**Universidad del Cauca**

**Instituto de postgrados en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**

**Programas de Maestría y Doctorado en Ingeniería Telemática**

**Seminario de Investigación**

***Titulo de la relatoría:***

**Modelado del Tráfico Generado por el Servicio de Video en Vivo en Redes Móviles LTE con Calidad de la Experiencia**

**Relator: M.Sc. Héctor Fabio Bermúdez Orozco, estudiante de Doctorado**

**Co-relator: Ph.D. José Luis Arciniegas**

**Protocolante: Ing. Carlos Felipe Estrada Solano, estudiante de Doctorado**

**Fecha:** 26 de febrero de 2016

**Hora de Inicio:** 10:00 a.m.

**Hora de Finalización:** 11:00 a.m.

**Lugar:** Universidad del Cauca, Popayán

**Asistentes:**

Ph.D. José Luis Arciniegas (Coordinador del seminario y Co-relator)

M.Sc. Héctor Fabio Bermúdez Orozco (Relator)

Estudiantes de Maestría y Doctorado en Telemática (Universidad del Cauca)

Estudiantes de Pregrado de la FIET (Universidad del Cauca)

**Orden del día:**

1. Presentación a cargo del relator.
2. Intervención del co-relator
3. Discusión.
4. Conclusiones

**Desarrollo:**

**1- Presentación a cargo del relator:**

El M.Sc. Héctor Bermúdez inicia la presentación de su propuesta de investigación para el Doctorado en Ingeniería Telemática mencionando a su director, el Ph.D. José Luis Arciniegas, y su co-tutor, el Ph.D. Wilmar Campo.

Como agenda de la presentación expone los siguientes elementos: la introducción, los conceptos relevantes, el planteamiento del problema, los trabajos relacionados, las brechas, la pregunta de investigación, la hipótesis, los objetivos y el progreso alcanzado hasta el momento.

**Introducción**

El M.Sc. Bermúdez explica que el tráfico de datos móviles en los últimos años ha tenido un aumento inesperado, resaltando que las tasas de crecimiento que ha experimentado este tipo de tráfico es un gran inconveniente para el despliegue de los recursos de red que soportarán los diferentes tipos de servicios requeridos por los usuarios.

Seguido, el relator muestra en una figura el total de tráfico móvil mensual en unidades de Petabytes por mes, indicando que *(i)* el tráfico de datos y el tráfico de voz son muy similares en el primer trimestre del año 2010, *(ii)* a partir del 2010, el tráfico de datos comienza a experimentar un crecimiento casi tipo exponencial, alcanzando el doble del tráfico de vos para el cuarto trimestre del mismo año; y *(iii)* el crecimiento anual del 65% del tráfico de datos generados por usuarios móviles entre el cuatro trimestre del año 2014 y el cuarto trimestre del año 2015 demuestra un crecimiento inesperado del tráfico de datos de usuarios móviles a nivel mundial.

Luego, el expositor señala que este tráfico de datos se encuentra dividido en diferentes tipos de servicios, donde el video en usuarios móviles representa un alto porcentaje del mismo. Como ejemplo, menciona que en muchas de las redes móviles actuales, entre el 40-60% del tráfico de vídeo es generado por Youtube. Además, expone que para el video móvil se estima un crecimiento del 45% anual hasta el año 2020, hasta alcanzar el 55% del total de tráfico de datos móviles. En este sentido, resalta que los consumidores prefieren cada vez más el uso del móvil basado en aplicaciones sobre navegación web, tal como el streaming de música, cuyas funciones como almacenamiento en caché de contenido y fuera de las listas de reproducción limitan el impacto en el crecimiento de este tipo de tráfico. Sin embargo, todavía se espera que el tráfico de audio pueda aumentar en línea con el crecimiento total del tráfico móvil

Continuando, el M.Sc. Bermúdez presenta las cifras de la cantidad de suscriptores móviles a nivel mundial a finales del año 2015, donde aproximadamente 7300 millones de usuarios se agrupan de la siguiente forma: suscripciones a Smartphone, 5G, router móviles, tabletas y PC móviles, banda ancha. Adicionalmente, especifica el tipo de tecnología inalámbrica usada: GSM/EDGE, WCDMA/HSPA y LTE. Con base en estas cifras, establece que se espera un crecimiento a 9100 millones de usuarios al año 2021, discriminando los tipos de suscripciones y las tecnologías inalámbricas utilizadas. Resalta que el incremento que tendrá la tecnología inalámbrica LTE pasará de 1.000 de suscriptores a finales del 2015 a 4.100 millones en el año 2021.

En otra figura, el relator expone los datos de cobertura inalámbrica para la población mundial, donde se muestra que para el año 2020 cerca del 90% de la población mundial será cubierta por redes móviles de banda ancha. Destaca que el crecimiento que tendrá la tecnología LTE pasará de una cobertura del 40% en el 2014 a más del 70% en el año 2020.

Para finalizar, el expositor menciona que el escenario de uso de redes inalámbricas, pronósticos de tráfico y crecimiento de usuario mostrado previamente pone en evidencia los siguientes aspectos:

* Existe un crecimiento exponencial del tráfico de datos en redes inalámbricas a nivel mundial.
* El servicio de vídeo es el que actualmente y a futuro requiere la mayor parte de ese tráfico.
* Las redes LTE son las tecnologías actuales y futuras de mayor uso por parte de los usuarios.

**Conceptos Relevantes**

*Modelo de tráfico*

El M.Sc. Bermúdez explica que la realización de un análisis de tráfico proporciona herramientas que ayudan a determinar el impacto de la implementación de nuevos servicios y la previsión oportuna de situaciones no deseadas. Por esta razón, aclara que los modelos o modelado de tráfico son esenciales para la evaluación de las prestaciones de una red de telecomunicaciones, permitiendo además realizar pruebas en entornos controlados sin afectar el comportamiento de la red y de los usuarios.

Primero, define los bancos de prueba como una representación a escala del entorno real del servicio que permite capturar con precisión las transacciones detalladas de la red, presentando como desventaja los costos en infraestructura. Como ejemplo, menciona PlanetLab, una colección de máquinas distribuidas a través de Internet que funciona como un laboratorio para que los investigadores desarrollen nuevos servicios.

Segundo, describe la emulación como una alternativa a usar antes de una implementación real para servicios de Internet a gran escala, entre los cuales se encuentran OPNET y NS3, ambos con librerías LTE.

Después, el relator aclara que actualmente se han desarrollado todo tipo de modelos para describir de forma precisa el tráfico sobre redes de datos, basándose en el hecho de que este tipo de tráfico presenta un alto índice de auto-correlación, dependiendo, en cierta medida, de sus valores pasados. Para este punto, expone la Dependencia de Rango Corto (SDR, Short Range Dependence) y la Dependencia de Rango Largo (LRD, Large Range Dependence)

Seguidamente, el expositor declara que las series de tiempo son una herramienta estadística interesante que permite modelar el comportamiento de diversos tipos de variables aleatorias, permitiendo caracterizar su comportamiento y, adicionalmente, a diferencia de otros modelos, permite predecir los posibles valores futuros que tendrá una determinada variable aleatoria, basándose únicamente en los valores pasados de dicha variable. Adicionalmente, resalta que este enfoque ha sido utilizado en economía, en ciencias físicas, en estudios demográficos, en procesos de control y, últimamente, en redes IP.

*Videostreaming*

El M.Sc. Bermúdez describe el streaming como la distribución digital de multimedia a través de una red de computadoras de manera que el usuario consume el producto (generalmente archivo de vídeo o audio) en paralelo mientras se descarga. Aclara que la palabra streaming se refiere a una corriente continuada que fluye sin interrupción y destaca que el Video en Vivo (LVS, Live VideoStreaming) es uno de los servicios que más ha influido en el crecimiento del tráfico.

El relator explica que el éxito del servicio de streaming de video se enfoca en que el usuario pueda desplegar en su dispositivo el contenido con un mínimo de fallas y retrasos, razón por la cual son importantes las tareas de gestión, tales como el monitoreo y control del ancho de banda, retardo, jitter, throughput y pérdida de paquetes. En este sentido, resalta que existe mayor complejidad en ambientes inalámbricos, debido a la cobertura de la señal inalámbrica, la alta tasa de pérdidas de paquetes y la inestabilidad del canal inalámbrico, producto de fenómenos propios del canal, por ejemplo, multi-trayectos, desvanecimientos, interferencia y ruido.

Por otra parte, divide los métodos de la Evaluación de Calidad de Video (VQA, Video Quality Assessment) en Subjetivos y Objetivos. Particularmente, señala que las métricas objetvas se utilizan principalmente para evaluar la diferencia entre un video de referencia y un video de prueba, mientras que las métricas subjetivas son capaces de medir con confiabilidad la calidad del video que es percibida por el Sistema Visual Humano (HVS, Human Visual System) realizada por el usuario.

Seguidamente, menciona que LVS tiene dos importantes parámetros de QoS (Playback Delay y Playback Smooth) y utiliza el Protocolo de Flujo en Tiempo Real (RTSP, Real Time Streaming Protocol), el Protocolo en Tiempo Real (RTP, Real Time Protocol) y el Protocolo de Descripción de Sesión (SDP, Session Description Protocol).

Por último, resalta que se debe de tener en cuenta el servicio de video por parte de los operadores, especialmente en los servicios de tiempo real donde las principales dificultades es la presencia de medidas temporales (medida de flujo de llegada/salida y la medida de llegada de paquetes) y las métricas de QoS para streaming adaptativo HTTP (probabilidad inanición y retraso de puesta en marcha).

**Planteamiento del Problema**

El estudiante aclara que el problema de crecimiento de tráfico se encuentra enmarcado en el servicio de video (i.e., LVS), las Redes de Acceso Radio (RAN, Radio Access Networks) y la Evaluación de Calidad de Video (VQA, Video Quality Assessment). Luego, explica los problemas encontrados en cada uno y sus posibles alternativas de solución.

*LVS*

* Problema: eficiencia de ancho de banda. Alternativa: streaming adaptativo dinámico, DASH.
* Problema: eficiencia de tráfico. Alternativa: adaptación a las propiedades de las Redes de Distribución de Contenidos (CDN, Content Delivery Networks), como LTE-A.
* Problema: el estrés por el retardo en el streaming. Alternativa: aplicar QoE para interrupciones temporales causadas por movilidad, re-conexión y conexiones a redes particulares.

*RAN*

* Problema: implementación de nuevos servicios. Alternativa: bancos de prueba para el despliegue y configuración de escenarios.
* Problema: tecnología de desarrollo. Alternativa: oportunidades para nuevos desarrollos.

*VQA*

* Problema: métricas indefinidas. Alternativa: video LTE y adopción de métricas de otros escenarios, como IPTV.
* Problema: medición de la QoE. Alternativa: relación entre QoS y QoE, tales como Hypothesis IQX-Goran y ecuaciones diferenciales parciales de Fiedler.

**Trabajos Relacionados**

El M.Sc. Bermúdez presenta los trabajos relacionados con las problemáticas anteriormente expuestas (i.e., LVS, RAN y VQA), incluyendo las contribuciones y debilidades de cada uno de ellos. El expositor explicó 18 trabajos relacionados en total, divididos de la siguiente manera: 6 trabajos de LVS, 2 trabajos de RAN y 10 trabajos de VQA.

**Brechas**

El relator muestra las siguientes brechas de investigación identificadas a partir del planteamiento del problema y de los trabajos relacionados:

* No se evidencian servicios de LVS basado en DASH aplicado a redes inalámbricas.
* No hay métricas claras en la medición de QoE para el servicio de LVS.
* No es evidente la medición de QoE a partir de parámetros de QoS para el servicio de LVS.
* No se evidencian de ambientes de emulación para el servicio de LVS en redes inalámbricas.
* No se evidencian estudios de modelado de tráfico para el servicio de LVS en redes inalámbricas.

**Pregunta de Investigación**

A partir de las brechas encontradas y las falencias consideradas en el planteamiento del problema, el estudiante presenta la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el modelo de tráfico que caracteriza el comportamiento del servicio de video en vivo, aplicado a la tecnología LTE como red de acceso de radio bajo parámetros de QoE?

**Hipótesis**

El M.Sc. Bermúdez plantea la siguiente hipótesis: el modelado de tráfico del servicio de Video en Vivo soportado por la red móvil inalámbrica con tecnología LTE, permitirá a los diseñadores y planificadores de red contar con una herramienta de emulación para predecir el comportamiento del servicio LVS.

**Objetivos**

Como objetivo general, el relator propone obtener el modelado de tráfico del servicio de Videostreaming en vivo que permita evaluar su rendimiento en una red de comunicación móvil inalámbrica con tecnología LTE bajo parámetros de Calidad de la Experiencia - QoE.

Adicionalmente, menciona los siguientes objetivos específicos:

* Construir un banco de pruebas donde se analice el tráfico generado por la prestación del servicio de videostreaming en vivo sobre una red LTE.
* Determinar los diferentes parámetros que define un servicio de videostraming en Vivo- DASH soportado por redes LTE con parámetros de QoE.
* Caracterizar el tráfico para un servicio de videostreaming en vivo soportado por redes LTE con parámetros de QoE.
* Desarrollar y validar un modelo básico a partir de trazas de tráfico reales del servicio de videostreaming en vivo sobre una red LTE.
* Construir escenarios de prueba que permitan evaluar el desempeño de la red LTE con el servicio de LVS bajo parámetros de QoE.

**Avances**

En esta sección, el M.Sc. Bermúdez describe los avances significativos en el desarrollo de su propuesta de investigación:

* Envío a evaluación en la Revista Entre Ciencia e Ingeniería, índice B en Publindex, el artículo donde se publica el informe final del análisis sistemático del tema en desarrollo, titulado: “Estado del arte de los métodos de evaluación de QoE y Entornos de emulación para el servicio de vídeo en redes LTE”.
* Desarrollo del proceso de automatización del análisis de tráfico del servicio de videostreaming, el cual parte de analizadores léxicos desarrollados por el Ph.D. Wilmar Campo en su tesis doctoral. En este punto, el estudiante explica que dichos analizadores léxicos son completamente funcionales mediante comandos en el terminal del sistema operativo Linux, aclarando que no cuentan con una interfaz gráfica de usuario para automatizar su funcionamiento. De esta forma, señala que esta aplicación se enfoca en el desarrollo y la adaptación de una interfaz gráfica de usuario que permita facilitar el proceso de extracción de contenidos de tráfico que son soportados por el protocolo en tiempo real de videostreaming RTSP y el protocolo en tiempo real de mensajería RTMP para su posterior estudio.

**2- Intervención del co-relator**

El Ph.D. José Luis Arciniegas explica que no va a actuar como co-relator de esta sesión debido a su segundo rol como coordinador del seminario, por lo tanto da paso a la sección de preguntas y discusión.

**3- Discusión**

El M.Sc. Carlos Tobar pregunta qué métricas de QoE se han identificado y cómo se relacionan con las métricas de QoS, aclarando que las primeras tienden a ser más subjetivas y las segundas más objetivas.

El M.Sc. Héctor Bermúdez responde que se está trabajando en QoE enfocada en métricas obtenidas de QoS, tales como jitter, throughput y ancho de banda, las cuales por medio de un tratamiento específico, el cual se encuentra en estudio, permiten obtener la QoE. Después, comenta que en QoE existen una gran variedad de métricas subjetivas, siendo la Nota de Opinión Media una de las más utilizadas, pero que no las ha estudiado profundamente ya que el enfoque del proyecto son las métricas que se pueden obtener a partir del servicio, es decir, las objetivas. Explica que lo anterior se debe a que dichas métricas de QoE subjetivas implican un mayor costo y tiempo para obtenerlas, puesto que se deben verificar parámetros como la usabilidad, luminancia, ambiente y temperatura, mientras que las métricas asociadas a QoS se pueden obtener de una forma más simple y rápida.

El M.Sc. Gabriel Chanchi, primero, menciona que el trabajo estuvo bien presentado y estructurado. Luego, pregunta por qué se seleccionó QoE y no solamente QoS, teniendo en cuenta que el trabajo presenta unas brechas interesantes que podrían ser abordadas únicamente desde la QoS para lograr aportes interesantes, principalmente el modelo de tráfico para el video en vivo. Adicionalmente, menciona que al incluir QoE se incrementa demasiado la extensión y la complejidad del proyecto.

El M.Sc. Héctor Bermúdez accede a realizar un análisis de la propuesta del M.Sc. Chanchi, señalando que en ya se encuentra con un gran problema para obtener QoE a partir de parámetros QoS: no existe una relación completamente definida entre las métricas de QoE y QoS, lo cual podría ser el enfoque de su trabajo.

Seguidamente, el M.Sc. Chanchi pregunta cuál es el escenario planteado en el quinto (5) objetivo para validar el modelo propuesto: emulación y/o simulación?

El M.Sc. Héctor Bermúdez explica que el modelo básico se construye a partir de la emulación del servicio de video en vivo, la cual se compone de una simulación de LTE y de un servidor que inyecta tráfico real para dicho servicio. Luego, señala que este modelo básico se valida con parámetros y métricas del servicio en QoE o QoS, de acuerdo al enfoque seleccionado. Finalmente, expone que la extrapolación de dicho modelo a otros escenarios permitirá obtener los resultados de un modelo validado a nivel básico.

Siguiendo la discusión, el M.Sc. Chanchi solicita la diferencia entre caracterizar el tráfico y modelar el tráfico.

El M.Sc. Héctor Bermúdez aclara que caracterizar es diferente a modelar. Por una parte, describe que caracterizar es obtener y estudiar los diferentes tipos de trama que componen el tráfico, pero sin alcanzar un modelo. Por otra parte, detalla que modelar es analizar el comportamiento estadístico y probabilístico de los diferentes tipos de trama. En este sentido, expresa que el modelado de tráfico de video en vivo es un tema con varias oportunidades de investigación, puesto que es diferente modelar el tráfico de un video de noticias que el de un partido de fútbol.

Luego, el M.Sc. Chanchi sugiere que la palabra "*desempeño*" aparezca en la hipótesis debido a que hace parte del objetivo general, logrando ser consecuente entre la hipótesis y los objetivos. Adicionalmente, pregunta si el trabajo considera estudiar la inclusión de los servicios interactivos que usualmente se ofrecen junto al servicio de video en vivo, como los chats de los canales de video

El M.Sc. Héctor Bermúdez contesta que el trabajo solamente se concentra en el tráfico de video y no incluye el tráfico de los servicios interactivos.

Por último, el Ing. Juan Rojas cuestiona cómo ha pensado estructurar el banco de pruebas?

El M.Sc. Héctor Bermúdez responde que se plantea realizar la simulación con NS3, puesto que brinda soporte para LTE, es de uso abierto y posee un grupo de desarrollo en LTE. El relator aclara que OPNET también ofrece soporte para LTE, pero es propietario y costoso. Luego, el M.Sc. Bermúdez señala que se establece interactuar el simulador con elementos reales de red, para lo cual se propone desarrollar el servicio de video en vivo en un servidor real que arroje al simulador tramas de tráfico reales. El relator explica que este proceso se basa en trabajos que describen cómo utilizar las interfaces del simulador NS3 para convertirlo en un emulador. Finalmente, aclara que con NS3 podría simular toda la red LTE e incluso el servicio de video en vivo, pero que la idea es trabajar el proyecto en un ambiente emulado y no únicamente simulado.

**4- Conclusiones**

El Ph.D. José Luis Arciniegas resalta el gran dominio del tema, el excelente conocimiento sobre el estado del arte y la experiencia en docencia, lo cual permitió al relator exponer el problema de una forma fluida. Señala que aunque ha dejado una idea clara, aún existen cosas por mejorar, algunas ya mencionadas en la discusión. De esta forma, continúa con algunas sugerencias adicionales.

Por una parte, el Ph.D. Arciniegas comenta que es necesario acotar la pregunta de investigación y los objetivos, puesto que aún son bastante ambiciosos, teniendo en cuenta la complejidad de incluir todas las características que conlleva un modelado de tráfico para QoE y QoS. En este sentido, sugiere que aportar con una contribución en dicho problema ya es bastante, por ejemplo, enfocándose únicamente en QoS. Para complementar lo anterior, el coordinador le indica al relator que podría enfocarse en una de las tres grandes falencias identificadas en su estado del arte: estrés por retardos en el streaming, pruebas en caliente o métricas de calidad.

Seguido, el Ph.D. Arciniegas menciona que el M.Sc. Bermúdez varias veces se enfoca en la solución y no en el problema, teniendo en cuenta que el modelo es la solución y el problema deriva de las brechas identificadas en el estado del arte. Adicionalmente, le recomienda aclarar y sustentar las estrategias que utilizará para evaluar el modelo; se entendió que será una combinación de emulación y simulación, no obstante, también podría incluir una parte analítica.

Luego, para responder la pregunta del M.Sc. Chanchi acerca de el por qué no se incluyen otros servicios, el coordinador explica que en un trabajo previo, el del Ph.D. Wilmar Campo, se observó que el tráfico generado por dichos servicios es mínimo comparado con el tráfico de video. Con base en lo anterior, comenta que el modelado se concentra en el comportamiento del video porque la incidencia de los servicios asociados no es significativa, a menos que dichos servicios incluyan componentes de video que consuman mayor ancho de banda.

Finalmente, el Ph.D. Arciniegas concluye que el relator se dirige por un buen camino y resalta su gran conocimiento en el área. Adicionalmente, recuerda que se debe refinar los aspectos mencionados y señala que en el transcurso del semestre se tendrá el anteproyecto con su correspondiente proceso de sustentación.

Se termina la sesión.