

---

# Testi del Syllabus

---

Docente

**FERRARI GIANLUIGI**

Matricola: **006099**

---

Anno offerta:

**2013/2014**

Insegnamento:

**1005251 - NETWORK PERFORMANCE**

Corso di studio:

**5052 - COMMUNICATION ENGINEERING - INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI**

Anno regolamento:

**2013**

CFU:

**6**

Settore:

**ING-INF/03**

Tipo attività:

**B - Caratterizzante**

Partizione studenti:

**-**

Anno corso:

**1**

Periodo:

**Secondo Semestre**

---



# Testi in italiano

## Tipo testo

## Testo

### Lingua insegnamento

Inglese

### Contenuti

Legge di Little. Processi di Poisson. Proprietà PASTA. Processi di rinnovo. LA CODA M/G/1. Analisi di prestazione delle LAN (Controllore ideale. TDMA/FDMA. Aloha. Slotted Aloha). Analisi di prestazione delle reti geografiche. Catene di Markov tempo discrete (DTMC). La coda Geo/Geo/1. La coda Legge di Little. Processi di Poisson. Proprietà PASTA. Processi di rinnovo. LA CODA M/G/1. Analisi di prestazione delle LAN (Controllore ideale. TDMA/FDMA. Aloha. Slotted Aloha). Analisi di prestazione delle reti geografiche. Catene di Markov tempo discrete (DTMC). La coda Geo/Geo/1. La coda Geo/Geo/1/B. La rete Aloha slottata. La coda M/G/1. La coda M/G/1/B. La rete Ethernet (mini)slottata. Catene di Markov assorbenti (AMC). Catene di Markov tempo continue (CTMC). Cenni ai processi semi-Markov. La coda M/M/1. Catene di Markov assorbenti (AMC). Catene di Markov tempo continue (CTMC). Cenni ai processi semi-Markov. La coda M/M/1.

### Testi di riferimento

Dispense di "Reti di Telecomunicazioni B" del Prof. Bononi (disponibili al centro documentazione).  
Altri riferimenti:  
[1] D. P. Bertsekas, R. Gallager, Data networks, 2nd Ed. Prentice Hall, 1992.  
[2] J. L. Hammond, P. J.P. O'Reilly, Performance analysis of Local Computer Networks. Addison Wesley, 1986.  
[3] A. Leon-Garcia, Probability and random processes for electrical engineering, 2nd Ed. Addison Wesley, 1994.  
[4] S. Ross, Stochastic Processes. Wiley, 1983.  
[5] A. S. Tanenbaum, Computer Networks, 2nd Ed. Prentice-Hall, 1989.  
[6] M. Schwartz, Telecommunication Networks. Addison-Wesley, 1987.  
[7] J. G. Kemeny, H. Mirkil, J. L. Snell, G. L. Thompson, Finite mathematical structures. Prentice Hall, 1959.  
[8] D. Gross, C. M. Harris, Fundamentals of Queuing Theory. Wiley, 1985.  
[9] H. Takagi, Queueing Analysis: A Foundation of Performance Evaluation. Volume III: Discrete-time Systems. North-Holland, Amsterdam, Holland, 1991.

### Obiettivi formativi

Gli obiettivi del corso, in termini di conoscenza e comprensione, sono i seguenti:  
- fornire allo studente la padronanza di tecniche matematiche per l'analisi di prestazione di reti di telecomunicazioni;  
- fornire allo studente la capacità di astrarre scenari applicativi reali di reti di telecomunicazioni.

Le capacità di applicare le conoscenze e comprensione elencate sopra risultano essere in particolare:  
- analizzare e descrivere una rete di telecomunicazione;  
- valutare le prestazioni di reti di telecomunicazione.

Il corso ha come obiettivo anche quello di migliorare l'autonomia di giudizio e le capacità comunicative attraverso la redazione di una breve relazione su un articolo di letteratura recente.

### Metodi didattici

Nel corso delle lezioni verranno esaminati i temi connessi alle prestazioni di reti di telecomunicazione come indicato nel programma. Durante il corso si prevederanno anche esercitazioni su applicazioni legate agli argomenti del corso.

## Tipo testo

## Testo

### Altre informazioni

Il materiale didattico e di supporto alle lezioni verrà fornito dal docente.

### Modalità di verifica dell'apprendimento

Esame scritto sulla parte teorica e discussione di articolo recente di letteratura.

### Programma esteso

#### ANALISI ELEMENTARE DELLE PRESTAZIONI

LEZIONE 1: Introduzione. Legge di Little. Esempi. Intensità di traffico. Probabilità di perdita, throughput. Processi di Poisson e proprietà.

LEZIONE 2: Proprietà PASTA. Processi di rinnovo. Proprietà. Esempi.

LEZIONE 3: LA CODA M/G/1: Analisi valori medi. La formula Pollaczek-Khinchin. Estensioni: server con vacanze. Server con set-up time.

LEZIONE 4: LA CODA M/G/1: Server con set-up time: calcolo del tempo residuo con metodo grafico.

PRESTAZIONI DELLE LAN: Controllore ideale. TDMA/FDMA. Aloha. Slotted Aloha. Confronti col TDM

LEZIONE 5: PRESTAZIONI DELLE LAN: Throughput massimo di Ethernet e Token ring.

Throughput e delay dei sistemi a polling - limited service. Confronto Token-ring con TDMA controllore ideale. Esercizi sul sistema a polling: cicli e rinnovi.

LEZIONE 6: PRESTAZIONI DELLE RETI GEOGRAFICHE. Formula di Kleinrock. Esempi di instradamento ottimo. Throughput e ritardo in reti regolari e traffico uniforme. Topologie.

LEZIONE 7: Esercizio su reti multihop: rotonde a confronto con semafori.

#### ANALISI AVANZATA DELLE PRESTAZIONI

LEZIONE 8: Catene di Markov tempo discrete (DTMC) Matrice di transizione. Legge di aggiornamento.

LEZIONE 9: Esempio: sorgente slottata. Distribuzioni stazionarie. Distribuzione limite. Classificazione degli stati. Ricorrenza. Occupazione degli stati a lungo termine. Ergodicità.

LEZIONE 10: Distribuzione limite in catene ergodiche. Forma canonica della matrice di transizione.

Applicazioni: la coda Geo/Geo/1 ED/LA: Distribuzione a regime, throughput, ritardo.

LEZIONE 11: La coda Geo/Geo/1 ED/LA: Bilancio di flusso. La coda Geo/Geo/1/B: Distribuzione a regime, throughput, loss, ritardo.

La rete Aloha slottata: Distribuzione a regime.

LEZIONE 12: La rete Aloha slottata: throughput, ritardo, dinamica interna. La coda M/G/1: studio della catena embedded.

LEZIONE 13: Richiami MGF e PGF. Formula PK-transform. La coda M/G/1/B, fino a derivazione  $\{p_i^t\}$ .

LEZIONE 14: La coda M/G/1/B: derivazione  $\{p_i^t\}$  (dist. a regime vista da arrivi). La coda M/M/1/B. La rete Ethernet (CSMA-CD) (mini)slottata: Distribuzione a regime  $\{p_i\}$ .

LEZIONE 15: La rete Ethernet (mini)slottata: throughput, ritardo, dinamica interna (accennata).

LEZIONE 16: Catene di Markov assorbenti (AMC): analisi in regime

## **Tipo testo**

## **Testo**

transitorio (inizio).

LEZIONE 17: Esercizi sulle catene di Markov.

LEZIONE 18: Catene di Markov assorbenti (AMC): analisi in regime transitorio (fine).

Catene di Markov tempo continue (CTMC) Tempo di soggiorno negli stati. Legge di aggiornamento dello stato. Matrice dei generatori infinitesimali. Probabilità stazionarie. Bilancio di flusso.

LEZIONE 19: Cenni ai processi semi-Markov. Esempi: la coda M/M/1. Distribuzione a regime. Numero medio in coda e tempo medio d'attesa. Distribuzione del tempo di attesa con disciplina FIFO. Il processo delle partenze.

LEZIONE 20: Assegnazione di articoli di letteratura recenti.

LEZIONE 21: Discussione su articoli di letteratura recenti assegnati.



# Testi in inglese

## Tipo testo

## Testo

### Lingua insegnamento

English

### Contenuti

Little's law. Poisson processes. PASTA property. Renewal processes. M/G/1 queue. LAN performance analysis (Ideal controller. TDMA/FDMA. Aloha. Slotted Aloha). WAN performance analysis. Discrete-Time Markov Chains (DTMCs). Geo/geo/1 queue. Geo/geo/1/B queue. Slotted Aloha network. M/G/1 queue. M/G/1/B queue. (Mini)slotted Ethernet network. Absorbent Markov Chains (AMCs). Continuous Time Markov Chains (CTMCs). Overview of semi-Markov processes. M/M/1 queue. performance analysis (Ideal controller. TDMA/FDMA. Aloha. Slotted Aloha). WAN performance analysis. Discrete-Time Markov Chains (DTMCs). Geo/geo/1 queue. Geo/geo/1/B queue. Slotted Aloha network. M/G/1 queue. M/G/1/B queue. (Mini)slotted Ethernet network. Absorbent Markov Chains (AMCs). Continuous Time Markov Chains (CTMCs). Overview of semi-Markov processes. M/M/1 queue.

### Testi di riferimento

Notes of "Reti di Telecomunicazioni B," ac. year 2008/2009, Prof. Bononi, available at the documentation center (sede didattica).  
Other references:  
[1] D. P. Bertsekas, R. Gallager, Data networks, 2nd Ed. Prentice Hall, 1992.  
[2] J. L. Hammond, P. J.P. O'Reilly, Performance analysis of Local Computer Networks. Addison Wesley, 1986.  
[3] A. Leon-Garcia, Probability and random processes for electrical engineering, 2nd Ed. Addison Wesley, 1994.  
[4] S. Ross, Stochastic Processes. Wiley, 1983.  
[5] A. S. Tanenbaum, Computer Networks, 2nd Ed. Prentice-Hall, 1989.  
[6] M. Schwartz, Telecommunication Networks. Addison-Wesley, 1987.  
[7] J. G. Kemeny, H. Mirkil, J. L. Snell, G. L. Thompson, Finite mathematical structures. Prentice Hall, 1959.  
[8] D. Gross, C. M. Harris, Fundamentals of Queuing Theory. Wiley, 1985.  
[9] H. Takagi, Queueing Analysis: A Foundation of Performance Evaluation. Volume III: Discrete-time Systems. North-Holland, Amsterdam, Holland, 1991.

### Obiettivi formativi

The goals of the course, in terms of knowledge and comprehension, are the following:  
- to allow the student to master mathematical techniques for telecommunication networks' performance analysis;  
- to provide the student the ability to abstract real application scenarios of telecommunication networks.

The abilities to use the knowledge and comprehension skills outline above can be summarized as follows:  
- to analyze and describe a telecommunication network;  
- to evaluate the performance of telecommunication networks.

The course has also the goal of improving the judgement autonomy and the communication skills through the preparation of a short report on a recent literature paper.

### Metodi didattici

During the lectures various topics related to performance analysis of telecommunication networks, as detailed in the program, will be covered. During the course exercises will also be given

### Altre informazioni

The teaching and support material will be provided by the teacher.

## Tipo testo

## Testo

### Modalità di verifica dell'apprendimento

Written exam on the theoretical course material and discussion on a recent literature paper.

### Programma esteso

#### BASIC PERFORMANCE ANALYSIS

LECTURE 1: INTRODUCTION. Little's law. Examples. Traffic Intensity. Loss probability, throughput, Poisson processes and properties.

LECTURE 2: PASTA property. Renewal processes. Properties. Examples.

LECTURE 3: THE M/G/1 QUEUE. Average value analysis. Pollaczek-Khinchin formula. Extensions: (1) server with vacations; (2) server with set-up time and graphical method for residual time computation. Priority classes.

LECTURE 4: Server with set-up time: residual time computation with the total probability theorem. M/G/1 queue with priorities, non-preemptive.

LAN PERFORMANCE. Ideal controller. TDMA/FDMA. Aloha. Slotted Aloha. Comparison with TDMA.

LECTURE 5: Highest throughput of Ethernet and Token ring. Throughput and delay of polling - limited service systems. Comparison between Token-ring and TDMA-based ideal controller. Exercises on polling systems: cycles and renewals.

LECTURE 6: GEOGRAPHIC NETWORK PERFORMANCE. Kleinrock's formula. Examples of optimal routing. Throughput and delay in regular networks with uniform traffic. Topologies.

LECTURE 7: Exercise on multi-hop networks: roundabouts compared to traffic lights.

#### ADVANCED PERFORMANCE ANALYSIS

LECTURE 8: DISCRETE-TIME MARKOV CHAINS (DTMCs). Transition matrix. Updating rule.

LECTURE 9: Example: slotted source. Stationary distributions. Limiting distributions. State classification. Recurrence. Long-term state occupation. Ergodicity.

LECTURE 10: Limiting distribution in ergodic chains. Canonical distribution of the transition matrix.

Application to Geo/Geo/1 ED/LA queue: regime distribution, throughput, delay.

LECTURE 11: The Geo/Geo/1 ED/LA queue: flow balance.

The Geo/Geo/1/B queue: steady-state distribution, throughput, loss, delay.

The slotted Aloha network: steady-state distribution.

LECTURE 12: The slotted Aloha network: throughput, delay, internal dynamics.

The M/G/1 queue: study of the embedded DTMC, with derivation of the steady-state distribution.

LECTURE 13: Basics on moment generating function (MGF) and probability generating function (PGF). PK-transform formula.

The M/G/1/B queue, till the derivation of the steady-state distribution of the departures.

LECTURE 14: The M/G/1/B queue: derivation of the steady-state distribution seen from the arrivals. The M/M/1/B queue.

The (mini)slotted Ethernet (CSMA-CD) network: steady-state distribution.

LECTURE 15: The (mini)slotted Ethernet (CSMA-CD) network: throughput, delay, internal dynamics (mentioned).

## **Tipo testo**

## **Testo**

LECTURE 16: Absorbing Markov chain (AMC): transient regime analysis.

LECTURE 17: Exercises on Markov chains.

LECTURE 18: Absorbing Markov chain (AMC): transient regime analysis (ctd.).

Continuous-time Markov Chains (CTMCs): state updating law; infinitesimal generator matrix; stationary probabilities; global flux balance.

LECTURE 19: Semi-Markov processes (basics). The M/M/1 queue: steady-state distribution; average number of waiting clients and average waiting time; waiting time distribution with FIFO discipline; departures process.

LECTURE 20: Assignment to students of recent literature papers.

LECTURE 21: Discussion on the assigned papers.