

# Testi del Syllabus

Resp. Did.	FERRARI Gianluigi	Matricola: 006099
Anno offerta:	2016/2017	
Insegnamento:	1005251 - NETWORK PERFORMANCE	
Corso di studio:	5052 - COMMUNICATION ENGINEERING - INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI	
Anno regolamento:	2016	
CFU:	6	
Settore:	ING-INF/03	
Tipo Attività:	B - Caratterizzante	
Anno corso:	1	
Periodo:	Secondo Semestre	
Sede:	PARMA	



## Testi in italiano

<b>Lingua insegnamento</b>	Inglese
<b>Contenuti</b>	<p>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</p> <p>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.</p>
<b>Testi di riferimento</b>	<p>Dispense di "Reti di Telecomunicazioni B" del Prof. Bononi (disponibili al centro documentazione e/o forniti dal docente).</p> <p>Altri riferimenti:</p> <p>[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.</p>

<b>Obiettivi formativi</b>	<p>Gli obiettivi del corso, in termini di conoscenza e comprensione, sono i seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- fornire allo studente la padronanza di tecniche matematiche per l'analisi di prestazione di reti di telecomunicazioni;</li> <li>- fornire allo studente la capacità di astrarre scenari applicativi reali di reti di telecomunicazioni.</li> </ul> <p>Le capacità di applicare le conoscenze e comprensione elencate sopra risultano essere in particolare:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- analizzare e descrivere una rete di telecomunicazione;</li> <li>- valutare le prestazioni di reti di telecomunicazione.</li> </ul> <p>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.</p>
<b>Metodi didattici</b>	<p>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.</p>
<b>Altre informazioni</b>	<p>Il materiale didattico e di supporto alle lezioni verrà fornito dal docente.</p>
<b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b>	<p>Esame scritto. Si prevede anche la possibilità di fare delle prove in itinere.</p>
<b>Programma esteso</b>	<p><b>ANALISI ELEMENTARE DELLE PRESTAZIONI</b></p> <p>LEZIONE 1: Introduzione. Legge di Little. Esempi. Intensità di traffico. Probabilità di perdita, throughput. Processi di Poisson e proprietà.</p> <p>LEZIONE 2: Proprietà PASTA. Processi di rinnovo. Proprietà. Esempi.</p> <p>LEZIONE 3: LA CODA M/G/1: Analisi valori medi. La formula Pollaczek-Khinchin. Estensioni: (1) server con vacanze; (2) server con set-up time e metodo grafico per il calcolo del tempo residuo.</p> <p>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. Confronto con TDMA.</p> <p>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.</p> <p>LEZIONE 6: esercitazioni con Matlab su sistemi M/G/1.</p> <p>LEZIONE 7: Esercizi su M/G/1 ed esercizio su incrocio con semafori.</p> <p>LEZIONE 8: PRESTAZIONI DELLE RETI GEOGRAFICHE. Formula di Kleinrock. Esempi di instradamento ottimo. Throughput e ritardo in reti regolari e traffico uniforme. Topologie.</p> <p>LEZIONE 9: Esercizio su reti multi-hop: rotonde confrontate con semafori.</p> <p><b>ANALISI AVANZATA DELLE PRESTAZIONE</b></p> <p>LEZIONE 9 (cnt.): Catene di Markov tempo discrete (DTMC) Matrice di transizione. Legge di aggiornamento.</p> <p>LEZIONE 10: Esempio: sorgente slottata. Distribuzioni stazionarie.</p>

Distribuzione limite. Classificazione degli stati. Ricorrenza. Occupazione degli stati a lungo termine. Ergodicità.

LEZIONE 11: 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 12: 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 13: La rete Aloha slottata: throughput, ritardo, dinamica interna. La coda M/G/1: studio della catena embedded.

LEZIONE 14: Richiami su moment generating function (MGF) e probability generating function (PGF). Formula PK-transform. La coda M/G/1/B, fino a derivazione della distribuzione delle partenze a regime.

LEZIONE 14: La coda M/G/1/B: derivazione  $\{p_i\}$  (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 coda M/G/1/B: derivazione della distribuzione a regime vista dagli arrivi. La coda M/M/1/B.

La rete Ethernet (CSMA-CD) (mini)slottata: distribuzione a regime.

LEZIONE 16: Esercitazioni con Matlab su catene di Markov (articolo PEVA)-1/2.

LEZIONE 17: Esercitazioni con Matlab su catene di Markov (articolo PEVA)-2/2.

LEZIONE 18: La rete Ethernet (mini)slottata: throughput, ritardo, dinamica interna (accennata).

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

LEZIONE 19: Catene di Markov assorbenti (AMC): analisi in regime transitorio (cnt.).

Catene di Markov tempo continue (CTMC): teorema del tempo di soggiorno negli stati.

LEZIONE 20: Catene di Markov tempo continue (CTMC): Legge di aggiornamento dello stato. Matrice dei generatori infinitesimali. Probabilità stazionarie. Bilancio di flusso.

LEZIONE 21: 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.



## Testi in inglese

### 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, and/or provided by the teacher).

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.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Written exam. The possibility of having intermediate tests (midterm and final) is considered.

## 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.

LECTURE 4: Server with set-up time: residual time computation with the total probability theorem.

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: Matlab-based exercises on M/G/1 systems.

LECTURE 7: Exercises on M/G/1 and exercises on intersection with traffic lights.

LECTURE 8: GEOGRAPHIC NETWORK PERFORMANCE. Kleinrock's formula. Examples of optimal routing. Throughput and delay in regular networks with uniform traffic. Topologies.

LECTURE 9: Exercise on multi-hop networks: roundabouts compared to traffic lights.

#### ADVANCED PERFORMANCE ANALYSIS

LECTURE 9(ctd): DISCRETE-TIME MARKOV CHAINS (DTMCs). Transition matrix. Updating rule.

LECTURE 10: Example: slotted source. Stationary distributions. Limiting distributions. State classification. Recurrence. Long-term state occupation. Ergodicity.

LECTURE 11: Limiting distribution in ergodic chains. Canonical distribution of the transition matrix.  
Application to Geo/Geo/1 ED/LA queue: regime distribution, throughput, delay.

LECTURE 12: 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 13: 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 14: 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 15: 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 16: Matlab-based exercises on Markov chains (PEVA paper)-1/2.

LECTURE 17: Matlab-based exercises on Markov chains (PEVA paper)-2/2.

LECTURE 18: The (mini)slotted Ethernet (CSMA-CD) network: throughput, delay, internal dynamics (mentioned).  
Absorbing Markov chain (AMC): transient regime analysis.

LECTURE 19: Absorbing Markov chain (AMC): transient regime analysis (ctd.).  
Continuous-time Markov Chains (CTMCs): sojourn time theorem.

LECTURE 20: Continuous-time Markov Chains (CTMCs): state updating law; infinitesimal generator matrix; stationary probabilities; global flow balance.

LECTURE 21: 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.