



## UNIVERSITÀ DI PISA INGEGNERIA DEL TELETRAFFICO

---

### STEFANO GIORDANO

Anno accademico

2019/20

CdS

INGEGNERIA DELLE  
TELECOMUNICAZIONI

Codice

290II

CFU

9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
INGEGNERIA DEL TELETRAFFICO	ING-INF/03	LEZIONI	80	ROSARIO GIUSEPPE GARROPPO STEFANO GIORDANO GREGORIO PROCISSI
LABORATORIO INFORMATICO DI INGEGNERIA DEL TELETRAFFICO	NN	LABORATORI	10	ROSARIO GIUSEPPE GARROPPO

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Il modulo presenta i concetti fondamentali relativi alla teoria ed all'ingegneria del traffico nelle reti di telecomunicazioni. Vengono introdotti i processi di Markov a stato discreto (catene) a tempo discreto e a tempo continuo. Viene inoltre presentata la teoria elementare ed intermedia delle code utili alla trattabilità dei modelli fondamentali di sistemi ad attesa e a perdita impiegati per l'analisi di reti a commutazione di pacchetto e di circuito. La trattazione degli indici prestazionali fondamentali viene presentata passando ove necessario a domini trasformati (Laplace, Zeta). Sono infine presentati i teoremi fondamentali per la trattazione di reti di code markoviane aperte e chiuse e le reti di tipo BCMP. Il corso presenta (solo per gli studenti in Ing. delle Telecomunicazioni) inoltre i metodi numerici fondamentali per la trattazione di problemi di analisi delle prestazioni riconducibili a soluzioni basate su approcci markoviani.

##### *Modalità di verifica delle conoscenze*

La verifica delle conoscenze acquisite avviene mediante prove scritte intermedie che consentono di evitare lo scritto finale e mediante una prova orale

##### *Capacità*

Il corso ha l'ambizione di permettere agli studenti di costruire autonomamente una astrazione matematica trattabile mediante approcci markoviani di sistemi reali a stato discreto. Lo studente acquisisce inoltre le capacità critiche necessarie alla verifica della validità delle ipotesi necessarie all'adozione di modelli Markoviani

##### *Modalità di verifica delle capacità*

La verifica delle capacità è ottenuta mediante prove scritte intermedie e la prova orale

##### *Comportamenti*

Il corso ha l'obiettivo di modificare il comportamento "passivo" in cui lo studente adotta alcuni modelli matematici senza verificare prima la validità delle ipotesi necessarie all'impiego di certe astrazioni. Il corso ha inoltre lo scopo di evitare che lo studente assuma modelli imposti a priori.

##### *Modalità di verifica dei comportamenti*

La verifica del comportamento critico nell'adozione dei modelli viene verificato in occasione della prova orale ma anche durante il corso, sia nell'ambito delle lezioni teoriche che delle esercitazioni teoriche e degli sviluppi MATLAB (solo per gli studenti di Ing. delle Telecomunicazioni).

##### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Sono prerequisiti iniziali la teoria delle probabilità, dei fenomeni aleatori e l'impiego delle trasformate Z e di Laplace



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

### Corequisiti

Sono auspicabili conoscenze pregresse sui Sistemi Lineari Invarianti alle traslazioni.

### Prerequisiti per studi successivi

L'approfondimento della disciplina si sviluppa inoltre tramite conoscenze di base di ricerca operativa e strumenti di ottimizzazione.

### Indicazioni metodologiche

Il corso dal punto di vista metodologico intende stimolare un approccio Active Learning in cui dalle conoscenze fondamentali di alcuni strumenti matematici lo studente possa ottenere, ove possano essere applicati degli strumenti per la valutazione delle prestazioni dei sistemi per via analitica utili a stimolare nuove capacità di sintesi "ragionata" di sistemi anche complessi.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

1) Processi di Markov a stato discreto a. Processi di Markov a stato discreto e tempo discreto (Catene di Markov) b. Processi di Markov a stato discreto e tempo continuo 2) Processi puntuali a. Processi di sola nascita e di sola morte b. Processo di Bernoulli a tempo continuo e tempo discreto c. Processo di Poisson 3) Processi di nascita e morte a. Condizioni di ergodicità b. Valutazione dei momenti di primo e secondo ordine 4) Generalità sull'analisi del traffico in rete a. Modelli stocastici b. Modelli deterministici c. Non stazionarietà del traffico. Definizioni TCBH, ADPH 5) Code Markoviane a. notazione di Kendall; Geo/Geo/1, M/M/Ns, M/M/Ns/0, M/M/1/Nw; b. Formula B di Erlang, Formula C di Erlang, Formula di Engset. c. Problemi e relative soluzioni per il calcolo numerico delle formule Erlang B e Erlang C. (Solo Ing. delle Telecomunicazioni) Sviluppo di funzioni MATLAB per il calcolo delle probabilità di perdita in code M/M/1/Ns e M/M/Ns/Nw. Soluzione mediante MATLAB di sistemi a coda M/Cox2/1/Nw, M/H2/1/Nw e M/E2/1/Nw. d. Approccio Matrix-Geometric per la soluzione di Catene di Markov descritte da matrici di Hessenberg a blocchi. Applicazione dell'approccio Matrix-Geometric per lo studio di sistemi a coda M/Cox2/1. 6) Code non Markoviane: a. La trattazione di una semplice coda non markoviana: la coda M/G/1; b. la catena di Markov immersa; analisi della coda in regime asintotico. c. Code M/G/1 con classi di utenza e con priorità 7) Reti di code: a. Reti di code markoviane aperte e chiuse. Reti di code acicliche. b. Teorema di Burke. Teorema di Jackson. c. Teorema di Gordon-Newell. d. Algoritmo della convoluzione e approccio Mean Value Analysis per la soluzione delle reti di code di Gordon-Newell. e. Reti di code BCMP. Indici prestazionali in reti di code markoviane chiuse e BCMP. (Solo Ing. delle Telecomunicazioni) Sviluppo di funzioni MATLAB per il calcolo delle probabilità di perdita in code M/M/1/Ns e M/M/Ns/Nw. Soluzione mediante MATLAB di sistemi a coda M/Cox2/1/Nw, M/H2/1/Nw e M/E2/1/Nw. d. Approccio Matrix-Geometric per la soluzione di Catene di Markov descritte da matrici di Hessenberg a blocchi. Applicazione dell'approccio Matrix-Geometric per lo studio di sistemi a coda M/Cox2/1. Tecniche numeriche per la soluzione di catene di Markov a. Librerie Matfun e Stats di MATLAB. Generazione di osservazioni di vv.aa. Di Erlang k, iperesponenziale, ipoesponenziale e di Coxn. Grafico quantile-quantile. Decomposizione agli autovalori per il calcolo del transitorio in Catene di Markov. C. Metodi diretti per il calcolo delle probabilità asintotiche di stato di Catene di Markov.

### Bibliografia e materiale didattico

L. Kleinrock QUEUEING SYSTEMS Vol.1 Theory Wiley Interscience 1975  
Stefano Giordano Registrazione di tutte le lezioni in italiano ed in inglese  
Stefano Giordano Dispense delle Lezioni  
Gregorio Procissi Dispense delle Esercitazioni  
Rosario G. Garroppo Tecniche Numeriche per la soluzione di problemi di ingegneria del teletraffico

### Indicazioni per non frequentanti

E' possibile seguire tutte le lezioni teoriche in lingua italiana o inglese mediante l'accesso alla piattaforma Moodle. Questo non intende disincentivare la presenza degli studenti a lezione ed l'aspetto relativo all'apprendimento cooperativo ed alla co-costruzione di conoscenze e competenze.

### Modalità d'esame

Prova scritta della durata di 2 ore dove vengono proposti 2 o 3 esercizi. L'esame scritto è superato se la valutazione è superiore a 18/30  
La prova scritta è inoltre considerata superata se si ottiene la sufficienza (18/30) nella media ottenuta su due prove intermedie (midterm) della durata di 2 ore proposti agli studenti durante il semestre  
(Solo per gli ingegneri delle telecomunicazioni)  
Prova pratica della durata di 2 ore dove viene richiesto lo sviluppo di una funzione MATLAB per la soluzione di un problema di Ing. del Teletraffico. La prova si considera superata se lo studente ottiene un giudizio almeno sufficiente 18/30.  
Prova orale

### Stage e tirocini

I contenuti del corso favoriscono il reclutamento degli studenti nell'ambito di stage e tirocini presso operatori o fornitori di servizi in ambito ICT

### Pagina web del corso

<http://elearn.ing.unipi.it>

