimentale a banda larga dei parametri in riflessione (trasmissione). Introduzione alla calibrazione. Generatori di segnale. Misure di potenza e power meter. Analizzatore di reti scalare (SNA) e vettoriale (VNA): principio di funzionamento ed architetture (accoppiatori/bridge). Calibrazioni più comuni: OSM/OSL, 12 termini, TSD, TRL, TRM, TRA e LRL, LRM, LRA. Progettazione di carichi di calibrazione coax. Spettroscopia alle microonde ed onde millimetriche. Analizzatore di spettro (AS): principio di funzionamento ed architetture più comuni. Utilizzo di un AS. Misure nel dominio del tempo. Misure d'antenna e Camera Anecoica Elettromagnetica.
(Tutti i contenuti della seconda parte saranno oggetto di esercitazioni di laboratorio)

Prerequisiti: Conoscenze base di campi elettromagnetici

Metodo didattico: Lezioni, esercizi ed esperienze numeriche e sperimentali

Materiale didattico: pubblicazioni

Modalità di esame: Discussione delle relazioni delle esperienze di laboratorio consegnate alla fine del corso. Prova orale condotta in laboratorio, durante la quale si chiederà al candidato di replicare alcune esperienze di laboratorio.

Insegnamento: MISURE SU RETI DI COMUNICAZIONE

CFU: 6

SSD: ING-INF/07

Ore di lezione: 26

Ore di esercitazione: 26

Anno di corso: 1°/2°

Obiettivi formativi:

Apprendere nozioni specialistiche, in termini di metodologie e strumentazione di misura, finalizzate alla valutazione delle prestazioni, al collaudo, alla manutenzione e alla diagnostica delle reti di comunicazione e di calcolatori. Acquisire autonomia nell'allestimento di stazioni per la misura di parametri e metriche di rete a livello fisico e applicativo.

Contenuti:

Importanza delle misurazioni sulle reti di comunicazione e calcolatori. Il contesto operativo: problematiche di misura delle nuove architetture di rete, obiettivo dell'attività di misura ai diversi livelli della pila protocollare ISO/OSI; analisi top-down; analisi bottom-up.

Strumenti e metodi per la misura di parametri di rete: misure di OWD, RTT, capacità, banda disponibile, throughput. Misurazioni attive e misurazioni passive. Misurazioni cross-layer. Problematiche di sincronizzazione.

Misurazioni di prestazione di rete a banda larga. Misurazione e confronto delle prestazioni di reti mobili urbani basate su diverse tecnologie. Misurazioni di QoS e QoE.

Strumenti e metodi per misurazioni a livello fisico: oscilloscopi, TDR, OTDR, BER tester, analizzatori di spettro. Misurazione del diagramma ad occhio e verifica dell'impulso in maschera.

Analizzatore di protocollo per misurazioni ai livelli superiori: architettura, funzionalità e uso pratico. Decodifica e statistiche di protocollo, analisi esperta. Manutenzione di una rete e gestione del malfunzionamento: cause, costi, direttive, SLA, documentazione. Ciclo di vita di una rete e relative misurazioni.

Prerequisiti: Conoscenze di metrologia generale e di reti di calcolatori

Metodo didattico: lezioni, seminari, esercitazioni di laboratorio

Materiale didattico: appunti del corso, capitoli di libro e pubblicazioni scientifiche disponibili sul sito docente.

Testo consigliato per consultazione: M. Crovella and B. Krishnamurthy, "Internet Measurement: Infrastructure, Traffic and Applications", Ed. Wiley.

Modalità di esame: prova orale, con discussione delle relazioni sulle esercitazioni di laboratorio.

Insegnamento: MISURE SU SISTEMI WIRELESS

CFU: 9

SSD: ING-INF/07

Ore di lezione: 40

Ore di esercitazione: 40

Anno di corso: 1°/2°

Obiettivi formativi:

Apprendere nozioni specialistiche, in termini di metodologie, normativa nazionale ed internazionale e strumentazione di misura, finalizzate alla verifica della funzionalità e delle prestazioni e al collaudo di un sistema di comunicazione digitale wireless. Acquisire autonomia nell'allestimento di idonee stazioni automatiche di misura e nell'uso di strumentazione specialistica di settore.

Contenuti:

Misurazioni di interesse a livello fisico sui sistemi di comunicazione digitale wireless: dominio del tempo, della frequenza e della modulazione. Analisi spettrale analogica: importanza e scenari applicativi; architettura, principio di funzionamento, modalità di impiego e caratteristiche metrologiche della strumentazione più diffusa sul mercato. Analisi numerica di spettro e di segnali vettoriali: importanza e scenari applicativi; architettura, principio di funzionamento, modalità di impiego e caratteristiche metrologiche della strumentazione più diffusa sul mercato. Misurazione di potenza nei sistemi wireless: importanza e scenari applicativi; architettura, principio di funzionamento, modalità di impiego e caratteristiche metrologiche della strumentazione più diffusa sul mercato. Misure per la caratterizzazione di trasmettitori digitali per applicazioni wireless: architettura del trasmettitore; definizione, procedura di misura e dominio di appartenenza delle principali grandezze in banda/in canale, relative sia alla potenza trasmessa (frequenza portante, potenza media, potenza di picco, potenza di inviluppo, potenza nel canale, banda occupata) sia alla qualità della modulazione (vettore errore, ampiezza e fase del vettore errore, errore di ampiezza, errore di fase), in banda/fuori canale (ACPR, spurie) e fuori banda/fuori canale (spurie e armoniche). Applicazioni a sistemi wireless di larga diffusione.
Prerequisiti: Conoscenze di metrologia generale e di trasmissione numerica / NESSUNO?
Metodo didattico: lezioni, seminari, esercitazioni di laboratorio
Materiale didattico: appunti del corso, note applicative disponibili sul sito docente
Modalità di esame: colloquio, prova di laboratorio

Insegnamento: OTTIMIZZAZIONE	
CFU: 9	SSD: MAT09
Ore di lezione: 50	Ore di esercitazione: 30
Anno di corso: 1°	
Obiettivi formativi: Formulare e descrivere modelli e metodi di ottimizzazione continua (convessa e non convessa), discreta e su rete, con applicazioni al settore delle telecomunicazioni.	
Contenuti: Ottimizzazione continua non lineare. Ottimizzazione monodimensionale, multidimensionale non vincolata e vincolata. Rilassamento lagrangiano. Condizioni di ottimo vincolato. Metodi a direzione ammissibile. Ottimizzazione non convessa. Ottimizzazione lineare. Algoritmo del Simplex. Il modello duale. Trasformazione primale-duale. Teoremi del duale. Ottimizzazione Intera. Programmazione Dinamica. Programmazione Intera. Formulazione e soluzione di un problema intero. Metodi del piano di taglio, Branch and Bound, Branch and Cut. Efficienza e complessità computazionale. Introduzione all'uso del software per l'ottimizzazione. Teoria dei Grafi e Ottimizzazione su Rete. Grafi Orientati e non orientati. Strutture dati di un grafo. Problemi di Percorso. Problemi di flusso su rete: single-commodity, single-commodity con costi variabili, multi-commodity, Il problema del massimo flusso. Algoritmo del Simplex su rete. Problemi di progetto di rete, di circuito (hamiltoniano, euleriano), di localizzazione.	
Prerequisiti: conoscenze di base di analisi matematica, geometria e algebra	
Metodo didattico: lezioni, esercitazioni, seminari applicativi	
Materiale didattico: libri di testo	
Modalità di esame: prova scritta e colloquio orale.	

Insegnamento: PROGETTI DI SISTEMI DI TELERILEVAMENTO	
CFU: 9	SSD: ING-INF/02
Ore di lezione: 55	Ore di esercitazione: 23
Anno di corso: 1°/2°	
Obiettivi formativi: Esporre le tecniche adottate per definire le specifiche e progettare un sistema di telerilevamento in grado di soddisfare assegnati requisiti degli utenti. Presentare le logiche di progettazione dei sensori attualmente disponibili o di prossima operatività. Descrivere le principali applicazioni dei dati telerilevati.	
Contenuti: Dalle applicazioni ai requisiti di sistema. Modelli di diffusione elettromagnetica per sistemi di telerilevamento.	

<p>Superfici naturali: modelli geometrici ed elettromagnetici di superfici aleatorie, approssimazione di Kirchhoff, soluzioni di Ottica Fisica e Ottica Geometrica. Aree vegetate: modelli per strutture stratificate, teoria del trasferimento radiativo. Zone oceaniche: metodo delle piccole perturbazioni. Aree urbane: modelli per la diffusione e diffrazione elettromagnetica da diedri e triedri, Teoria Geometrica della diffrazione. Atmosfera. Simulazione al calcolatore di campi elettromagnetici diffusi.</p> <p>Dai requisiti di sistema alle specifiche di sistema. Sensori passivi e attivi. Radiometri. Sensori Ottici. Altimetri. Scatterometri. Radar ad Apertura Sintetica: configurazioni Spotlight e Scansar. Simulazione al calcolatore di dati telerilevati.</p> <p>Dalle specifiche di sistema alle scelte progettuali. Principali caratteristiche progettuali di alcuni sistemi di Telerilevamento esistenti e di prossima realizzazione delle agenzie spaziali: ASI, ESA, NASA. Elaborazione dei dati telerilevati.</p>
Prerequisiti: conoscenze di base di campi elettromagnetici e di teoria dei segnali
Metodo didattico: lezioni, esercitazioni al calcolatore, seminari applicativi
Materiale didattico: appunti del corso, capitoli di libri
Modalità di esame: prova orale

Insegnamento: RADIOCOPERTURA PER RETI DI TELECOMUNICAZIONE	
CFU: 9	SSD: ING-INF/02
Ore di lezione: 55	Ore di esercitazione: 23
Anno di corso: 1°/2°	
Obiettivi formativi: Acquisire le basi teoriche e tecniche per la comprensione degli aspetti elettromagnetici inerenti la pianificazione e la progettazione di reti di telecomunicazioni wireless. Conoscere i metodi per la previsione del campo irradiato a frequenze delle microonde da un'antenna in un ambiente complesso (aree urbane, interni di edifici): ottica geometrica, teoria geometrica della diffrazione, metodi di tracciamento di raggi, metodi euristici.	
Contenuti: Interazione tra campi elettromagnetici e ambiente. Richiami di elettromagnetismo, ottica geometrica, teoria geometrica della diffrazione, teoria uniforme della diffrazione, segnali a banda stretta, segnali a banda larga, tecniche di ray-tracing e loro attuazione su sistemi di calcolo. Aspetti elettromagnetici nella progettazione di collegamenti. Collegamenti punto-punto e punto-multipunto e loro progettazione, collegamenti outdoor, modelli per collegamenti in ambiente rurale, urbano, collegamenti indoor, modelli per collegamenti in edifici e gallerie, campo elettromagnetico indoor generato da reti a sviluppo outdoor, modelli per reti di telefonia mobile. Cenni sulle scelte progettuali, aspetti elettromagnetici. Reti cellulari: sistemi GSM, UMTS, WiMAX, sistemi di radiolocalizzazione: GPS, tecniche per il miglioramento della precisione nella localizzazione, tecniche differenziali, collegamenti satellitari, connessioni reti mobili - reti fisse, tecniche per la diffusione del segnale televisivo e radiofonico, simulazione al calcolatore di aree di copertura per reti cellulari e WiFi, verifica delle caratteristiche del canale trasmissivo, ricezione, acquisizione e analisi di segnali trasmessi da una stazione radio-base GSM.	
Prerequisiti: conoscenze di base di campi elettromagnetici e circuiti e della teoria dei segnali	
Metodo didattico: lezioni ed esercitazioni al calcolatore.	
Materiale didattico: H.L.Bertoni: Radiowave propagation for modern wireless systems, Prentice-Hall	
Modalità di esame: prova orale.	

Insegnamento: RETI WIRELESS	
CFU: 9	SSD: ING-INF/03
Ore di lezione: 58	Ore di esercitazione: 20
Anno di corso: 1°/2°	
Obiettivi formativi: Conoscere le principali problematiche che caratterizzano le reti wireless, con particolare attenzione alle reti locali e metropolitane (WMAN, WLAN, WPAN, reti ad hoc e reti di sensori). Conoscere le principali tecnologie e gli standard per le reti wireless.	
Contenuti:	

Generalità sulle reti e sui servizi di telecomunicazione. Convergenza nelle reti. Architetture e topologie delle reti wireless. Principali modelli per la caratterizzazione del canale wireless. Tecniche di modulazione per reti wireless. Tecniche di accesso per reti wireless. Reti mesh. Reti ad hoc. Reti di sensori. Reti per l'accesso wireless a larga banda. Principali standard per reti wireless ad estensione locale, metropolitana e geografica (WiMaX, LTE, IEEE 802.11, HIPERLAN, Bluetooth, ZigBee, WiMedia). Mobile ad-hoc networks (MANET). Cenni sul paradigma Cognitive Radio.
Prerequisiti: conoscenze di base di trasmissione numerica e reti di telecomunicazioni e/o di calcolatori
Metodo didattico: lezioni
Materiale didattico: appunti del corso, libri di testo
Modalità di esame: eventuale elaborato, colloquio orale

Insegnamento: SISTEMI A MICROONDE E D'ANTENNA	
CFU: 6	SSD: ING-INF/02
Ore di lezione: 48	Ore di esercitazione: 4
Anno di corso: 2°	
Obiettivi formativi: Fornire le metodologie necessarie per la progettazione di sistemi d'antenna e dei sistemi a microonde impiegati nella relativa circuiteria di alimentazione	
Contenuti: Antenne indipendenti dalla frequenza. Antenne log periodiche. Teorema di Babinet. Fattore di efficienza. Massimizzazione della direttività di una schiera di antenne. Progetto di sistemi radianti: dalle applicazioni alle specifiche, problemi di sintesi esterna e interna, vincoli realizzativi. Sintesi di un'antenna a riflettore sagomato. Metodo delle proiezioni iterato. Progetto di schiere di antenne: sintesi ottima di fasci somma e differenza, sintesi ottima di fasci sagomati. Rilevanza e controllo dei mutui accoppiamenti. Sintesi delle reti di alimentazione. Baluns. Circuiti di adattamento a microstriscia. Antenne a fessura. Progetto di allineamenti di fessure: configurazione risonante e a onda progressiva. Tecniche di progetto di antenne stampate. Cenni al processo realizzativo. Progetto di allineamenti di antenne stampate. Antenne ad apertura. Progetto di antenne a tromba liscia e sagomata. Metodi asintotici per l'analisi di grandi antenne: ottica fisica, GTD, PTD. Progetto di antenne a riflettore parabolico singolo o doppio o a riflettore sagomato. Cenni alle antenne intelligenti.	
Prerequisiti: conoscenze base di antenne e di ottica	
Metodo didattico: lezioni, esercitazioni	
Materiale didattico: appunti del corso, libri di testo	
Modalità di esame: colloquio	

Insegnamento: SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONE	
CFU: 9	SSD: ING-INF/03
Ore di lezione: 68	Ore di esercitazione: 10
Anno di corso: 2°	
Obiettivi formativi: Studio delle principali tecnologie di trasporto dell'informazione e di accesso a larga banda.	
Contenuti: Architettura della rete telefonica commutata (PSTN). Multiplazione telefonica analogica e numerica (FDM e PCM). Gerarchie di multiplazione numerica plesiocrona (PDH) e sincrona (SDH). Tecnologie ATM e MPLS. La tecnologia carrier Ethernet e sue evoluzioni. Reti definite a livello software (SDN). Rete di trasporto ottica. Strato di cammino ottico. Caratteristiche della fibra ottica. Multiplazione a divisione di lunghezza d'onda (WDM e DWDM). Multiplazione ottica a divisione di tempo (OTDM). Modulazione e demodulazione ottica. Reti ottiche passive (PON). Sistemi di accesso a larga banda (ISDN, xDSL, FTTx, accesso ibrido fibra-cavo coassiale, powerline carrier, accesso wireless). Accesso radio basato su SDN. Sistemi per la diffusione audio e video digitale terrestre e satellitare (DVB e DAB). Sistemi cellulari terrestri 1G/2G/3G/4G (TACS, GSM, UMTS, LTE/LTE-Advanced).	
Prerequisiti: concetti fondamentali di trasmissione numerica	

Metodo didattico: lezioni
Materiale didattico: appunti del corso, libri di testo
Modalità di esame: prove in itinere e/o prova finale, colloquio

Insegnamento: SISTEMI RADAR	
CFU: 9	SSD: ING-INF/03
Ore di lezione: 52	Ore di esercitazione: 26
Anno di corso: 2°	
Obiettivi formativi: Acquisire i principi di funzionamento dei vari sistemi radar. Saper effettuare il dimensionamento di un sistema radar e saperne analizzare le prestazioni.	
Contenuti: Introduzione. Breve storia del radar. Principio di funzionamento del radar ad impulsi e ad onda continua. L'equazione Radar. Bersagli, Disturbi e loro caratterizzazione. Equazioni radar per l'analisi della portata. Effetti atmosferici e loro correzione. Rivelazione radar. Rivelazione di un bersaglio sulla base di un solo eco. Rivelazione sulla base di N echi, coerenti o incoerenti, con ampiezza fluttuante e non. Analisi delle prestazioni. Tecniche per il controllo dei falsi allarmi (CFAR) e loro analisi su dati radar reali. Misure dei parametri del bersaglio. Funzione di ambiguità e sue proprietà. Segnali radar codificati in fase e in frequenza. Accuratezza in distanza e doppler. Inseguimento di bersagli. Tecniche monopulse: inseguimento mediante radar di sorveglianza. Tecniche basate sui filtri di Kalman, cenni sul filtraggio a modelli multipli interagenti (IMM). Contromisure Elettroniche (ECM ed ECCM): caratteristiche del Jamming, il Sidelobe Blanker, il Sidelobe Canceller, tecniche di cancellazione adattative. Apparati radar: Antenne, Trasmettitori e Ricevitori.	
Prerequisiti: nessuno	
Metodo didattico: lezioni, esercitazioni al computer, esercitazioni in laboratorio con prototipi hardware	
Materiale didattico: M. A. Richards, J. A. Scheer, and W. A. Holmes: "Principles of Modern Radar: Basic Principles", Scitech, 2010. M. Skolnik: "Radar Handbook", Third Edition, Mc Graw Hill, 2008. appunti del corso,	
Modalità di esame: compiti a casa o prova scritta. Colloquio.	

Insegnamento: STRUMENTI E TECNICHE DI PROGRAMMAZIONE	
CFU: 9	SSD: ING-INF/05
Ore di lezione: 58	Ore di esercitazione: 20
Anno di corso: 1°	
Obiettivi formativi: Fornire le competenze metodologiche, teoriche e pratiche di programmazione procedurale e di programmazione orientata agli oggetti, necessarie al corretto sviluppo di progetti software di piccole e medie dimensioni.	
Contenuti: Aspetti avanzati di programmazione procedurale. Ricorsione. Allocazione dinamica della memoria. Puntatori a dati e a funzioni. Gestione delle eccezioni. Sovraccaricamento delle funzioni. Funzioni inline. Strutture dati, tipi di dati astratti e algoritmi fondamentali. Liste, pile, code, alberi. Algoritmi di visita, di ricerca e di ordinamento. Cenni alla complessità degli algoritmi. ADT: tipi di dato astratto. Astrazione e genericità. Programmazione orientata agli oggetti (OO). Il paradigma OO. Incapsulamento e Information Hiding. Classi e Oggetti. Ereditarietà. Polimorfismo. La programmazione OO e la programmazione generica in C++. Classi, oggetti, costruttori e distruttori. Operatori e sovraccaricamento degli operatori. Conversioni di tipo. Ereditarietà ed ereditarietà multipla. La gerarchia per le operazioni di I/O e uso delle librerie standard. Polimorfismo, classi astratte. Classi template, la Standard Template Library (STL) e il suo uso. Meccanismi di incapsulamento (namespace). La programmazione OO in linguaggio Java. Oggetti. Controllo del flusso di elaborazione. Riutilizzo delle classi. Polimorfismo. Interfacce ed Inner classes. Gestione degli errori e delle eccezioni. Il sistema di I/O di Java. Multithreading (cenni). L'interfaccia Java Native Interface - JNI (cenni).	

Progettazione a oggetti e linguaggio UML. Progettazione del software. Il linguaggio UML nella progettazione OO.	
Prerequisiti: conoscenze elementari di programmazione	
Metodo didattico: lezioni, esercitazioni.	
Materiale didattico: appunti del corso, libro di testo, articoli scientifici.	
Modalità di esame: prova pratica e prova orale	

Insegnamento: TEORIA DEI CIRCUITI	
CFU: 9	SSD: ING-IND-31
Ore di lezione: 48	Ore di esercitazione: 32
Anno di corso: 1°/2°	
Obiettivi formativi: Acquisire strumenti e metodologie di analisi dei circuiti e elementi di base della teoria dei circuiti non lineari, sviluppare la capacità di analisi qualitativa e numerica dei circuiti, introdurre le principali fenomenologie non lineari	
Contenuti: Una rivisitazione del modello circuitale, elementi circuitali e proprietà, soluzione analitica e numerica. Teoria dei grafi, matrici topologiche e relazioni, formulazione delle equazioni circuitali. Circuiti non lineari ed analisi qualitativa, equazioni di stato e circuito resistivo associato, unicità della soluzione. Stabilità delle soluzioni e comportamento asintotico della dinamica dei circuiti. Biforcazioni e Caos nei circuiti, sincronizzazione di circuiti caotici. Algoritmi per la soluzione numerica delle equazioni circuitali: soluzione numerica di circuiti a-dinamici (lineari e non lineari) e di circuiti dinamici non lineari. Classificazione e valutazione dell'errore numerico e delle proprietà degli algoritmi. Fondamenti della sintesi circuitale, macro-modeling di circuiti distribuiti ed interconnessioni elettriche, identificazione circuitale e riduzione d'ordine di strutture elettromagnetiche distribuite. Laboratorio numerico con analisi SPICE e MATLAB di circuiti a dinamica complessa, identificazione di modelli ridotti, ottimizzazione nel design circuitale. Laboratorio di circuiti su circuiti a dinamica complessa, sincronizzazione e controllo.	
Prerequisiti: Conoscenze di base di elettrotecnica e di elettronica generale	
Metodo didattico: lezioni, esercitazioni	
Materiale didattico: M. Hasler, J. Neirynek, Non Linear Circuits, Artech House. L.O. Chua, C.A. Desoer, E.S. Kuh, Circuiti Lineari e Non Lineari, Jackson 1991. L.O. Chua, P.M. Lin, Computer aided analysis of electronic circuits,, Prentice Hall, 1975, A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri, Matematica Numerica Springer 2008, ISBN# 978-88-470-0782-2. A. Vladimirescu, Spice, Mc Graw-Hill, 1995. Dispense ufficiali del corso, slides ed altro materiale	
Modalità di esame: colloquio orale, eventuale discussione di elaborato (facoltativo)	

Insegnamento: TEORIA DEL TRAFFICO	
CFU: 6	SSD: ING-INF/03
Ore di lezione: 36	Ore di esercitazione: 16
Anno di corso: 1°	
Obiettivi formativi: Acquisire i principali strumenti concettuali e metodologici per l'analisi e il dimensionamento dei sistemi a coda, con applicazione alla gestione del traffico nelle reti a commutazione di circuito e di pacchetto. Saper associare un adeguato modello matematico allo specifico problema in esame, e saperlo utilizzare per effettuare l'analisi (studio delle prestazioni) oppure la sintesi (progetto/dimensionamento) del sistema.	
Contenuti: Ruolo della teoria del traffico nello studio delle reti, modello astratto di coda, notazione di Kendall. Code isolate con traffico memoryless: variabile aleatoria esponenziale e processo di Poisson, teorema di Little, modellazione mediante catene di Markov a tempo continuo, equazioni di bilancio del flusso, code non bloccanti, calcolo del tempo medio d'attesa in coda, code bloccanti, calcolo di probabilità di blocco e throughput, modelli per centrali di commutazione, formule Erlang B e C, distribuzione Engset, dimensionamento. Code isolate con traffico generico: processi di rinnovamento, teorema di Pollaczek-Kinchine, code con priorità, metodo degli stadi, analisi mediante catene di Markov embedded, applicazione alle reti a prenotazione. Reti di code con traffico memoryless: reti aperte di code, approssimazione di Kleinrock, equazioni di bilancio di flusso globale, teorema di Jackson, soluzioni prodotto, reti chiuse di code, algoritmo di Buzen, calcolo delle statistiche	

marginali e del throughput.

Prerequisiti: conoscenze di base sulla teoria della probabilità e sulle reti di telecomunicazioni e/o di calcolatori

Metodo didattico: lezioni, esercitazioni

Materiale didattico:

L.Kleinrock: "Queueing systems", Wiley

D.Bertsekas, R.Gallager: "Data Networks", Prentice Hall

Modalità di esame: prova scritta, colloquio