

---

**Formulario de Aprobación Curso de Posgrado 2015**

**Asignatura:** Monitoreo, caracterización y análisis de tráfico en la Internet de contenidos

---

**Profesor de la asignatura:** Dr. Ing. Pedro Casas, Investigador Senior, FTW Viena, Austria.

**Profesor Responsable Local:** Dr. Ing. Federico La Rocca, Gr. 3, IIE, Facultad de Ingeniería

**Otros docentes de la Facultad:**

**Docentes fuera de Facultad:**

**Instituto ó Unidad:** IIE, Facultad de Ingeniería

**Departamento ó Area:** Telecomunicaciones

---

**Fecha de inicio y finalización:** 14.12.15 – 17.12.15

**Horario y Salón:** Lunes a Jueves, de 17:45 a 21:15, salón a confirmar

**Horas Presenciales:** 17 horas

**Nº de Créditos:** 4

(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:** 20

Estudiantes de Posgrado en temas relacionados con la temática del curso, estudiantes del diploma de especialización en telecomunicaciones; profesionales interesados en el área de network traffic monitoring and analysis.

---

**Objetivos:**

La continua evolución de Internet en la última década se caracteriza por cambios dramáticos en los contenidos que esta ofrece, en la manera en que estos llegan a los usuarios, y en la forma en la que los usuarios acceden a ellos.

La Internet de hoy está compuesta por aplicaciones altamente populares tales como YouTube, Netflix, Facebook, WhatsApp, etc., ofrecidas por grandes proveedores de contenido como Google, y que llegan al usuario final a través de redes de distribución de contenidos (CDNs) tales como Akamai, con el fin de maximizar la experiencia del usuario.

El uso masivo de dispositivos móviles conectados a redes celulares para acceder a dichos contenidos completa un escenario complejo, en el cual una plétora de aplicaciones ofrecidas por diferentes proveedores llega a usuarios móviles a través de múltiples tipos de red.

Comprender el funcionamiento y las características del tráfico asociado a estas nuevas aplicaciones, tipos de red y dispositivos es fundamental para los operadores de red, tanto para optimizar sus propias redes como para mejorar la calidad de servicio ofrecido a los usuarios, especialmente en un contexto de alta competitividad donde la experiencia del usuario final es decisiva a la hora de contratar un servicio de acceso a internet.

El monitoreo y análisis del tráfico de red a gran escala permite abordar éste y otros problemas asociados a la explosión del volumen de tráfico transportado en redes de gran porte como Internet.

---

Este curso introductorio al monitoreo, caracterización y análisis de tráfico de red tiene por objetivo el presentar un abanico de aplicaciones modernas y de alta relevancia industrial, asociadas al estudio de la Internet de nuestros días. El curso abarca temas variados asociados al análisis de tráfico de red, incluyendo el monitoreo y análisis de tráfico a gran escala en redes celulares, la caracterización de redes de distribución de contenido, el estudio de plataformas de análisis de Big Data en redes, plataformas de metrología globales y distribuidas, técnicas de Machine Learning para análisis de datos, clasificación automática del tráfico de red, detección de ataques de red y de anomalías de tráfico, así como también la predicción y evaluación de la Calidad de Experiencia (QoE) en múltiples aplicaciones multimedia y en servicios ofrecidos sobre la nube (Cloud QoE).

---

**Conocimientos previos exigidos:**

El estudiante debe tener conocimiento de los conceptos básicos de redes de telecomunicaciones, así como también manejar conceptos básicos de matemáticas y estadística.

---

**Conocimientos previos recomendados:**

Experiencia previa en el análisis estadístico de datos es altamente recomendable.

---

**Metodología de enseñanza:**

- Horas clase (teórico): 14
- Horas clase (práctico): 0
- Horas clase (laboratorio): 0
- Horas consulta: 3
- Horas evaluación: 0
  - Subtotal horas presenciales: 17
- Horas estudio: 0
- Horas resolución ejercicios/prácticos: 0
- Horas proyecto final/monografía: 45
  - Total de horas de dedicación del estudiante: 62

---

**Forma de evaluación:**

Monografía asociada al estudio práctico de uno de los temas del curso, utilizando bases de datos de tráfico y mediciones de Internet disponibles de forma pública en la red.

---

**Temario:**

**Módulo 1 - Introducción y Monitoreo de Tráfico de Red a gran Escala**

- \* Introducción y temario del curso
- \* Monitoreo y Análisis de Tráfico en Internet
- \* Monitoreo de Tráfico en Redes Celulares
- \* Plataformas para Análisis de Tráfico y Metrología de Red de gran Escala

\* Estudio y caracterización de CDNs

**Módulo 2 - Machine Learning para Análisis de Tráfico**

- \* Introducción
- \* Técnicas de Aprendizaje Supervisado
- \* Técnicas de Aprendizaje no Supervisado
- \* Selección de Características
- \* Aplicaciones de ML en Networking (Seguridad, Detección y Diagnóstico de Anomalías, Predicción de QoE)

**Módulo 3 - Clasificación y Caracterización de Tráfico**

- \* Introducción
- \* Técnicas de Clasificación de Tráfico
- \* Clasificación de Aplicaciones Web
- \* Clasificación de Tráfico Semi-Supervisado
- \* Aplicaciones y Ejemplos

**Módulo 4 - Calidad de Experiencia (QoE) en Redes Celulares**

- \* Introducción a los conceptos de QoE
- \* Modelado y Evaluación de QoE
- \* QoE en Servicios Web y Cloud
- \* Monitoreo de Tráfico Basado en QoE
- \* QoE en Redes Celulares y Terminales Móviles

**Módulo 5 - Detección de Anomalías en Tráfico de Red y Conclusiones**

- \* Introducción al problema de detección de Anomalías en tráfico de red
- \* Técnicas de detección de anomalías en tráfico de red
- \* Detección y diagnóstico de anomalías de performance y QoE
- \* Detección de ataques de red 0-day
- \* Conclusiones del curso y coordinación de la tarea final

---

**Bibliografía:**

**Data Traffic Monitoring and Analysis: From Measurement, Classification, and Anomaly Detection to Quality of Experience,**  
E. Biersack, C. Callegari, M. Matijasevic (eds.),  
Lecture Notes in Computer Science, vol 7754, 2013.

**mPlane: an Intelligent Measurement Plane for the Internet,**  
B. Trammell, P. Casas, D. Rossi, A. Bär, Z. Ben-Houidi, I. Leontiadis, T. Szemethy, M. Mellia,  
IEEE Communications Magazine, vol. 52(5), 2014.

**When YouTube Does not Work - Analysis of QoE-Relevant Degradation in Google CDN Traffic**  
P. Casas, A. D'Alconzo, P. Fiadino, A. B'ar, A. Finamore, T. Zseby  
IEEE Transactions on Network and Service Management, vol. 11, no. 4, pp. 441-457, 2014.

**Taming QoE in Cellular Networks: from Subjective Lab Studies to Measurements in the Field**  
P. Casas, B. Gardlo, M. Seufert, F. Wamser, R. Schatz  
11th International Conference on Network and Service Management (CNSM), 2015.

**Understanding YouTube QoE in Cellular Networks with YoMoApp - a QoE Monitoring Tool for YouTube Mobile**  
F. Wamser, M. Seufert, P. Casas, R. Irmer, P. Tran-Gia, R. Schatz  
ACM MOBICOM, 2015.

**Exploring QoE in Cellular Networks: How Much Bandwidth do you Need for Popular Smartphone Apps?**  
P. Casas, R. Schatz, F. Wamser, M. Seufert, R. Irmer  
5th ACM SIGCOMM Workshop on All Things Cellular: Operations, Applications and Challenges, 2015.

**RCATool - A Framework for Detecting and Diagnosing Anomalies in Cellular Networks**



## Facultad de Ingeniería Comisión Académica de Posgrado

P. Fiadino, A. D'Alconzo, M. Schiavone, P. Casas  
27th International Teletraffic Congress (ITC), 2015.

**Online Social Networks Anatomy: on the Analysis of Facebook and WhatsApp in Cellular Networks**  
P. Fiadino, P. Casas, M. Schiavone, A. D'Alconzo  
14th IFIP Networking, 2015.

**MTRAC - Discovering M2M Devices in Cellular Networks from Coarse-grained Measurements**  
A. Bär, P. Svoboda, P. Casas  
IEEE International Conference on Communications (ICC), 2015.

**On the Quest for New KPIs in Mobile Networks: The Impact of Throughput Fluctuations on QoE**  
P. Casas, A. Sackl, R. Schatz, L. Janowski, J. Turk, R. Irmer  
IEEE ICC Workshop on Quality of Experience-based Management for Future Internet Applications and Services, 2015.

**Hunting Attacks in the Dark: Clustering and Correlation Analysis for Unsupervised Anomaly Detection**  
J. Mazel, P. Casas, R. Fontugne, K. Fukuda, P. Owezarski  
International Journal of Network Management, WILEY, to appear, 2015.

**Large-scale Network Traffic Monitoring with DBStream, a System for Rolling Big Data Analysis**  
A. Bär, A. Finamore, P. Casas, L. Golab, M. Mellia  
IEEE International Conference on Big Data, 2014.

**Cache-Oblivious Scheduling of Shared Workloads**  
A. Bär, L. Golab, S. Ruehrup, M. Schiavone, P. Casas  
31st IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE), 2015.

**DBStream: an Online Aggregation, Filtering and Processing System for Network Traffic Monitoring,**  
A. Bär, P. Casas, L. Golab, A. Finamore,  
5th International Workshop on Traffic Analysis and Classification, 2014.

**Vivisectioning WhatsApp through Large-Scale Measurements in Mobile Networks,**  
P. Fiadino, M. Schiavone, P. Casas,  
ACM SIGCOMM 2014.

**Characterizing Web Services Provisioning via CDNs: The Case of Facebook,**  
P. Fiadino, A. D'Alconzo, P. Casas,  
5th International Workshop on Traffic Analysis and Classification, 2014.

**Inside Dropbox: Understanding Personal Cloud Storage Services**  
I. Drago, M. Mellia, M. Munafo, A. Sperotto, R. Sadre, A. Pras,  
ACM IMC 2012.

**YouTube Everywhere: Impact of Device and Infrastructure Synergies on User Experience,**  
A. Finamore, M. Mellia, M. Munafo, R. Torres, S. Rao,  
ACM IMC 2011.

**Dissecting Video Server Selection Strategies in the YouTube CDN,**  
R. Torres, A. Finamore, J. Kim, M. Mellia, M. Munafo, S. Rao,  
ICDCS 2011.

**Pattern Classification, 2nd edition,**  
R.O. Duda, P.E. Hart, D.G. Stork.

**Statistical Pattern Recognition: A Review,**  
A. K. Jain, R. P.W. Duin, J. Mao,  
IEEE Tran. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 22(1), 2000.

**Data Clustering: 50 Years Beyond K-means**  
A. K. Jain,  
Pattern Recognition Letters, vol. 31(8), 2010.

**SeLeCT: Self-Learning Classifier for Internet Traffic**  
L. Grimaudo, M. Mellia, E. Baralis, R. Keralapura,  
IEEE Trans. on Network and Service Management, vol 11(2), 2014.

**IP Mining: Extracting Knowledge from the Dynamics of the Internet Addressing Space,**  
P. Casas, P. Fiadino, A. Bär,  
25th International Teletraffic Congress, 2013.

**Mini-IPC: A Minimalist Approach for HTTP Traffic Classification using IP Addresses,**  
P. Casas, P. Fiadino,  
4th International Workshop on Traffic Analysis and Classification, 2013.

**HTTPTag: A Flexible On-line HTTP Classification System for Operational 3G Networks,**  
P. Fiadino, A. Bär, P. Casas,  
IEEE INFOCOM, 2013.

**MINETRAC: Mining Flows for Unsupervised Analysis & Semi-Supervised Classification**  
P. Casas, J. Mazel, P. Owezarski  
23rd International Teletraffic Congress, 2011.

**Quality of Experience in Cloud Services: Survey and Measurements**  
P. Casas, R. Schatz,  
Computer Networks, vol. 68(5), 2014.

**YOUQMON: A System for On-line Monitoring of YouTube QoE in Operational 3G Networks,**  
P. Casas, M. Seufert, R. Schatz,  
ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review, vol.41(2), 2013.

**Monitoring YouTube QoE: Is Your Mobile Network Delivering the Right Experience to your Customers?,**  
P. Casas, R. Schatz, T. Höbfeld,  
IEEE Wireless Communications and Networking Conference, 2013.

**Qualinet White Paper on Definitions of Quality of Experience,**  
European Network on Quality of Experience in Multimedia Systems and Services,  
COST Action IC 1003, 2013.

**A First Look at Quality of Experience in Personal Cloud Storage Services,**  
P. Casas, H. R. Fischer, S. Suetter, R. Schatz,  
IEEE Workshop on Mobile Cloud Networking and Services, 2013.

**Quality of Experience in Remote Virtual Desktop Services,**  
P. Casas, M. Seufert, S. Egger, R. Schatz,  
IFIP/IEEE Workshop on QoE-Centric Management, 2013.

**Quality of Experience in Telepresence and Remote Collaboration Cloud Services,**  
P. Casas, D. Paraskevopoulou, G. Settanni, S. Suetter, P. Zwickl, R. Schatz,  
4th International Workshop on Perceptual Quality of Systems, 2013.

**YouTube & Facebook Quality of Experience in Mobile Broadband Networks,**  
P. Casas, A. Sackl, S. Egger, R. Schatz,  
IEEE Workshop on Quality of Experience for Multimedia Communications, 2012.

**On the Detection of Network Traffic Anomalies in Content Delivery Network Services,**  
P. Fiadino, A. D'Alconzo, A. Bär, A. Finamore, P. Casas,  
26th International Teletraffic Congress, 2014.

**UNADA: Unsupervised Network Anomaly Detection using Sub-Space Outliers Ranking,**  
P. Casas, J. Mazel, P. Owezarski,  
10th IFIP Networking, 2011.

**Optimal Volume Anomaly Detection and Isolation in Large-Scale IP Networks using Coarse-Grained Measurements**  
P. Casas, S. Vaton, L. Fillatre, I. Nikiforov,  
Computer Networks, vol. 54(11), 2010.

**Knowledge-Independent Traffic Monitoring: Unsupervised Detection of Network Attacks**  
P. Casas, J. Mazel, P. Owezarski,  
IEEE Network Magazine, vol.26(1), 2012.

