

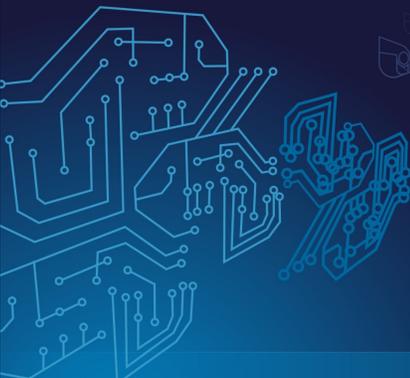


Universidad del Cauca

# Modelo para la Medición de Calidad de Experiencia para el Servicio de IPTV

Juan Carlos Cuéllar Q. MSc.

Director: José Luis Arciniegas Ph.D  
Co-director: Jesús Hamilton Ortiz Ph.D  
Universidad Castilla La Mancha



Departamento de Telemática

Universidad del Cauca  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

## Contenido

- Contexto del problema
- Marco teórico y Referentes
- Planteamiento de la pregunta de investigación
- Objetivos del proyecto – Metodología
- Avances
- Publicaciones



Departamento de Telemática  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

## Contexto(1/3)

El servicio de IPTV ha tenido un crecimiento acelerado los últimos años [1]:

- El tráfico de video en Internet será el 79% de todo el tráfico en el 2018, frente al 66% en 2013.
- El tráfico de video será entre el 80% al 90% de todo el tráfico de usuarios en 2018.

Esto trae un reto a los proveedores de servicio en el aspecto de mantener la calidad de servicio de sus aplicaciones.

[1] Cisco. Cisco visual networking index: Forecast and methodology, 2013-2018. Jun 10, 2014.



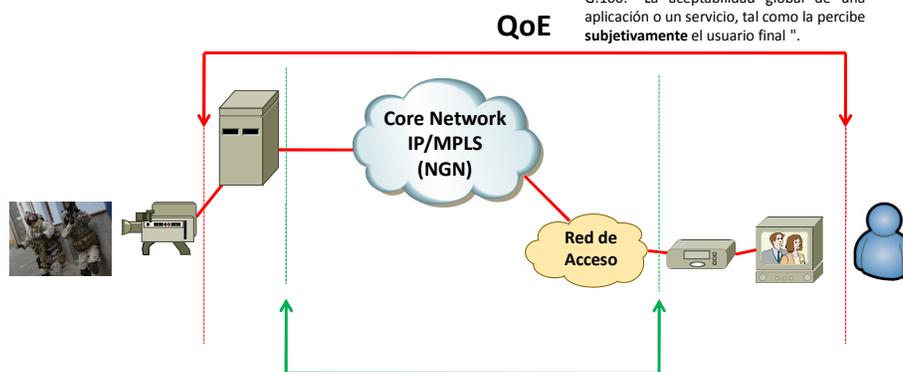
Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

3

## Contexto(2/3)

Definido en la Recomendación de la ITU-T G.100: "La aceptabilidad global de una aplicación o un servicio, tal como la percibe **subjetivamente** el usuario final".



"Un conjunto de requisitos de servicio que debe cumplir la red durante el transporte de un flujo."  
IETF RFC 2386

**QoS**  
Delay  
Jitter  
Perd. Paq.  
Error Paq.

**Servicio**  
Rec. Y.1541 ✓



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

4

## Contexto(3/3)

¿Cómo relacionar o mapear QoE con QoS con el fin de predecir la QoE del usuario al utilizar el servicio de IPTV?



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

5

## Contenido

- Contexto del problema
- Marco teórico y Referentes
- Planteamiento de la pregunta de investigación
- Objetivos del proyecto – Metodología
- Avances
- Publicaciones



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

6

## Métodos para medir QoE

- **Métodos Subjetivos**
- **Métodos Objetivos**
- **Métodos Indirectos**



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

7

## Métodos para medir QoE

- **Métodos Subjetivos**  
Involucran humanos que responden un cuestionario. (ITU-T Rec. BT.500-11 y Rec.P.910).  
La escala para la medición es basada en el MOS.  
  
**Ventajas:** Se puede obtener información de aspectos psicológicos y sociológicos de los participantes.  
  
**Desventajas:** Costo y el tiempo requerido para realizar la prueba.



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

8

## Métodos para medir QoE

- **Métodos Objetivos**

Analizan la señal de video desde dos enfoques: video decodificado o la traza de video sin decodificar.

Reference Measurement

Data Metrics

Picture Metrics

Packet or Bitstream based metrics



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

9

## Métodos Objetivos medir QoE

### Reference Measurement :

Dependiendo si hay o no señal de referencia existen tres tipos de categorías:

- **Full Reference (FR):** Requiere de una señal fuente para comparar la señal recibida en el destino.
- **Reduced Reference (RF):** Utiliza parte de la señal para comparar la señal recibida en destino.
- **No Reference (NR):** No requiere de señal fuente para realizar la comparación, analiza directamente la señal recibida.

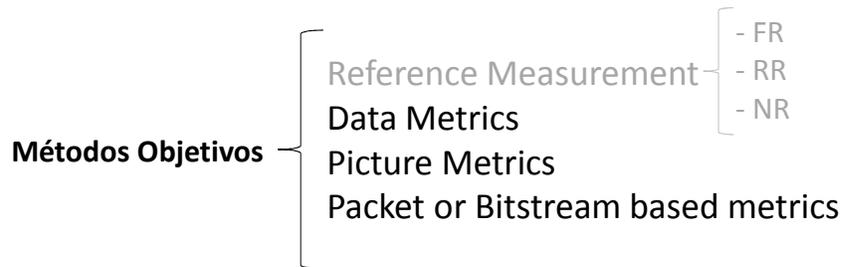


Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

10

## Métodos para medir QoE



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

11

## Métodos Objetivos medir QoE

- **Data Metrics:** Mide la fidelidad del video sin considerar su contenido. **PSNR – MSE (FR)**
- **Picture Metrics:** Mide la QoE del video analizando la información visual contenida en el mismo.
  - **Vision Modeleing Approach:** Se basa en varios componentes del sistema visual humano. ( VPD, JND, MPQM)
  - **Engeneering Approach:** Extrae ciertas características del video. SSIM, VQM, Speed SSIM, Multi-scale SSIM, VSNR, MOVIE etc.



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

12

## Métodos Objetivos medir QoE

- **Packet or Bitstream based metrics:** Analizan la calidad del video utilizando la información en las cabeceras de los paquetes del stream de video.
  - Media-layer models: Usa información de la señal de video para el cálculo de QoE (FR).
  - Parametric Packet Layer Models: Usa información de la cabecera de los paquetes, RTP, TS. (NR) ITU-T 1201.1 P.NAMS (10/2012).
  - Parametric Planning Models: Utiliza parámetros de red para realizar las medidas de QoE. Rec. G.1070
  - Bitstream-layer Models: Usa información del payload y las cabeceras de los paquetes para medir QoE. **ITU-T 1202.2 -P.NBAMS (05/2013)**
  - Hybrid Models: Usa una combinación de los modelos anteriores.



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

13

## Métodos para medir QoE

### Métodos Subjetivos

### Métodos Objetivos

Reference Measurement

Data Metrics

Picture Metrics

Packet or Bitstream based metrics

- FR

- RR

- NR

### Métodos Indirectos



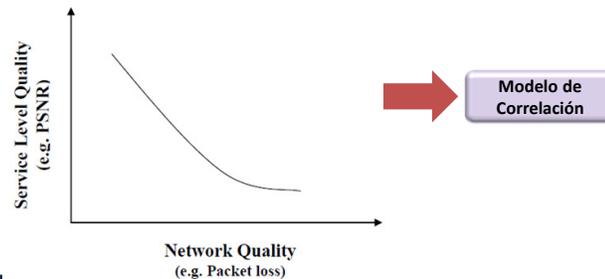
Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

14

## Métodos para Medir QoE

- **Métodos Indirectos:** Utilizan medidas obtenidas en la red, para estimar el impacto en la calidad del video, estableciendo un mapeo entre QoS y QoE, mediante un modelo matemático o de correlación.



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

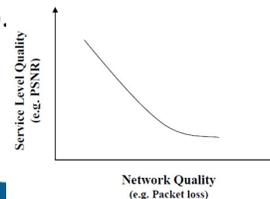
Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

15

## Métodos Indirectos

La comunidad científica ha propuesto modelos para medir QoE basándose en este enfoque, el cual tiene tres características comunes:

- Herramientas o proceso utilizado para obtener los datos para generar el modelo.
- Tipo de Método y/o Algoritmo utilizado para evaluar QoE.
- Parámetros de QoS utilizados en el modelo.



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

16

## Métodos Indirectos - Referentes

Autores	Herramientas o proceso utilizado para obtener los datos para generar el modelo	Tipo de Método y/o Algoritmo utilizado para evaluar QoE	Parámetros de QoS utilizados en el modelo	Expresión matemática del modelo	Publicaciones consultadas
Hossfeld & Fiedler	Montaje en laboratorio MOS	Pruebas subjetivas utilizando hipótesis IQX (Exponential Interdependency of QoE and QoS)	Pérdida de paquetes Jitter	Ver tabla No.1	Hossfeld et al. (2008) Fiedler & Hossfeld. (2010) Fiedler2 & Hossfeld. (2010) Fiedler3 & Hossfeld. (2011)

Tabla 1. Modelos de correlación propuestos por los referentes analizados.

Autores	Expresión matemática del modelo
Hossfeld et al.	$QoE = \alpha \cdot e^{-\beta \cdot QoS} + \gamma$
Kim et al.	$QoEv = Qr \cdot (1 - QoS(X))^{QoS(X) \cdot A}$ <small><math>QoS(X) = K(L \cdot W_l + U \cdot W_u + J \cdot W_j + \dots)</math></small>
Yamagishi et al.	$Vq = Vq_{ave} + dVq$
Riker et al.	No posee.
Abdeljaouad et al.	Función Sigmoid
Aroussi et al.	$QoE = e^{a_0} e^{a_1 QoS_1 + a_2 QoS_2 + \dots + a_n QoS_n}$



Departamento de Telemática  
http://dtm.unicauca.edu.co

Modelo para la

## Métodos Indirectos

Autores	Herramientas o proceso utilizado para obtener los datos para generar el modelo	Tipo de Método y/o Algoritmo utilizado para evaluar QoE	Parámetros de QoS utilizados en el modelo	Expresión matemática del modelo	Publicaciones consultadas
Hossfeld et al.	Montaje en laboratorio MOS	Pruebas subjetivas utilizando IQX.	Pérdida de paquetes Jitter	Ver tabla No.1	Hossfeld et al. (2008) Fiedler et al. (2010) Fiedler2 et al. (2010) Hossfeld2 et al. (2011)
Kim et al.	No está definido	Pervasive Computing Environment	Packet Loss (L), Burst Level (U) Packet Jitter (J), Packet Delay (D) Bandwidth (B)	Ver tabla No.1	Li-yuan et al. (2006) Kim et al. (2008) Kim2 et al. (2010) Kim3 et al. (2012)
Yamagishi et al.	Montaje en laboratorio Pruebas subjetivas	Correlación de parámetros	Pérdida de paquetes	Ver tabla No.1	Yamagishi et al. (2009)
Riker et al.	Utilizan una red Neuronal Randómica	Entrenan a la red con videos evaluados subjetivamente	No utilizan, ya que la RN se entrena con videos previamente evaluados	No posee.	Riker (2011)
Abdeljaouad et al.	Simulador NS-2	Función Sigmoid	Byte Loss Rate	Función Sigmoid	Abdeljaouad et al. (2011)
Aroussi et al.	Montaje en laboratorio MOS	IQX y Regresión Lineal Multivariable	Delay Pérdida de paquetes	Ver tabla No.1	Aroussi (2012)

Tabla 1. Modelos de correlación propuestos por los referentes analizados.

Autores	Expresión matemática del modelo
Hossfeld et al.	$QoE = \alpha \cdot e^{-\beta \cdot QoS} + \gamma$
Kim et al.	$QoEv = Qr \cdot (1 - QoS(X))^{QoS(X) \cdot A}$ <small><math>QoS(X) = K(L \cdot W_l + U \cdot W_u + J \cdot W_j + \dots)</math></small>
Yamagishi et al.	$Vq = Vq_{ave} + dVq$
Riker et al.	No posee.
Abdeljaouad et al.	Función Sigmoid
Aroussi et al.	$QoE = e^{a_0} e^{a_1 QoS_1 + a_2 QoS_2 + \dots + a_n QoS_n}$



Departamento de Telemática  
http://dtm.unicauca.edu.co

Modelo para la

## Cuadro comparativo entre los diferentes métodos

Tipo de método	Ventajas	Desventajas
Subjetivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Percepción directa del usuario.</li> <li>- Se obtienen aspectos psicológicos y sociológicos del usuario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costo.</li> <li>- Tiempo.</li> <li>- No se puede utilizar para video online.</li> </ul>



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

19

## Contenido

- Contexto del problema
- Marco teórico y Referentes
- Planteamiento de la pregunta de investigación
- Objetivos del proyecto – Metodología
- Avances
- Publicaciones



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

20

## Pregunta de investigación

**¿Cómo medir la calidad de experiencia para el servicio de IPTV residencial, utilizando un método indirecto basándose en un algoritmo sin referencia?**



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

21

## Objetivo General

Proponer un modelo que permita medir QoE para el servicio de IPTV en un entorno residencial.



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

22

## Objetivos Específicos(1/2)

1. Identificar y seleccionar los parámetros y las métricas asociados a QoS, para evaluar la calidad del servicio de IPTV en un entorno residencial.
2. Seleccionar y adaptar un algoritmo Sin Referencia (No Reference) para la medición de la calidad de video con el fin de obtener una medida de la QoE percibida por el usuario.
3. Identificar la arquitectura que permita obtener los datos necesarios para la generación del modelo.



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

23

## Objetivos Específicos(2/2)

4. Generar el modelo empleando análisis de regresión multivariable con los datos obtenidos de la variación de los parámetros de QoS y la respuesta entregada por el algoritmo Sin Referencia.



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

24

## Aporte Investigativo

- Para contribuir a la solución del problema nuestro modelo:
  - No se basará en datos obtenidos con pruebas subjetivas.
  - Se basará en la utilización de un método indirecto.
  - Un algoritmo/ modelo NR.
  - Utilizará un número superior de variables de QoS.
  - El modelo podrá ser utilizado para realizar mediciones online.

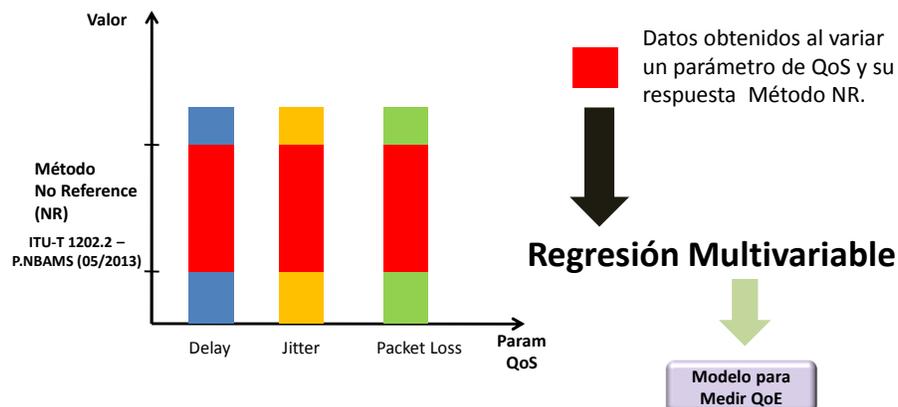


Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

25

## Metodología



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

26

## Metodología

Proceso para la obtención de datos para generar el modelo

Permite simular parámetros de un enlace WAN:  
Delay, Jitter y perdida de paquetes.



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

27

## Metodología...

Delay

Jitter

Pérdida de Paquetes

Modelo para Medir  
QoE

Valor de  
QoE



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

28

## Avances

Objetivo	Porcentaje de Avance
1. Identificar y seleccionar los parámetros y las métricas asociados a QoS, para evaluar la calidad del servicio de IPTV en un	<b>100%</b>
2. Seleccionar y adaptar un algoritmo Sin Referencia (No Reference) para la medición de la calidad de video con el fin de obtener una medida de la QoE percibida por el usuario.	<b>10%</b>
3. Identificar la arquitectura que permita obtener los datos necesarios para la generación del modelo.	<b>20%</b>
4. Generar el modelo empleando análisis de regresión multivariable con los datos obtenidos de la variación de los parámetros de QoS y la respuesta entregada por el algoritmo Sin Referencia.	<b>0%</b>



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

29

## Publicaciones

- Artículo corto en el **Octavo Congreso Colombiano de Computación 8CCC -2013**. Agosto 21-23 de 2013. Universidad del Quindío.
- **Juan C. Cuéllar, Jesús H. Ortiz y José L. Arciniegas Métodos para medir Calidad de Experiencia para el Servicio de IPTV: Clasificación y Análisis**” Revista Información Tecnológica de Chile ISSN 0718-5006, Aceptado y será publicado en el volumen 25 número 5 (Septiembre-Octubre) del año 2014. (Homologada en Publindex como A1, y scimago Q3).



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

30

## Preguntas y sugerencias



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

31

## Referencias (1/2)

- [1] Cisco, "Cisco visual networking index: Forecast and methodology, 2011-2016.," Mayo 30, 2012.
- [2] International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector. ITU-T., "Recommendation G.1080. Quality of Experience Requirimentes for IPTV Services.," 2006.
- [3] DSL Forum., "Technical Report TR-126: Triple Play Services Quality of Experience (QoE) Requirements.," 2006.
- [4] ITU-R., "Recommendation ITU-R BT.500-11, Methodology for Subjective Assessment of the Quality of Television Pictures.," 2002.
- [5] S. Mohammed. A. Mellouk. H. Rifai, "A Brief Synthesis of QoS-QoE Methodologies.," in *10th International Symposium on Programming and Systems (ISPS)*, 2011, pp. 32-38.
- [6] Y.Wang., "Survey of objective video quality measurements.," EMC Corporation Hopkinton., Obtenido de: <ftp://ftp.cs.wpi.edu/pub/techreports/pdf/06-02.pdf> Enero de 2013.
- [7] L. Lu, A.C. Bovik. Z. Wang, "Video Quality Assessment Based in Structural Distortion Measurement.," *Signal Processing: Image Communication.*, vol. 19, no. 2, pp. 121-132, Feb 2004.
- [8] A.C. Bovik H. R. Sheikh, "An Evaluation of Recent Full Reference Image Quality Assessment Algorithms.," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 15, no. 11, pp. 3340-3451, 2006 Nov.
- [9] Z. Wang and Q. Li., "Video Quality Assessment Using a Statistical Model of Human visual Speed Peception.," *J. Opt. Soc. Am. A- Opt. Image Sci. Vis.*, vol. 24, no. 12, pp. B61-B69., Dec 2007.
- [10] M. H. Pinson and S. Wolf., "A New Standardized Method for Objectively Measuring Video Quality.," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 50, no. 3, pp. 312-322, Sep 2004.
- [11] K. Seshadrinathan and A.C. Bovik., "Motion-based Perceptual Quality Assessment of video.," *Proc. SPIE - Human Vision and Electronic Imaging.*, 2009.
- [12] ITU-T Document., "Draft Terms of Reference (ToR) for P.NAMS.," 2009.
- [13] ITU-T Document., "Draft Terms of Reference (ToR) for N.NBAMS.," 2009.
- [14] N. Liao and Z. Chen., "A Packet-layer Video Quality Assessment Model with Spatiotemporal Complexity Estimation.," *EURASIP Journal on Image and Video Processing.*, 2011.



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

32

## Referencias (2/2)

- [15] D. Hock, P. Tran-Gia, K. Tutschku, M. Fiedler, T. Hossfeld, "Testing the IQX Hypothesis for Exponential Interdependency Between QoS and QoE of Voice Codecs Ilbc and G711.," *University of Würzburg, Report No.442*, 2008.
- [16] T. Hossfeld, M. Fiedler, "A generic quantitative relationship between quality of experience and quality of service.," *IEEE Network*, pp. 36–41, March/April 2010.
- [17] T. Hossfeld, M. Fiedler, "Quality of Experience-related Differential and Provisioning-delivery Hysteresis.," *The 21st International Teletraffic Congress Specialist Seminar on Multimedia applications, Traffic, Performance and QoE*, March 2010.
- [18] M. Fiedler, T. Zinner, T. Hossfeld, "The QoE Provisioning-delivery hysteresis and its Importance for Service Provisioning in the Future.," in *7th Euro-NGI Conference on Next Generation Internet Networks*, June 2011.
- [19] D. Lee, J. Lee, K. Lee, W. Lyu, S. Choi, H. Kim, "The QoE Evaluation Method through the QoS-QoE Correlation Model.," *ACM*, 2008.
- [20] S. Choi, H. Kim, "A Study on a QoS/QoE Correlation Model for QoE Evaluation on IPTV Service.," *ICTACT*, 2010.
- [21] A. DiAlconzo, P. Reichl, S. Egge, R. Schatz, "The Logarithmic Nature of QoE and the role of the Weber-Fechner Law in QoE Assessment.," *IEEE ICC 2010 Proceedings*.
- [22] P. Oliveira, E. Cerqueira, A. Abelém, A. Riker, S. Aguiar, D. Cardoso, "A Hybrid Prediction and Assessment Quality of Experience Approach for Videostreaming Applications over Wireless Networks.," in *XXIX Simposio Brasileiro de Redes de Computadores y Sistemas Distribuidos*, 2011.
- [23] J. Abdeljaouad, G. Kandavanam, A. Karmouch, "A Loss-based Utility Function for Predicting IPTV Quality of Experience over an Overlay Network.," in *IEEE Globecom proceedings*, 2011.
- [24] A. C. Bovik, H. R. Sheikh and P. Simoncelli, Z. Wang, "Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity.," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 13, no. 4, pp. 600-612, April 2004.
- [25] S. Aroussi, T. Bouabana, A. Mellouk, "Empirical QoE/QoS Correlation Model Based on Multiple Parameters for Video Flows.," in *Globecom - Communications Software Services and Multimedia Symposium*, 2012.
- [26] V. Vaishamoayan, Y. Sermadevi, A. Reibman, "Quality Monitoring of Video Over Packet Network.," *IEEE Transactions on Multimedia*, pp. 327-334, April 2004.
- [27] B. Augustin and A. Mellouk, M. Sajid, "Empirical Study based on Machine Learning Approach to Assess the QoS/QoE Correlation.," in *17th European Conference on Networks and Optical Communications (NOC)*, Creteil, France, 2012, pp. 1-7.
- [28] The Linux Foundation. (2013, Marzo) [Online]. <http://www.linuxfoundation.org/collaborate/workgroups/networking/netem>.
- [29] K. Ord and S. Arnold, A. Stuart, *Kendall's Advanced Theory of Statistics. Volume 2A. Classical Inference and the Linear Model*, 6th ed.: Wiley, 2009.
- [30] S. Winkler, *Digital Video Quality. Vision Models and Metrics*: Wiley, 2005.



Departamento de  
**Telemática**  
<http://dtm.unicauca.edu.co>  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Modelo para la Medición de QoE para el Servicio de IPTV

33