

Monitorización y Evaluación de la Calidad de la Experiencia para Servicios Móviles

Luis Fernández
Universidad Nacional de Asunción
Facultad Politécnica
Email: luis.fernandez@pol.una.py

Brenda Quiñónez
Universidad Nacional de Asunción
Facultad Politécnica
Email: bquinonez@pol.una.py

Abstract—En la actualidad, se experimenta un importante aumento en el tráfico de datos a través de las redes móviles. Cuando existe gran cantidad de datos intercambiados, uno de los principales desafíos a afrontar es la degradación de la calidad percibida por los usuarios que utilizan los servicios. Desde el punto de vista de los operadores, la calidad de la experiencia (QoE) juega un rol importante en el modelo de negocio, ya que es un factor clave de éxito para la lealtad y el posicionamiento de la empresa frente a sus competidores. Este hecho ha llevado a los operadores de redes móviles y a la comunidad científica a desarrollar métodos y estrategias que permitan medir la calidad de la experiencia. Muchos estudios se han centrado en identificar la relación entre los parámetros de la calidad de servicio (QoS) y la percepción del usuario. Algunos se han enfocado en identificar la relación entre QoE y QoS para un tipo de tráfico determinado, mientras que otros han tratado de definir un modelo genérico que establezca una relación entre ambos conceptos. Este trabajo se enfocará en el establecimiento de un modelo de monitoreo y evaluación de la calidad de la experiencia que permita obtener una estimación precisa de la calidad percibida por el usuario en entornos móviles.

Keywords—QoE, GoS, QoR, QoS, MOS, PSQA, datos móviles, redes móviles.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha existido un incremento significativo en el desarrollo y la investigación en torno a las redes móviles. Esto ha ido acompañado con el avance de terminales móviles (como los smartphones y las tablets). Cada vez más surgen dispositivos con potentes capacidades multimedia y tecnologías de acceso a redes de comunicaciones: 3G, LTE, Wi-Fi y otros. Esto ofrece al usuario la posibilidad de estar conectado desde cualquier lugar y en el momento que lo desee. Lo anterior ha cambiado radicalmente la manera y los modelos de negocio que han ido operando el mundo de las prestadoras de servicios de telefonía móvil. La naturaleza de los datos intercambiados han pasado de voz y texto plano (llamadas y SMS) a un conjunto de datos más amplio, tales como: emails, imágenes, archivos de sonido y video, entre otros. La gran proliferación de dispositivos móviles, la facilidad de acceso a Internet que proporcionan a sus usuarios, como así también los avances tecnológicos en la infraestructura de redes móviles han generado una gran demanda por los servicios de acceso a Internet. Como resultado de ello, actualmente se experimenta un importante aumento en el tráfico de datos a través de las redes móviles. Lo que a su vez produce la saturación de la infraestructura de las redes móviles actuales [1]. Con el fin de satisfacer la demanda anterior, los enfoques de descarga de datos son aplicados

para los diferentes usuarios finales. Sin embargo, aunque los mecanismos parecen ser eficientes y escalables (por ejemplo: para el control de costos del servicio de datos, la disponibilidad de mayor ancho de banda, congestión de redes celulares, entre otros), los modelos básicos de descarga utilizan algoritmos simplistas sin garantizar la calidad de los servicios [1]. Por otra parte, con los mecanismos utilizados actualmente, los operadores no tienen visibilidad en las condiciones que afectan a la calidad de la experiencia. De hecho, la migración de los datos de diferentes redes colaborativas conduce a puntuales pérdidas de la calidad de la experiencia y finalmente de los clientes. Por otra parte, el aumento en el uso de smartphones y la incorporación de nuevos sensores aumentan las capacidades de capturar, clasificar y transmitir imagen, audio, ubicación y otros datos, de forma interactiva y autónoma, dando lugar a la participación de sistemas colaborativos crowdsensing. Estos sistemas están constituidos de dispositivos móviles de usuario (sensores dinámicos) e infraestructura de los proveedores (sensores estáticos). Esto promueve el uso de este tipo de dispositivos en tareas de monitoreo de fenómenos de cualquier índole. Sin embargo, requiere de nuevos algoritmos y mecanismos software [1].

En base a estas problemáticas en el área de redes móviles se está llevando a cabo un proyecto de investigación en conjunto con varias instituciones denominado MOSAIC (Mobile Crowd Sensing and data Offloading in Collaborative Networks), cuyo objetivo principal es hacer frente a la desafiante cuestión de la calidad del servicio y calidad de la experiencia de los usuarios finales (operadores, proveedores y clientes) cuando existe una gran cantidad de datos intercambiados a través de las redes móviles. Un nuevo e innovador aspecto que pretende este proyecto es el de definir técnicas inteligentes de monitoreo y arquitecturas para los problemas de descarga existentes dentro de la corriente de descarga de datos móviles. MOSAIC planea evaluar los enfoques propuestos sobre un emulador de red y sobre una plataforma francesa real. En la figura 1 se muestra como se encuentran distribuidos los cinco principales paquetes de trabajo del proyecto MOSAIC. Este trabajo abordará el paquete de trabajo número tres acerca del Monitoreo de los Servicios y la Experiencia.

A partir de los objetivos planteados por el proyecto MOSAIC, surge este proyecto final de grado, el cual se centrará en la definición de técnicas de monitoreo y evaluación de la calidad de la experiencia en el uso de servicios móviles.

Lo que resta de este trabajo se organiza de la siguiente manera: en la sección 2 se describe brevemente el concepto



Figura 1. Diagrama del proyecto MOSAIC

de la calidad de la experiencia. La sección 3 presenta una clasificación de los métodos de evaluación de la calidad de la experiencia. En la sección 4 realiza una revisión literaria de los métodos utilizados en la evaluación y medición de QoE en los tipos de tráficos principales. Finalmente, se presenta la propuesta de solución que abarcará el proyecto final de grado.

II. CALIDAD DE LA EXPERIENCIA - QoE

La *calidad de la experiencia* (*Quality of Experience* - QoE) es el término utilizado para describir las percepciones del usuario acerca del rendimiento de un servicio. Está expresado en sensaciones humanas tales como: ‘bueno’, ‘excelente’, ‘pobre’, entre otros. La *calidad de servicio* (*Quality of Service* - QoS), por otra parte, es la habilidad de la red de proporcionar un servicio con un cierto nivel de servicio garantizado. El QoS es intrínsecamente un concepto técnico. Puede ser medido, expresado y comprendido en términos de red y elementos de red, que por lo general tienen poco significado para un usuario. Con el fin de proporcionar la mejor calidad de la experiencia de una forma rentable, competitiva y eficiente, la red y los proveedores de servicios deben manejar el QoS de la red y la provisión de servicios de forma eficiente y efectiva. El QoE y el QoS son tan interdependientes que tienen que ser estudiados y gestionados con una visión común, desde la planificación hasta la implementación y la optimización [2].

II-A. Factores influyentes en la calidad de la experiencia

En [3], se presentan los diversos factores que influyen en el QoE. En esta sección hablaremos brevemente sobre ellos.

1. Calidad del servicio (*Quality of Service* - QoS): como se mencionó anteriormente, el QoS se refiere a la capacidad de una red o de una porción de red de proporcionar servicio a un nivel garantizado.
2. Grado del Servicio (*Grade of Service* - GoS)¹: describe todos los fenómenos que ocurren durante la configuración de la conexión, la liberación y el mantenimiento. Ejemplo de parámetros GoS son: retraso en el establecimiento de la conexión, probabilidad de bloqueo, retraso en la autenticación, probabilidad de corte de una conexión activa (en el campo de la telefonía).
3. Calidad de la Resiliencia (*Quality of Resilience* - QoR): es la capacidad de “supervivencia” de una red ante fallos. Se refiere principalmente al aspecto de la disponibilidad, esto es, la probabilidad que un servicio se encuentre operativo.

¹GoS: este término es utilizado usualmente en el contexto de redes de telefonía

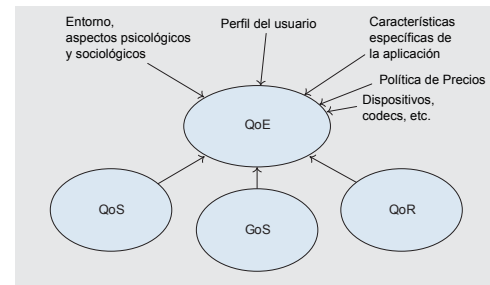


Figura 2. La calidad de la experiencia (QoE) está afectada por los aspectos técnicos de la calidad de servicio(QoS) y aspectos no técnicos.

Además de los factores mencionados arriba, la evaluación del QoE también se encuentra afectada por factores como el entorno, factores psicológicos, factores sociológicos, que incluyen la expectativas del usuario y la experiencia con servicios similares, opiniones de otros usuarios, políticas de precios, el contexto (localización, actividad, etc.), el perfil del usuario, entre otros. En la figura 2 se muestran los diversos factores que influyen en la calidad de la experiencia.

III. CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE QoE

De acuerdo a [3], los siguientes métodos de evaluación de QoE se pueden clasificar en: métodos subjetivos y métodos objetivos.

III-A. Métodos subjetivos

Las *pruebas subjetivas* se llevan a cabo con la participación de usuarios del servicio. La idea es que las personas, que utilizan el servicio en un entorno real, evalúen el servicio completando encuestas. Las preguntas y respuestas de los cuestionarios reflejan diversas características del servicio. La selección apropiada de los usuarios, el tamaño de la muestra, el contenido, el entorno, entre otros, tienen una importancia crítica para la credibilidad del método. MOS (*Mean Opinion Score* - MOS) es la medida subjetiva más popular de QoE en la que los sujetos asignan su opinión sobre la calidad de la experiencia percibida en base a una escala predefinida de valores [3]. ITU-T Recs P.800 y P.800.1 definen una escala MOS de cinco puntos. La mayoría de las métricas utilizan escalas absolutas y una descripción textual de la calidad que a menudo se asigna a cada puntaje MOS. Las descripciones pueden ser orientadas a la calidad u orientadas al deterioro de la misma.

III-B. Métodos objetivos

Los *modelos objetivos* proporcionan una evaluación del QoE basada en la medición de varios parámetros relacionados con la prestación de servicios particulares o indicadores de calidad de servicio en la señal de salida del canal de transmisión, es decir, la señal que sería percibida por un usuario real. Para cada servicio, se realiza un análisis de varias características de la señal. Por ejemplo, en el caso de la transmisión de vídeo, la calidad puede ser analizada con respecto a la presencia de varias degradaciones de la imagen de vídeo (desenfoco, sacudidas, pixelado, contraste y brillo, congelamiento, entre otros) [3]. Tres métodos de

evaluación objetivos de QoE pueden ser distinguidos: *Full Reference* (FR), *No-Reference* (NR), y *Reduced Reference* (RR). En FR, la señal de la fuente (referencia) y la señal distorsionada (recibida) son comparadas y de esta manera se estiman las métricas QoE. Algunos ejemplos son: PEVQ (Perceptual Evaluation of Video Quality) y SSIM (Structural Similarity Index) para video, y PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality) para voz. En muchos de los sistemas, la señal de la fuente no esta disponible, entonces se utilizan los métodos NR donde se analiza únicamente la señal de salida. Ejemplos de métricas NR para video se dan en [4], mientras que para la calidad de voz ITU-T Rec. P.563 es aplicada. Por su parte, los métodos RR utilizan información parcial de la señal de referencia, disponible a través de un canal de datos auxiliares [3]. Una subcategoría de los métodos de evaluación objetivos serían los modelos de planificación de red, ya que no implican usuarios humanos, pero dan una estimación de la calidad de la experiencia. Una característica distintiva es que no requieren el examen de la señal real, pero estiman el QoE esperado utilizando una función que mapea varios parámetros medibles de calidad de servicio (QoS) a una métrica QoE. La desventaja de los métodos objetivos es que pueden ser poco informativos y dar resultados inexactos. Por lo tanto, los métodos objetivos se desarrollan cuidadosamente y son verificados por pruebas subjetivas [3].

III-C. Pseudo-subjective Quality Assessment - PSQA

El Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique de Francia propuso un método híbrido entre las evaluaciones subjetivas y objetivas de la calidad de la experiencia llamado *Pseudo-Subjective Quality Assessment (PSQA)* [5]. La metodología PSQA nos permite obtener un valor acerca de la calidad experimentada cercano al valor promedio que nos daría un observador humano [6]. PSQA está basado en el aprendizaje de cómo los observadores humanos cuantifican la calidad de un flujo de datos (audio, video, etc.) bajo condiciones experimentales estandarizadas. El proceso de aprendizaje consiste en el entrenamiento de un tipo particular de Red Neuronal (Neural Network), la Red Neuronal Aleatoria (RNN), para capturar la relación entre un conjunto de factores que tienen a priori fuerte impacto en la calidad percibida. Así, esta metodología está dividida en tres grandes pasos: primero, se aplica una evaluación subjetiva del QoE en un entorno controlado, donde las secuencias (de audio, video, entre otros) son distorsionadas en periodos de tiempo. En el segundo paso, las muestras de las evaluaciones obtenidas en el primer paso son pasadas a través de un proceso estadístico, en el cual los elementos fuera de rango son detectados y removidos. Finalmente, los resultados son utilizados para entrenar a una herramienta de aprendizaje automático, una red neuronal, que aprende la correlación entre las configuraciones (parámetros relacionados a las distorsiones) y los valores de MOS (calidad percibida).

IV. ESTADO DEL ARTE - TRABAJOS RELACIONADOS

En esta sección haremos una breve revisión de la literatura existente con respecto a la evaluación de la calidad de la experiencia en servicios de distribución de diversos tipos de tráfico.

En el trabajo [7], los autores se enfocan en la medición de la calidad de la experiencia para video streaming sobre redes inalámbricas. Los autores hacen uso de enfoques de medición subjetivos, objetivos y un enfoque híbrido y miden el rendimiento de estos enfoques en un entorno inalámbrico. Específicamente, se centran en un enfoque híbrido mencionado anteriormente, PSQA y demuestran que este enfoque genera una buena estimación en comparación a las métricas objetivas, tales como: PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*). También demuestran que por medio de dicho enfoque se obtienen resultados similares en comparación a los test subjetivos realizados por observadores humanos.

En [8], se propone una metodología capaz de realizar una cuantificación automática de la calidad de un flujo de video haciendo uso de una red neuronal (*Random Neural Network - RNN*), la cual recibe constantemente los parámetros seleccionados y realiza la evaluación. En [9], los autores presentan una aplicación móvil desarrollada para obtener las métricas de QoS y evaluar el QoE en un entorno móvil. La aplicación móvil, desarrollado para la plataforma Android, actúa como un agente móvil que realiza las mediciones de los métricas específicas de un servicio. Para clasificar la calidad de la experiencia del usuario, los autores han considerado una escala de MOS de cinco puntos (1=malo, 2=pobre, 3=aceptable, 4=bueno, 5=excelente) [10]. Así, por medio de un modelo de cálculo del MOS y los parámetros recabados por el agente móvil, se obtiene un valor de MOS, el cual representa una estimación de la calidad de la experiencia de un usuario en un entorno móvil.

En [11], se describe una metodología de evaluación de la experiencia del usuario basada en PSQA utilizando una RNN (*Random Neural Network*). Demuestran el uso de PSQA en el análisis de la calidad de voz percibida, en el campo de las aplicaciones VoIP. Además realizan una comparación del uso de RNN con respecto a otros métodos de aprendizaje automático (Redes neuronales artificiales y Clasificadores Bayesianos).

En cuanto a la relación entre el QoE y el QoS, específicamente en la navegación web, en [12], investigan en detalle cómo la satisfacción del usuario es afectada por dos parámetros de red principales: el ancho de banda y la latencia. El objetivo del trabajo fue medir el nivel de insatisfacción del usuario con respecto a la calidad de distribución (*delivery*) del contenido web. Los autores realizan un análisis del impacto que tienen el tiempo de respuesta y el ancho de banda efectivo sobre la calidad de la experiencia tomando como base la tasa de eventos de cancelación de carga de una página.

Un modelo de correlación QoS-QoE para servicios de Internet móvil utilizando el enfoque de redes neuronales, esta dado en [13]. En la metodología propuesta, se hace uso de test subjetivos para tres tipos de servicios de Internet móvil (navegación web, video streaming, descarga de archivos), además del uso de agentes móviles como medio para obtener parámetros de red. A partir de los datos recabados, la red neuronal (*Perceptron multicapa*) es entrenada con el fin obtener una correlación entre los parámetros de QoS y QoE. Otro trabajo con respecto a la relación entre el QoE y el QoS se da en [14], en el que los autores proponen una fórmula genérica en la que los parámetros de QoS y el QoE se relacionan por medio de una relación exponencial, llamada *hipótesis IQX*. Esta fórmula relaciona los cambios en el QoE con respecto al

QoS y al nivel actual de QoE. Los autores evalúan la hipótesis IQX tanto para servicios de voz como para navegación web.

V. PROPUESTA

En base a la problemática del monitoreo y evaluación automática de la calidad de la experiencia con respecto a diversos parámetros (a nivel de red, aplicación, dispositivo) y considerando que los reportes presentados en el apartado anterior no consideran todos los factores que inciden en el QoE, nuestro proyecto final de grado tendrá como objetivo general lo siguiente:

El diseño de un modelo de monitoreo y correlación de la calidad de la experiencia considerando los diversos parámetros que la afectan, ver figura 2.

V-A. Objetivos Específicos

- El diseño de un sistema de monitoreo de parámetros de calidad de servicio a nivel de red y parámetros de estado del dispositivo móvil (memoria disponible, uso de CPU, entre otros).
- Presentación de un modelo de correlación de los diversos parámetros influyentes en la calidad percibida por el usuario final y la calidad de la experiencia global del usuario de servicios móviles.
- Desarrollo de una aplicación de monitoreo y evaluación de la calidad de la experiencia, en la plataforma Android, que permitirá la recolección de parámetros de red y del dispositivo, junto con un predicción de la calidad percibida por el usuario final.
- Comparación de la metodología propuesta con las existentes actualmente.

V-B. Metodología de solución

Con el objetivo de desarrollar un modelo de monitoreo y evaluación de calidad de la experiencia que nos permita combinar el conocimiento de la experiencia del usuario final y los parámetros técnicos, tanto del servicio como del dispositivo involucrado, proponemos la siguiente metodología:

- Desarrollo de test subjetivos con el fin de obtener una cuantificación de la calidad percibida por los usuarios en el uso de servicios móviles.
- Determinación del tamaño de la muestra y análisis de los datos recogidos en los test subjetivos.
- Despliegue de una aplicación móvil, en la plataforma Android, que permita monitorear en tiempo real los parámetros de red y del dispositivo que potencialmente afectarían a la percepción de la calidad por parte del usuario.
- Partiendo de los datos obtenidos en los ítems anteriores, se prevee la elaboración de un modelo de correlación del QoE y parámetros QoS y del dispositivo, que permita estimar la calidad de la experiencia, de manera automática y precisa, tal y como lo percibiría un usuario.

VI. CONTRIBUCIONES ESPERADAS

La contribución de este proyecto final de grado será la generación un modelo que permitirá estimar una cuantificación de la calidad percibida por los usuarios de manera automática,

en función de los parámetros de calidad de servicio de la red y del dispositivo. El conocimiento otorgado por los valores obtenidos acerca de la calidad de la experiencia permitirá a los operadores móviles otorgar un mejor servicio a sus clientes y permitirá respaldar sus determinaciones sobre el mantenimiento de la infraestructura de la red, así como la expansión de la misma, en la calidad de la experiencia de los usuarios. En cuanto al proyecto MOSAIC, este trabajo aportará una estrategia de monitoreo y evaluación de la calidad de la experiencia, la cual será utilizada como base para la implementación de novedosas estrategias de descarga de datos móviles que tengan en cuenta la calidad de la experiencia en el proceso de distribución y descarga de datos sobre redes móviles.

REFERENCIAS

- [1] R. P. STIC-AmSud, "Mobile crowd sensing and data offloading in collaborative networks," 2013.
- [2] D. Soldani, M. Li, and R. Cuny, *QoS and QoE management in UMTS cellular systems*. John Wiley & Sons, 2007.
- [3] R. Stankiewicz, P. Cholda, and A. Jajszczyk, "Qox: what is it really?" *Communications Magazine, IEEE*, vol. 49, no. 4, pp. 148–158, 2011.
- [4] J. E. Caviedes and F. Oberti, "No-reference quality metric for degraded and enhanced video," in *Visual Communications and Image Processing 2003*. International Society for Optics and Photonics, 2003, pp. 621–632.
- [5] G. Rubino, "The psqa project." [Online]. Available: <http://www.irisa.fr/armor/lesmembres/Rubino/myPages/psqa.html>
- [6] Rubino, Gerardo, "Quantifying the quality of audio and video transmissions over the internet: the psqa approach," *Design and operations of communication networks: a review of wired and wireless modeling and management challenges*. Imperial College Press, London, 2005.
- [7] K. Piamrat, C. Viho, J. Bonnin, and A. Ksentini, "Quality of experience measurements for video streaming over wireless networks," in *Information Technology: New Generations, 2009. ITNG'09. Sixth International Conference on*. IEEE, 2009, pp. 1184–1189.
- [8] S. Mohamed and G. Rubino, "A study of real-time packet video quality using random neural networks," *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on*, vol. 12, no. 12, pp. 1071–1083, 2002.
- [9] C. Tsiraras, A. Sehgal, and S. Seeber, "Towards evaluating type of service related quality-of-experience on mobile networks," 2014.
- [10] "ITU-T P.800. Methods for subjective determination of transmission quality," Aug. 1996. [Online]. Available: <http://electronics.ihs.com/document/abstract/DFGPAAAAA>
- [11] G. Rubino, P. Tirilly, and M. Varela, "Evaluating users satisfaction in packet networks using random neural networks," in *Artificial Neural Networks-ICANN 2006*. Springer, 2006, pp. 303–312.
- [12] S. Khirman and P. Henriksen, "Relationship between quality-of-service and quality-of-experience for public internet service," in *In Proc. of the 3rd Workshop on Passive and Active Measurement*, 2002.
- [13] S. Rivera, H. Riveros, C. Ariza-Porras, C. Lozano-Garzon, and Y. Donoso, "Qos-qoe correlation neural network modeling for mobile internet services," in *Computing, Management and Telecommunications (Com-ManTel), 2013 International Conference on*. IEEE, 2013, pp. 75–80.
- [14] M. Fiedler, T. Hossfeld, and P. Tran-Gia, "A generic quantitative relationship between quality of experience and quality of service," *Network, IEEE*, vol. 24, no. 2, pp. 36–41, 2010.