

Formulario de Aprobación Curso de Posgrado 2018

Asignatura: Redes de colas y análisis de desempeño en telecomunicaciones

Profesor de la asignatura ¹: Dr Gerardo RUBINO, Senior Researcher, Inria, France
(título, nombre, grado o cargo, Instituto o Institución)

Profesor Responsable Local ¹: Dr. Héctor Cancela, Grado 5, Instituto de Computación
(título, nombre, grado, Instituto)

Instituto ó Unidad: InCo

Departamento ó Area: Departamento de Investigación Operativa

¹ CV si el curso se dicta por primera vez.

(Si el profesor de la asignatura no es docente de la Facultad se deberá designar un responsable local)

Horas Presenciales: 22 ✓

(se deberán discriminar las mismas en el ítem Metodología de enseñanza)

Nº de Créditos: 5 ✓

(de acuerdo a la definición de la UdelaR, un crédito equivale a 15 horas de dedicación del estudiante según se detalla en el ítem metodología de la enseñanza)

Público objetivo y Cupos:

El curso está orientado a estudiantes de posgrado y profesionales interesados en el análisis cuantitativo de las prestaciones de los sistemas organizados en torno al compartido de recursos.

El curso no tiene cupo. ✓

Objetivos: la teoría de colas es una herramienta casi universal en el análisis del desempeño de todo tipo de sistemas, y un área extremadamente activa de las matemáticas aplicadas (una estimación relativamente reciente dió como resultado que mas de la mitad de la producción global de la investigación en matemáticas aplicadas pertenece a dicha área). La teoría vivió una explosión cuantitativa y cualitativa con la llegada de la informática y de sus aplicaciones, en la segunda mitad del siglo XX, y una segunda expansión con el desarrollo de las telecomunicaciones y la aparición omnipresente de Internet a todo nivel en la sociedad.

El objetivo del curso es el de introducir a algunos de los principales capítulos del análisis cuantitativo de sistemas donde hay recursos compartidos, lo que implica el estudio de diferentes tipos de colas y de redes de colas. Desde el punto de vista de las aplicaciones, nos focalizaremos en en análisis de redes de comunicaciones y, en particular, en las tecnologías mas importantes del mundo de la Internet. El curso tendrá entonces tres componentes principales: las bases en las herramientas matemáticas necesarias, esencialmente los modelos Markovianos, el estudio de colas y de redes de colas, y las aplicaciones al análisis de diferentes tecnologías del mundo de las redes de comunicación.

Conocimientos previos exigidos: bases en el uso de grafos en modelización, en probabilidades y en cadenas de Markov, todo a nivel de introducción.

Conocimientos previos fuertemente recomendados: haber tenido algún curso previo en colas.

Otros conocimientos previos útiles: alguna noción de redes de comunicaciones es también útil, aunque no estrictamente necesaria.

Metodología de enseñanza:

(comprende una descripción de la metodología de enseñanza y de las horas dedicadas por el estudiante a la asignatura, distribuidas en horas presenciales -de clase práctica, teórico, laboratorio, consulta, etc.- y no presenciales de trabajo personal del estudiante)

- Horas clase (teórico): 16h
- Horas clase (práctico): –
- Horas clase (laboratorio): –
- Horas consulta: 6h
- Horas evaluación: –
 - Subtotal horas presenciales: 22h
- Horas estudio: 16
- Horas resolución ejercicios/prácticos: 10h
- Horas proyecto final/monografía: 30h
 - Total de horas de dedicación del estudiante: 78h

Forma de evaluación:

La evaluación consistirá en la realización de un conjunto de ejercicios y de una tarea, que deberán ser entregados un mes después del final del curso (la fecha precisa será especificada una vez fijadas las del curso).

Temario:

1. **Refresher sobre modelos Markovianos con espacios finitos o infinitos numerables:**
 - (a) modelos de Markov en tiempo discreto y propiedades principales;
 - (b) modelos de Markov en tiempo continuo y propiedades principales;
 - (c) relaciones entre tiempo discreto y tiempo continuo;
 - (d) técnicas de análisis en transitorio y en equilibrio;
 - (e) procesos puntuales, de renovación, de Poisson.
2. **Introducción al curso:**
 - (a) análisis de desempeño; métricas principales;
 - (b) la cola M/M/1; análisis en equilibrio y aplicaciones;
 - (c) generalización: procesos de nacimiento y muerte, y colas M/Mⁿ;
 - (d) la cola M/M/1 con *scheduling* de tipo *Processor Sharing*;
 - (e) procesos embebidos y aplicaciones;
 - (f) ilustraciones del uso de colas y de las necesidades de su análisis;
 - (g) redes de colas abiertas (Jackson) y cerradas (Gordon-Newell); aplicaciones;
 - (h) la cola M/G/1;
 - (i) introducción a las generalizaciones multiclasa.
3. **Las redes con pérdidas:**
 - (a) el modelo Erlang B y aplicaciones; régimen asintótico;
 - (b) generalización: las redes con pérdidas;
 - (c) la técnica del punto fijo Erlang;

- (d) ejemplos de aplicaciones;
- (e) zoom: análisis y dimensionamiento de redes ópticas;
- (f) generalización: modelo de Engset;
- (g) generalización: modelos multi-clase.
- 4. Desempeño en redes de comunicaciones:
 - (a) modo circuito y modo paquete;
 - (b) modo paquete de tipo tiempo real, y modo paquete de tipo elástico;
 - (c) impacto de las escalas de tiempo en el tipo de modelo;
 - (d) ejemplos de sistemas de comunicaciones y de tipos relevantes de modelos.
- 5. El concepto de ancho de banda efectivo:
 - (a) bases matemáticas (cotas de Chernoff, teorema de Cramer, grandes desvíos);
 - (b) introducción;
 - (c) concepto de ancho de banda efectivo y utilidad.
- 6. Mas ejemplos de aplicaciones:
 - (a) redes inalámbricas;
 - (b) análisis de *caching* en la nube.
- 7. Simulación de colas:
 - (a) *refresher*: simulación a eventos discretos;
 - (b) intervalos de confianza en análisis en transitorio;
 - (c) intervalos de confianza en análisis en equilibrio;
 - (d) estimación de los datos de entrada;
 - (e) un ejemplo de procedimiento especializado para reducción de la varianza en modelos de colas.
- 8. Resultados recientes en investigación:
 - (a) nuevas técnicas de análisis en transitorio; ilustración con la fila M/M/1;
 - (b) nuevas métricas de desempeño: el concepto de efectividad;
 - (c) nuevas herramientas en el análisis de redes ópticas.

El capítulo 8 y algunos puntos del capítulo 6 se realizarán en función del tiempo disponible, o se realizarán parcialmente si el tiempo no permite mas.

Bibliografía

1. "Probability, stochastic processes, and queueing theory - the mathematics of computer performance modeling", Randolph D. Nelson, Springer, 1995.
2. "Stochastic Networks", Frank Kelly y Elena Yudovina, Cambridge University Press, 2014.
3. "Network Performance Analysis", Thomas Bonald y Mathieu Feuillet, Wiley, 2011.

Libros con versiones en línea disponibles

4. "Introduction to Queueing Theory", 2nd edition, Robert B. Cooper, Elsevier North Holland, 1981.
5. "Reversibility and Stochastic Networks", Frank Kelly, Cambridge University Press, 2011.

Durante el curso se entregará una lista mas larga de la rica literatura existente en el área, así como en la de las presentaciones generales de las redes de comunicaciones.



**Facultad de Ingeniería
Comisión Académica de Posgrado**

Datos del curso

Fecha de inicio y finalización: 2do semestre 2018 (fecha exacta a definir)

Horario y Salón: (a definir)
