

Modelamiento del Tráfico de una Transmisión de Teletexto en Televisión Digital Terrestre en el Estándar DVB-T Junio (2011)

Alexander José Martínez Patiño

Resumen— El siguiente trabajo describe las principales características de la transmisión de teletexto como parte de la televisión digital interactiva, enfocado hacia el desarrollo de un modelo del tráfico que caracterizará dicha transmisión, para el cumplimiento de este objetivo, se realizan estudios de tres modelos de tráfico que junto con las características más relevantes de los mismos, como la autosimilitud, modelos de tráfico sin memoria y modelos Markovianos, permitieron concluir que el modelo que mejor se acomodaría al comportamiento interactivo de las transmisiones de teletexto sería el modelo MMPP (Proceso de Poisson Markoviano Modulado)

Después del desarrollo matemático del modelo y con la ayuda del software MATLAB se realizaron gráficas del comportamiento del modelo que ayudaron a definir qué función de distribución conocida se acomodaría más al resultado de las gráficas, de esta manera se concluyó que la función de distribución hiperexponencial, sería la adecuada, después de realizar un análisis comparativo de el comportamiento de las gráficas obtenidas.

Con la función de distribución hiperexponencial, se analiza su comportamiento para así desarrollar una simulación en NS2 con un generador de tráfico que tuviera la característica de la distribución seleccionada, así pues luego se realizó la simulación con el fin de obtener unas trazas que permitieron corroborar los comportamientos descritos en el modelo teórico. Estas trazas fueron analizadas en el software Tracegraph con el fin de caracterizar la transmisión de teletexto en televisión digital terrestre en el estándar DVB-T (Digital Video Broadcast Terrestrial)

Palabras Claves— Modelo de Tráfico, MMPP, Autosimilitud, Eficiencia, Interactividad, Estándar DVB-T, Teletexto.

I. INTRODUCCIÓN

EN la actualidad la transición de la televisión análoga a la digital, la cual brindará mejoramientos significativos como mejor calidad de imagen, mayor número de canales, y entre ellas, se destaca la interactividad, una opción aún desconocida por la inmensa mayoría de la sociedad. La interactividad, es un mundo en desarrollo y sus posibilidades son ilimitadas, además, que supone un cambio en el papel del

telespectador Frente a la televisión, pasando a desempeñar el usuario un rol mucho más activo.

Como consecuencia del avance de las muy diversas tecnologías de las telecomunicaciones es posible observar que la televisión no ha podido escapar de esta influencia. Su modelo de negocio tradicional está cambiando de forma radical debido, precisamente, a la gran influencia de las nuevas tecnologías y a su convergencia. Existen otros elementos de gran influencia en este caso como son la globalización de la economía y rompimiento de los diversos tipos de fronteras. En la actualidad es posible observar contenidos producidos y editados en muy diversas partes de nuestro mundo.

Cuando se analiza la gran cantidad de usuarios que reciben el servicio de la televisión análoga, hay que tener en cuenta que esa misma cantidad o tal vez más utilizarán el servicio con la llegada de la televisión digital, y así mismo las características de los usuarios actuales inmersos en distintos tipos de tecnología, como datos móviles, Internet y demás actividades, harán que los usuarios saquen el mayor provecho de la interactividad de la televisión, haciendo que el tráfico que circulará por estas redes aumente de una manera significativa, este hecho es la principal pieza para realizar esta investigación, con el fin de poder caracterizar y realizar próximos análisis y mejoramientos en nuevas implementaciones en redes de televisión que se quieran implementar.

II. MARCO REFERENCIAL

A. Televisión Digital Terrestre

En los sistemas terrenos, la señal de televisión se propaga por el aire y viaja desde los estudios de producción hasta las instalaciones de usuario, ya sean individuales o colectivas. En general, la distribución de la señal de televisión se lleva a cabo mediante una red en la que se emplean satélites y enlaces terrenos. El satélite constituye un medio de interconexión entre una serie de centros reemisores que cambian la modulación de la señal y la envían por la red de distribución terrestre. Ésta última está formada por un conjunto de radioenlaces entre las antenas emisoras y las antenas receptoras de las instalaciones de usuario [1].

En general, un sistema de recepción de televisión se puede dividir en tres grandes partes:

El sistema que capta las señales: se encarga de recibir las señales procedentes de los emisores y reemisores. Se deben situar en el exterior, en un lugar con buena visibilidad, como el tejado o la azotea del edificio, y suelen ser del tipo Yagui o de panel. Forman parte del sistema captador las antenas, cuya misión es captar las señales, y los preamplificadores, que aumentan el nivel de la señal de salida de antena introduciendo el menor ruido posible

La cabecera: adecua las señales de salida del sistema captador para que sea recibida por el usuario con las condiciones de calidad requeridas. Se suele ubicar cercano al sistema captador y está formado por componentes activos (amplificadores, conversores y moduladores) y por componentes pasivos (filtros, mezcladores, ecualizadores y atenuadores).

Finalmente, la red de distribución, a través de todo el edificio o vivienda, lleva la señal a las tomas de usuario. Se compone de conectores, repartidores, derivadores, tomas, cajas de paso y cable coaxial. En instalaciones individuales, además, existen antenas interiores que se conectan directamente a la entrada del receptor. También es posible emplear amplificadores directamente en el mástil de la antena y amplificadores interiores de vivienda [1].

B. Estandar DVB-T

El sistema de TV (Televisión) digital denominado DVB-T (Terrestrial Digital Video Broadcasting), especifica los procesos de decodificación de canal y de modulación para un adecuado funcionamiento cuando se usan canales de transmisión terrestre (Delgado, 2002), como en el resto de estándares DVB, la señal de entrada normalizada es denominada "MPEG-2 Transport Stream" o "Flujo de transporte MPEG-2"

El estándar DVB-T comprende tanto la modulación, como la codificación digital de las señales de video transportadas. En cuanto a la modulación, se utiliza una multiplexación por división de frecuencias ortogonales; esto quiere decir que la señal digital completa se distribuye en múltiples frecuencias dentro del ancho de banda del canal, en lugar de enviar toda la información modulada en una sola frecuencia portadora. Cada frecuencia portadora es modulada por una secuencia digital (que es parte de la información) como si fuera un canal independiente, de forma que la totalidad de los datos son distribuidos entre todos esos "subcanales". Como consecuencia de ello, la velocidad de los símbolos (datos) transportados por cada "subcanal" es muy pequeña. La principal ventaja de este sistema es la protección contra interferencias causadas por la propagación multitrayecto (lo que en televisión analógica se veía como "imágenes fantasma", es decir, aparecen "ecos" de la señal, deformando la imagen).

El ETSI (European Telecommunications Standards Institute) ha adoptado un conjunto de normas para la radiodifusión digital de televisión, sonido y servicios de datos. Las normas se han adoptado para satélite, cable, y la entrega de señales terrestres. La norma para la transmisión terrestre, ETS 300 744, se designa, Digital Video Broadcast-Terrestrial (DVB-T). Esta norma describe un sistema de transmisión de referencia para la radiodifusión digital de la televisión; es similar en muchos aspectos a la norma de EE.UU. DTV. Sin embargo, también

hay diferencias importantes y significativas, tanto en la codificación de canal y modulación. El estándar DVB-T especifica un sistema diseñado para transmisiones de alta calidad de vídeo digital, audio digital y datos a través canales de 7 - 8 MHz, El sistema está diseñado para entregar la información digital en tasas de 4,98 a 31,67 Mbps [2].

C. Teletexto Digital

Teletexto Digital es un servicio de información, el cual corre sin vínculos con la relación normal de los programas de televisión. Se parece a los actuales servicios de teletexto analógico en su contenido, pero tiene una apariencia mucho más mejorada. Proporciona información sobre temas que incluyen: noticias, clima, deportes, EPG, cartelera de cine, los periódicos en línea, compras en línea y TV publicidad. El rasgo distintivo de esta aplicación es que presenta una gran cantidad de información textual.

El contenido de Teletexto digital se puede representar en XML (Extensible Markup Language). Sin embargo, sólo la interactividad local, por ejemplo, navegar por un servicio, la descarga de páginas, la activación otro servicio, se pueden realizar a través un mando a distancia. La interacción de dos vías en el teletexto digital significa que el espectador es capaz de enviar solicitud al prestador del servicio y obtener una respuesta del servicio proveedor. Un canal de retorno y una red de comunicación son necesarios para el desarrollo de un servicio interactivo digital de dos vías para alcanzar la comunicación entre las partes [3].

D. Modelos de Tráfico

De acuerdo con [4], la teoría de tráfico consiste en la aplicación de modelos matemáticos para explicar la relación que existe entre la capacidad de una red de comunicaciones, la demanda de servicio que los usuarios le imponen y el nivel de desempeño que la red puede alcanzar, como dicha demanda es de origen estocástico, se suele representar mediante algún proceso estocástico adecuado, con lo que se constituyen diferentes modelos de tráfico

E. Tráfico Markovianamente Modulado

Las primeras evidencias de presencia de correlación en el tráfico sobre redes con múltiples servicios se presentaron con la paquetización de la voz, en la que cada fuente transita entre un estado activo (durante el cual genera paquetes a una tasa constante) y un estado inactivo (durante el cual no genera paquetes), Previamente se utilizaba el esquema TASI -Time Assignment Speech Interpolation- para hacer multiplicación digital de circuitos, pero la unidad de tráfico seguía siendo la llamada telefónica. Con voz paquetizada, se puede considerar el paquete como la unidad de tráfico, en cuyo caso existe una correlación no despreciable entre los paquetes en un corto rango de tiempo. Si los períodos de actividad e inactividad se consideran independientes y exponencialmente distribuidos con promedios $1/\lambda_1$ y $1/\lambda_2$ respectivamente, la actividad de los abonados de voz se puede caracterizar mediante una cadena de Markov de dos estados con tasas de transición λ_1 y λ_2 entre ellos. Es de notar que, en este caso, la suposición de que los

tiempos de duración en cada estado son exponenciales resulta empíricamente válida para los períodos de sonido, pero es muy inexacta para los períodos de silencio.

Como una verificación informal de la correlación existente entre los tiempos entre llegadas de paquetes, la figura 11 muestra los instantes de llegada de los paquetes de voz generados por un abonado telefónico y los paquetes de datos generados por 25 terminales interactivas, durante un período de ocho segundos. Mientras el tiempo entre llegadas de paquetes de datos parece independiente de los tiempos entre llegadas anteriores, el tiempo entre llegada de paquetes de voz está altamente correlacionado con los tiempos entre llegadas anteriores debido al proceso de actividad e inactividad.

El anterior modelo de tráfico corresponde a un Proceso Determinístico Markovianamente Modulador (MMDP) mediante una cadena de Markov de 2 estados. Si se multiplexan n abonados telefónicos, el estado de la cadena moduladora de Markov indicaría el número de abonados activos. De esta manera, si durante el estado activo cada abonado genera α paquetes por segundo, en el estado i se estarían generando αi paquetes [5]. Al modelar otras fuentes de tráfico como video con tasa variable de bits, conviene suponer que la cadena de Markov modula la tasa promedio de un proceso de Poisson, con lo que se generaría un Proceso de Poisson Markovianamente Modulador, MMPP, por ejemplo, se caracteriza el tráfico generado por un codificador MPEG mediante un modelo MMPP en el que la cadena moduladora tiene 15 estados para representar la secuencia de tramas [I,B,P] dentro de un GOP (grupo de imágenes), con excelentes resultados en cuanto a la predicción del desempeño de un sistema de transmisión consistente en un buffer y un enlace, el modelo se representa en la Figura 1.

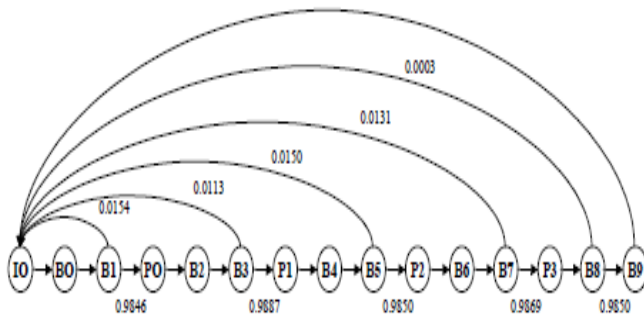


Fig. 1. Modelo MMPP para tráfico de video VBR

F. Simulador Network Simulator 2 (NS-2)

El Network Simulator 2, o NS-2 es un software simulador de eventos discretos ideado para la ayuda a la investigación de redes telemáticas tanto cableadas como en redes inalámbricas locales o vía satélite con una gran cantidad de protocolos. Se puede conseguir de manera gratuita en su código fuente en su página oficial, es un simulador discreto orientado a redes, el cual presenta dos jerarquías, la compilada escrita en C++ y la interpretada que corresponde a OTcl. Ambas jerarquías se encuentran estrechamente relacionadas entre sí.

El simulador se encuentra en desarrollo por parte del proyecto VINT (Virtual InterNetwork Testbed), en colaboración entre los grupos de investigadores y desarrolladores de la

Universidad de California en Berkeley, LBL (Lawrence Berkeley Laboratory), XEROX Parc y USC/ISI (University of Southern California/ Information Sciences Institute), adicionalmente bajo el soporte de DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency).

El proceso de simulación se realiza a través del desarrollo de scripts en OTcl, en el cual se especifican protocolos, estructuras físicas, tráficos y orden de los eventos, entre otros aspectos a simular. Luego viene el procesamiento interno del archivo dado, los resultados de la simulación pueden ser entregados en tres tipos de archivos distintos: los archivos generados por el usuario son del formato y necesidades definidas por éste, los archivos de traza que muestran información de los paquetes que están viajando en la red y los archivos .nam para ser visualizada por NS-2 [6].

III. MODELAMIENTO DE TRÁFICO DE LA TRANSMISIÓN DE TELETEXTO

En el caso puntual de este artículo se analizarán tres modelos de tráfico realizados por diversas exploraciones, en las cuales este inmersa la interactividad entre el prestador del servicio y el usuario, con el fin de llegar a un acercamiento, el cual ayudará a caracterizar el tráfico de la interactividad, en la televisión digital terrestre en el estándar DVB-T, dirigido hacia la transmisión de teletexto como parte fundamental de esta, los modelos estudiados describen análisis de tráfico en tiempos reales en distintos campos, los cuales por medio de software y algunas herramientas, que se describen a continuación, logran un acercamiento real al objetivo principal en esta investigación.

A. Modelo Interactivo Juego en Línea Para XBOX

Este modelo tiene como fin realizar el análisis del tráfico para una sesión de un juego de XBOX en el cual interactúan varias personas al mismo tiempo, con un servidor, realizando solicitudes al usuario y así mismo el usuario hacia él. Esta investigación está realizada por Tanja Lang, Grenville Armitage, de la universidad Swinburne University of Technology, en Melbourne, Australia. En esta exploración se analizan longitudes de paquetes, tiempos entre llegadas de paquetes, paquetes por segundo y velocidades [7].

Las características de las consolas de XBOX permiten a los usuarios interconectarse a un servidor local o así mismo compartir sesiones de juegos en la red, con cientos de usuarios al tiempo. Para el experimento se tuvo en cuenta que cada consola puede acoger hasta 4 jugadores al tiempo interconectados entre sí.

En el caso especial para esta investigación se conectaron 3 consolas a un hub o concentrador junto con una máquina que hace la tarea de analizador de tráfico o Sniffer como se muestra en la figura 2.

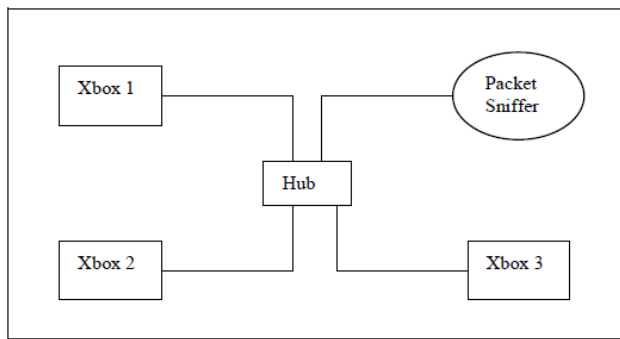


Fig. 2. Configuración del Experimento.

Para el análisis de tráfico de paquetes se utilizó un software llamado Pkthisto el cual genera inter-paquetes, histogramas de hora de llegada, histogramas de longitud de paquetes, y la cantidad de paquetes UDP / IP del tráfico. Este software fue desarrollado originalmente para ayudar a analizar el tráfico de juegos en línea como Quake III en servidores Arena. Pkthisto puede obtener información de captura en tiempo real. Este software fue escrito por Grenville Armitage y es liberado bajo la licencia GNU [8]

El análisis del tráfico de XBOX demostró que tiene un patrón de tráfico muy simple y es muy periódico. Los parámetros importantes son los siguientes: número total de jugadores en el juego, número de clientes y el número de jugadores vinculado a un cliente. Las longitudes de paquetes de servidor dependerá del número total de jugadores en el juego y el servidor envía una cantidad de paquetes al cliente cada 40 ms. La longitud del paquete del cliente depende de la número de jugadores conectados al cliente y otra vez uno de estos paquetes se envían cada 40 ms. Además de estos paquetes cada cliente transmite un paquete de 72 bytes cada 201 ms.

B. Modelo de Interactivo Tráfico Interactivo para P2P-TV

En diez años, el tráfico pasó de ser generado principalmente por las aplicaciones de navegación por la web a estar compuesto, por una buena parte, por los intercambios de datos entre los clientes de "peer-to-peer" (P2P) en el cual se prestan solicitudes de participación. Recientemente, el éxito de las aplicaciones de streaming las cuales distribuyen aplicaciones de audio y video de forma continua, también ha introducido una gran cantidad de tráfico UDP, que es sensible al retardo y a la pérdida, las cuales con frecuencia son estrictamente controladas, con respecto a las condiciones de la red [9].

El siguiente modelo a analizar esta desarrollado por María Antonieta García y Michela Meo, pertenecientes al Departamento de Electrónica del Politécnico de Torino en Torino Italia y Ana Paula Couto da Silva perteneciente al Computer Science Department en la Universidad Federal de Juiz de Fora en Juiz de Fora, Brazil, en el cual se realiza un modelo del tráfico analizado sobre una aplicación de Internet llamada PPLive, estudiando el tráfico generado por los clientes, este tipo de aplicación permite ver canales de televisión montados por la aplicación, cabe aclarar que no es IPTV sino un tipo de televisión por streaming, en la cual los datos son compartidos por todos los usuarios que se

encuentren viendo el mismo canal en ese instante. La motivación para el análisis de este modelo y realizar la comparación con la televisión digital en Colombia, son el crecimiento de usuarios y la cantidad de tráfico de video que circula por estas redes, Por ejemplo, PPLive había más de 200 canales distintos en línea, con un promedio diario de 400,000 usuarios agregados. Para esta investigación se basan en experimentos reales, tomados de PPLive una de las aplicaciones más populares de este tipo, de esta manera caracterizan el tráfico tomando trazas reales que son entregadas por la aplicación y así mismo por los usuarios en el momento de compartir. En particular se analizan las clases de tráfico en términos de la distribución de la velocidad binaria y la función de autocorrelación. Se proponen dos modelos de tráfico simple, un modelo sin memoria y un modelo oculto de Markov.

Los resultados obtenidos demuestran que el tráfico de las redes de P2P-TV resulta más sencillo de modelar que otro tipo de tráfico más común en Internet, esto debido a la naturaleza de la transmisión, hace que el flujo de la tasa de bits sea suave, continuo y no es variable. Este tipo de aplicaciones son muy agresivas hacia la red en la cual no se aplica ningún tipo de mecanismo de control de congestión y tienden a no adaptarse a las condiciones de la red, de hecho muchas de las dificultades del tráfico de Internet se debe a la combinación de los tamaños de los archivos y la naturaleza de circuito cerrado del TCP, todo esto de igual manera para todas las clases que se analizaron anteriormente.

C. Modelo de Tráfico DVD-TV Interactiva

Dentro de las características de la televisión digital se encuentran un sinnúmero de opciones que mejoran la experiencia del televidente, es así como los avances de la tecnología implementada sobre estas redes, hacen que está cada vez aumente la capacidad de soportar todo el tráfico transportado por ellas.

El caso específico de esta investigación realizada por Mehran Azimi, Panos Nasiopoulos y Rabab Kreidieh Ward, publicada en la revista IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 8 del 4 de agosto de 2006. Donde se proporciona información sobre la caracterización del tráfico y modelos que demuestran la capacidad de la redes para transportar información adicional a la de la transmisión de televisión normal es así como se centran en las características de interactividad especiales como: multilinguaje de audio, gestión de padres, multi-canal de video y video en video en donde el televidente podrá ver un recuadro en la transmisión actual que le mostrará información adicional de esta misma [10].

Antes de realizar el análisis del tráfico, se plantea una opción para la transmisión de los datos adicionales sobre las redes de televisión.

Las transmisiones de datos adicionales limitan a los prestadores de servicios ya que lo que buscan es que la transmisión actual no se vea afectada de ninguna forma, en el caso especial de retrasos en la transmisión o retardos de audio. De esta manera se centran en que las escenas lentas o de poca complejidad necesitan menos ancho de banda de las que a su

vez son más complejas, así como las corrientes de video son variables. Un medio de transmisión, por ejemplo cable o terrestre permite un ancho de banda reservado para cada canal específico, el cual es igual a la tasa máxima de origen. Durante las escenas simples ese ancho de banda es desperdiciado, es así como se propone utilizar ese espacio no utilizado para transmitir los datos.

D. Transmisión de Teletexto

El teletexto es un servicio de radiodifusión digital de datos que puede transmitirse ya sea dentro de la estructura de una señal de televisión analógica o mediante sistemas de modulación digital. El servicio está diseñado principalmente para mostrar texto o imágenes en forma bidimensional los cuales son reconstruidos a partir de los datos codificados en las pantallas de receptores de televisión [11].

DVB utiliza el estándar MPEG-2 de la organización MPEG para definir el flujo de transporte del teletexto, en la figura 37 se ilustra la ubicación del teletexto junto con el video y el audio dentro de un componente MPEG para DVB, el cual se conoce como PES, descrito anteriormente, formando así los flujos individuales. En el caso del teletexto, los paquetes contienen 45 bytes, así una línea completa de teletexto se puede transmitir en un paquete. Un byte representa un carácter, una página de teletexto consta de 23 líneas visibles, cada una con 40 caracteres, los 5 bytes restantes son para el control de la información del teletexto [12].

IV. CARACTERIZACIÓN DEL MODELO DE TRÁFICO PROPUESTO

De acuerdo con el estudio de la transmisión de teletexto mostrado anteriormente, a continuación se caracteriza la transmisión con el fin de desarrollar el modelo propuesto. En la transmisión de teletexto están inmersos dos actores fundamentales, el cual es el usuario y el prestador del servicio, así mismo cada uno de estos cuenta con unas variables que interactúan con el fin de completar la transmisión. Con la ayuda de los modelos de tráfico estudiados anteriormente y la investigación realizada acerca de los factores que influyen en la transmisión de teletexto en televisión digital estándar DVB-T a continuación se describe las variables y demás actores que caracterizaran el sistema. Para luego proponer el modelo de tráfico que ayudará a caracterizar la transmisión.

A. Variables que Afectan el Sistema

Para la clasificación de las variables se dividió el sistema en dos partes: El Usuario y El Prestador del Servicio, cada uno de estos con sus variables así.

- a) *Usuario.*
 - (i) Número de peticiones usuario servicio.
 - (ii) Numero de paquetes recibidos.
- b) *Prestador del Servicio*
 - (i) Número de usuarios
 - (ii) Número de peticiones de control.
 - (iii) Numero de paquetes enviados.

La figura 3 muestra una breve descripción de las variables que afectan al sistema.

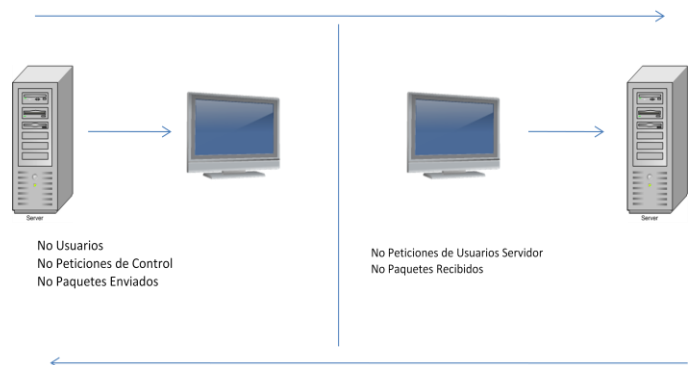


Fig. 3. Variables del Sistema de Transmisión de Teletexto.

B. Tamaño de Paquetes y Composición de una Pagina de Teletexto

Para la caracterización del modelo es necesario aclarar cómo se forma una página de teletexto y de qué forma se envía. A continuación se realiza una descripción de cómo es el procedimiento que se plantea para la caracterización. Una página de teletexto estándar o full, está conformada por 23 líneas, cada línea tiene un tamaño de 45bytes, aclarando que cada carácter tiene un tamaño de 1byte.

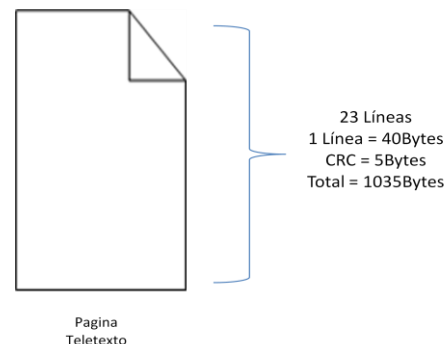


Fig. 4. Tamaño de una página de teletexto

En la figura 4 se muestra la distribución de tamaños de bytes por cada línea y total de la página de teletexto.

C. Caracterización de la Transmisión del Sistema Propuesto

El primero evento que se pretende caracterizar es el caso en que solo este interactuando un servidor o prestador de servicio y un único usuario.

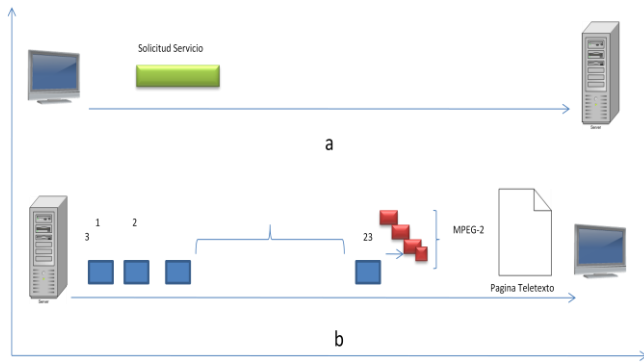


Fig. 5. Transmisión de teletexto 1 usuario

En la figura 5 se describe el procedimiento del envío de una página de teletexto a un usuario. La parte a, de la figura muestra cuando el usuario solicita a su servidor una página, esta solicitud, se realiza con el envío de un paquete no mayor a 45bytes, esto varía de acuerdo al servidor, en esta solicitud está encadenado que servicio se quiere obtener, por ejemplo servicio de transito, loterías, ventas, chats etc., de igual manera a que servidor o empresa. Luego la parte b, la petición es recibida por el destino indicado, de esta manera es procesada la información y se procede con el envío de los paquetes. Una página estándar 23 paquetes de 25 bytes empaquetadas o codificadas en el estándar MPEG-2 descrito anteriormente.

Otro evento a tener en cuenta es el caso de un servidor y múltiples usuarios.

En la Figura 6 se muestra el caso en que el servidor tiene múltiples solicitudes que deben ser atendidos y así mismo enviar paquetes de respuesta a cada uno de sus solicitudes.

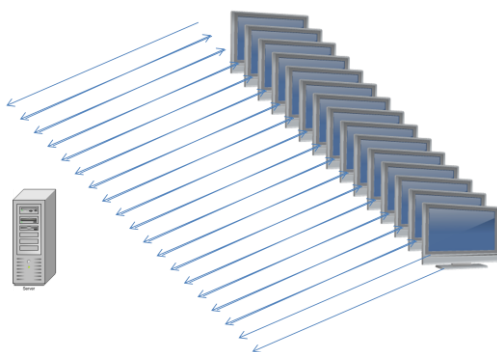


Fig. 6. Envío de paquetes a múltiples usuarios

En la figura 7 se muestra una imagen de un servidor respondiendo solicitudes a múltiples usuarios, se puede observar que en distintos instantes de tiempo la solicitudes cambian de acuerdo a cada usuario, lo que se muestra como una especie de modulación en el tiempo de la transmisión, característica que fue punto clave en la decisión de qué modelo de tráfico utilizar, ya que se hacía necesario buscar un modelo que contará con esa característica.

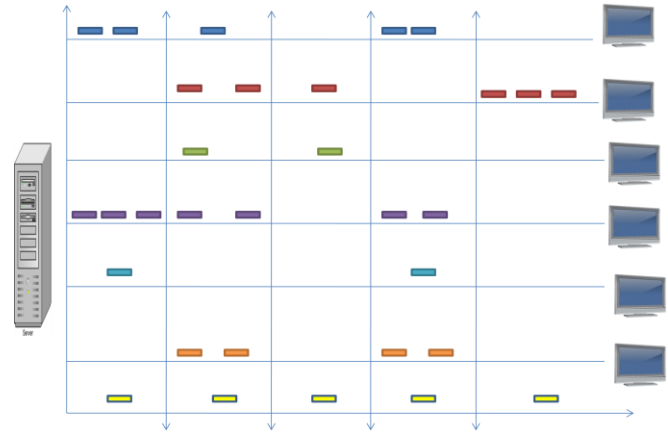


Fig. 7. Envío de paquetes a múltiples usuarios

D. Propuesta para el Modelo de Tráfico

Debido a las características de la transmisión analizadas anteriormente y a los modelos descritos en este trabajo de las investigaciones desarrolladas, se analizaron varios modelos que podrían acercarse a dicha transmisión, haciendo referencia a modelos como Movimiento Browniano Fraccional, Modelos netamente ON-OFF y otros modelos auto similares que podrían funcionar para esta caso. Al momento de realizar la caracterización con alguno de estos modelos surgieron algunos inconvenientes como:

Análisis del Parámetro de Hurst como medida de inicio para comenzar el análisis. Ya que no se cuenta con trazas reales que nos ayudarían a determinar el modelo.

Falta de caracterización de múltiples variables que describieran de manera más asertiva la interactividad que generaría el modelo que se quiere proponer.

Debido a que el modelo tiene que realizarse de manera teórica primero, con base a otras investigaciones y modelos estudiados no se tenían datos reales, el modelo propuesto debería acercarse más de manera teórica a la realidad.

Para solucionar este tipo de inconvenientes se propuso usar el modelo de tráfico MMPP (Proceso de Poisson Markovianamente Modulado) el cual por sus características se acercaba más hacia la caracterización que se le quería dar al modelo.

E. Metodología para el Modelo de Tráfico Propuesto

Según la caracterización de la transmisión descrita anteriormente a continuación se describen los pasos para implementación del modelo.

Para el modelo de tráfico propuesto la tasa de llegada varia aleatoriamente a través del tiempo entre dos valores, en el caso específico de este análisis. Estas transiciones están regidas por una cadena de tiempo continuo de Markov, de la cual se puede obtener la matriz generadora como en (1)

$$(1) \quad Q = \begin{bmatrix} -r_0 & r_0 \\ r_1 & -r_1 \end{bmatrix}$$

Se propone analizar el sistema descrito anteriormente como una cadena de dos estados, para el modelo MMPP, cada estado es independiente, y sus características dependerán de la solicitud del usuario.

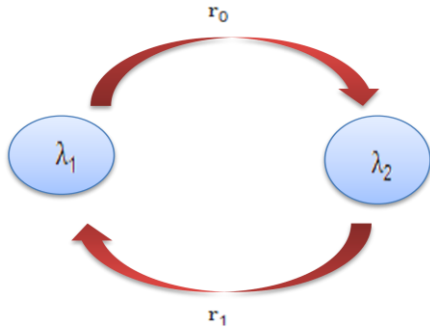


Fig. 8. Cadena de MMPP de 2 estados

La figura 8 muestra el diagrama de estados de la cadena de Markov en la cual se realizan dos transiciones a distintas tasas. La figura 44 caracteriza el comportamiento de la transmisión donde se puede visualizar que para el primer momento la cantidad de datos enviados es inferior de igual manera para el tiempo comparado con el segundo instante.

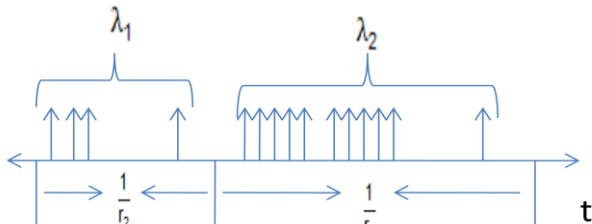


Fig. 9. Comportamiento de transmisión para 2 estados

Ahora el vector $\pi = \frac{1}{r_0+r_1} (r_1, r_0)$ es el vector estacionario de la cadena de Markov tal que $\pi Q = 0, \pi E = 1$ donde $E = (1, 1)^T$ en el estado i , los clientes llegan a una tasa constante $\lambda_i = (i = 0,1)$. Así cuatro parámetros de velocidad junto con una distribución inicial v_0 de esta manera se definen completamente los estados de MMPP. Para la notación MAP (Proceso de Arribo Markoviano) el MMPP se puede mostrar en términos de dos matrices.

$$(2) \quad D_0 = \begin{bmatrix} -(r_0 + \lambda_0) & r_0 \\ r_1 & -(r_1 + \lambda_1) \end{bmatrix}$$

$$(3) \quad D_1 = \begin{bmatrix} \lambda_0 & 0 \\ 0 & \lambda_1 \end{bmatrix}$$

Las matrices (2) y (3) mostradas anteriormente corresponden a la Matriz de estado de transición de estado y Matriz de transición de de velocidad de llegada respectivamente.

A continuación se describe el proceso para el cálculo de la probabilidad de encontrarse en el estado (λ_0, λ_1) , la probabilidad de encontrarse en el estado λ_0 corresponde a (4) y λ_1 (5)

$$(4) \quad P[\lambda = \lambda_0] = \frac{r_1}{r_0+r_1}$$

$$(5) \quad P[\lambda = \lambda_1] = \frac{r_0}{r_0+r_1}$$

A continuación se calcula la media la cual ayudará a mostrar el comportamiento de transiciones aleatorias como se muestra en (6).

$$(6) \quad M = \sum_{k=1}^2 \lambda_k P[\lambda = \lambda_k] = \lambda_0 \frac{r_1}{r_0+r_1} + \lambda_1 \frac{r_0}{r_0+r_1} = \frac{\lambda_0 r_1 + \lambda_1 r_0}{r_0+r_1}$$

La ecuación (6) ayudará a realizar la gráfica perteneciente a la tasa media de llegada, la cual ayudará a caracterizar el comportamiento del modelo MMPP

La figura 10 muestra la tasa media de llegada del MMPP de dos estados, para obtener la gráfica fue necesario generar un pequeño algoritmo con la ayuda del software MATLAB, en el cual se crean 4 vectores, que serán las variables de la ecuación (6), los cuales se comportan aleatoriamente distribuidos exponencialmente, luego es cargada la función de la ecuación (6), y se simula durante un ciclo, este resultado es tomado en un vector resultante. El diagrama de flujo de este algoritmo es mostrado en la figura 11

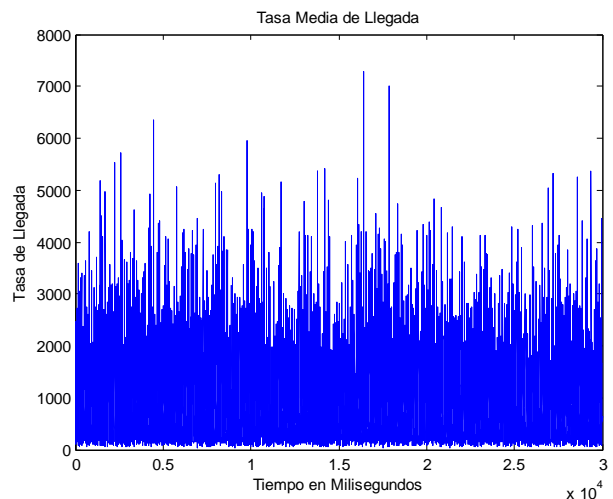


Fig. 10. Tasa media de llegada.

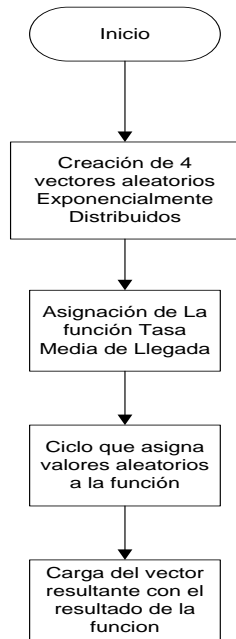


Fig. 11. Diagrama de flujo algoritmo función aleatoria.

Para obtener una caracterización más precisa del comportamiento del modelo es necesaria acercarlo hacia algún tipo de distribución específica. De esta manera se realiza un software en MATLAB en el cual se obtienen los valores de la tasa media de llegada en un vector y se contarán las ocurrencias en el mismo tiempo analizado anteriormente. El algoritmo de conteo de muestra en el diagrama de flujo mostrado en la figura 12.

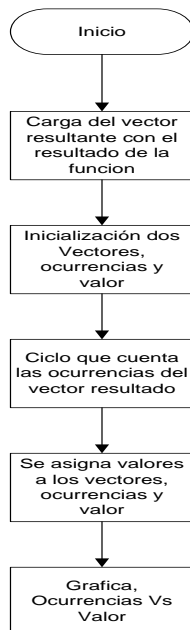


Fig. 12. Diagrama de flujo conteo de ocurrencias

La figura 13 muestra la gráfica de las ocurrencias en un tiempo determinado.

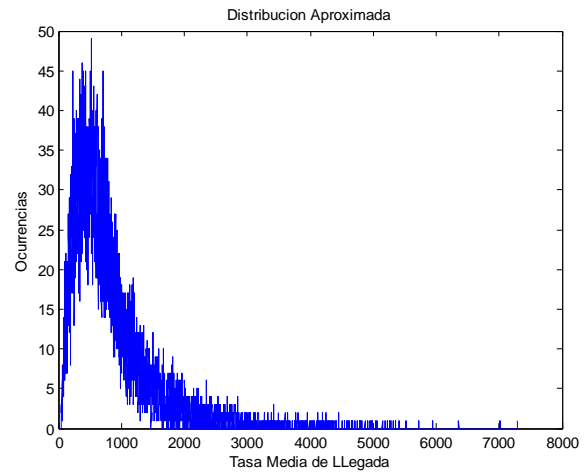


Fig. 13. Aproximacion de la distribución

F. Comparación de la Gráfica Obtenidas Vs Distribuciones Conocidas

El análisis y observación de las gráficas de distribuciones de los datos tiene como objetivo encontrar una función de distribución de probabilidad la cual ayudará a caracterizar el comportamiento del modelo propuesto, con el fin de desarrollar un generador de tráfico que será utilizado en la simulación de NS2 con el cual se podrán obtener las trazas de la simulación realizada para luego ser analizadas y comparadas con las gráficas mostradas, para así de esta manera ratificar el modelo de tráfico MMPP propuesto.

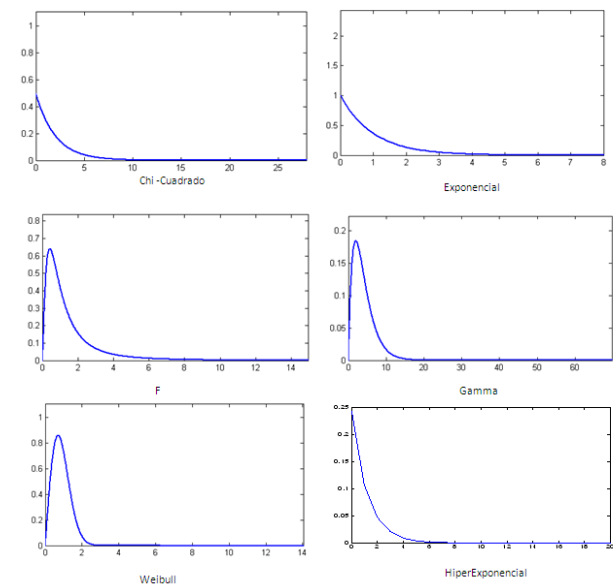


Fig. 14. Distribuciones a comparar.

Para la comparación de las gráficas se tomaron unos parámetros que se describen a continuación.

Con el fin de obtener las gráficas con que se compararán se utilizará la herramienta Disttool de del Software MATLAB, el cual según (Santos, s.f) es una herramienta de MATLAB que permite visualizar de forma gráfica las características de cada distribución con la posibilidad de variar sus parámetros. Las

funciones que muestra son PDF (Función de Densidad de Probabilidad) y CDF (Función Acumulada de Probabilidad).

Las Distribuciones según su forma que se compararan se muestran en la figura 14

- a) *Forma de la Gráfica*
- b) *Comportamiento de la curva característica de caída después de alcanzar su punto máximo.*
- c) *Dirección de la concentración de los datos, izquierda o derecha según el comportamiento de la gráfica.*
- d) *Caracterización de la concentración de los datos en el comportamiento de toda la gráfica.*

La Figura 15 muestra la comparación que se le realizó a todas las distribuciones, en este caso especial como la distribución hiperexponencial es la que más se acerca al comportamiento es mostrada en la parte izquierda de la Figura 15. Las comparaciones realizadas se determinaron por cada uno de los literales mostradas en la figura 15. El literal a) Muestra comportamiento de la gráfica después de alcanzar el punto máximo, b) Concentración de los datos hacia la izquierda, c) Caracterización de la concentración de los datos en toda la Gráficas d) Forma de la gráfica.

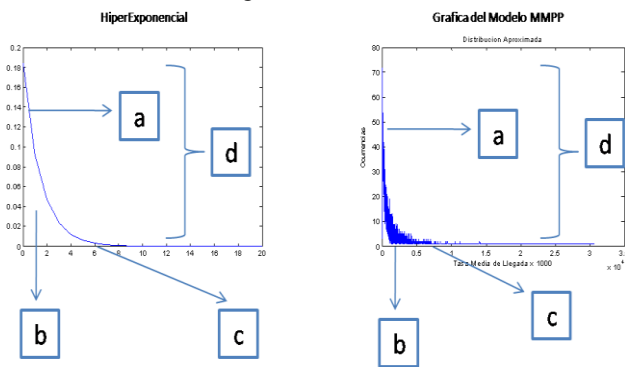


Fig. 15. Comparación realizada gráfica HiperExponencial Vs MMPP.

Después de haber escogido la distribución hiperexponencial como la apropiada para el desarrollo de la simulación del tráfico es necesario conocer un poco sus características más relevantes para luego continuar con implementación de la simulación.

G. Implementación de la Simulación en NS-2

A continuación se describe el proceso para la implementación de la simulación, que ratificará la elección del modelo MMPP, desarrollando anteriormente. Con la elección de la distribución hiperexponencial se procede al desarrollo de un algoritmo que pueda generar el tráfico en relación a dicho comportamiento. Así pues de esta manera se realiza la elección de la herramienta de simulación NS2, que por sus características como versatilidad, gran número de generadores de tráfico con la posibilidad de crear uno nuevo o modificar los existentes. Ya que el software es de versión libre, existen muchas implementaciones que permiten que la herramienta sea actualizada constantemente y se acerque mucho más a las

características actuales, la cual sería una de las ventajas u opciones más fuertes en el momento de escoger la herramienta.

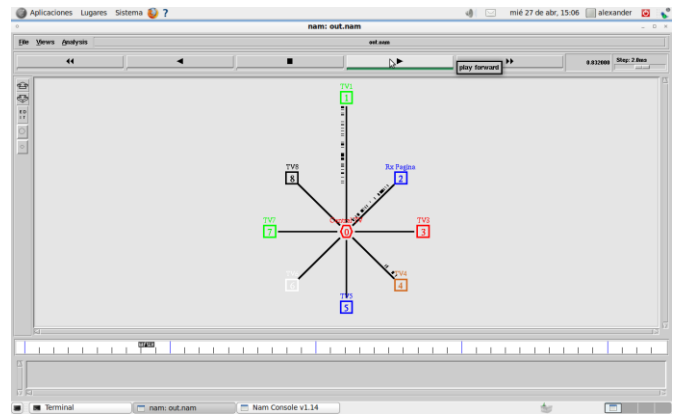


Fig. 16. Topología de la simulación

La topología propuesta está compuesta por 9 nodos, donde el nodo central hace referencia a la central de televisión, la cual recibe las peticiones de los usuarios que están conectados a él. En la simulación cada nodo correspondiente a los usuarios, tiene un papel independiente y aleatorio según la distribución seleccionada anteriormente, de esta manera cada simulación que se realice los paquetes procesados por la central de TV cambiarán. En la figura 16 se muestra la topología propuesta.

Ya que la distribución exponencial tiene un comportamiento parecido a la hiperexponencial, se tomo como base el generador de tráfico Exponencial de NS2, el cual mediante su clase EXPOO_Traffic, puede ser modificada para que dentro de su estructura se pueda variar su comportamiento.

La clase EXPOO_Traffic de NS2 es un generador de tráfico de tipo CBR (Rata de Bit Constante) de tipo ON/OFF. Las variables que afectan a este generador son las siguientes:

- a) *packetSize_ Tamaño del paquete enviado en bytes*
- b) *rate_ Rata de transmisión durante el envío en bps*
- c) *burst_time_ Tiempo de permanencia en el periodo ON en Seg*
- d) *idle_time_ Tiempo de permanencia en el periodo OFF en Seg.*

Para llevar este generador de tráfico hacia el modelo hiperexponencial, fue necesario realizar los siguientes cambios. La variable packetSize_ se cambio hacia un comportamiento aleatorio de 40 a 1000Kbytes valor que se le asigna a las páginas de teletexto reales, cambiando así de CBR a VBR, en el caso de rate_ se dejo una constante la cual según la investigación el valor aproximado es de 150kbps, para que el comportamiento de el generador de tráfico se acercara más hacia el hiperexponencial se realizaron cambios del comportamiento de las variables burst_time_ , idle_time_

la cuales por default se encontraban estáticas comportamiento propio de la distribución exponencial, en este caso estas transiciones se hacen aleatorias y exponencialmente distribuidas según teoría del comportamiento del modelo. El código debidamente documentado se encuentra en la sección de anexos de este trabajo. El diagrama de flujo correspondiente al algoritmo se muestra en la figura 61

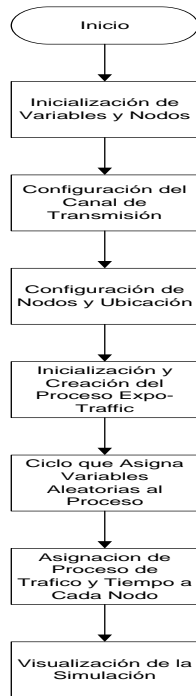


Fig. 17 Diagrama de flujo simulación NS-2.

Con el comportamiento aleatorio desarrollado podremos obtener diferentes tipos de valores para cada transición realizada imitando el comportamiento de varios usuarios, ya que cada usuario tendría un comportamiento diferente el cual es determinado por el tamaño de la pagina que solicita y el tiempo en que se está accediendo al servicio, por ejemplo un usuario puede realizar peticiones cada 1 min, mientras que otro usuario las puede realizar cada 3 min haciendo así que el periodo de inactividad sea más largo, con respecto al anterior, todos estos comportamientos se desarrollaron de manera aleatoria para así poder acercarse más hacia la realidad. El diagrama de flujo de la Figura 17 muestra el procedimiento desarrollado para la implementación del algoritmo anteriormente descrito

V. COMPARACION DE LA SIMULACIÓN NS-2Vs MODELO TEÓRICO

A continuación se realiza el análisis de las gráficas obtenidas del modelo teórico con las obtenidas de las trazas de la simulación realizada, con el fin de analizar el comportamiento y así ratificar el modelo propuesto con la simulación. De esta manera se podrán realizar algunas pruebas basadas en el comportamiento del tráfico propuesto, para así realizar algunos cambios en la simulación, que nos permitan visualizar algunos escenarios posibles en el sistema.

El siguiente análisis corresponde a la comparación de las gráficas de Tasa media de Llegada para el modelo teórico y simulado.

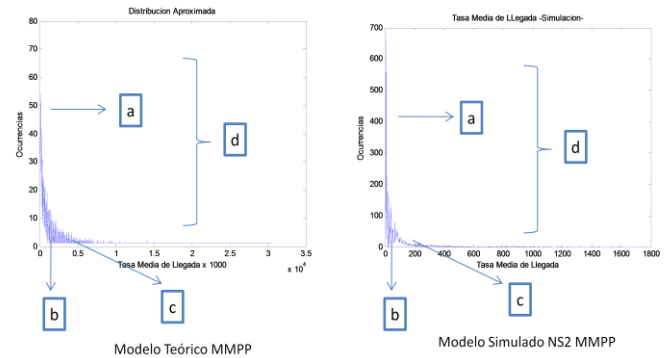


Fig. 18. Comparacion modelo teorico Vs Simulación NS-2

En la parte izquierda de la figura 18 se observa la gráfica de la tasa media de llegada para el modelo teórico el cual es comparado con la gráfica extraída de las trazas de NS2 en donde se observa que el comportamiento es similar de acuerdo a los literales expuestos en la figura. Los literales a) Muestra comportamiento de la gráfica después de alcanzar el punto Máximo, b) Concentración de los datos hacia la izquierda, c) Caracterización de la concentración de los datos en toda la gráfica d) Forma de la gráfica.

El comportamiento del tráfico de la transmisión de teletexto hace referencia un comportamiento Hiperexponencial según las investigaciones realizadas en este trabajo y basados en comportamientos interactivos de otros modelos de tráfico documentados en esta investigación, así de esta manera podremos realizar una serie de pruebas de acuerdo al comportamiento propuesto con el fin de analizar cómo se comportaría el modelo propuesto frente a otro tipo de situaciones.

VI. CONCLUSIONES

A partir del estudio de los tres modelos de tráfico que se documentaron en esta investigación, se mostró que el tráfico interactivo mantiene un comportamiento autosimilar, a partir de ahí se analizaron modelos sin memoria, modelos ocultos de Markov y modelos determinísticos de Markov, de todos estos y con cada una de sus características más relevantes, ayudaron a determinar el comportamiento MMPP del modelo propuesto en este trabajo, debido a la usencia de trazas reales fueron determinantes al momento de la selección del modelo.

El comportamiento ON-OFF de este modelo de tráfico servirá para aprovechar los momentos de baja transferencia o momentos en los cuales no se esté generando ningún tipo de información, para optimizar el ancho de banda o utilizar esos momentos de baja transferencia para enviar otro tipo de información que quiera ser transportada por estas redes, este comportamiento interactivo de las nuevas redes de datos es descrito eficientemente por el modelo MMPP, de esta manera

se podrá utilizar para caracterizar cualquier tipo de tráfico actual.

La exactitud de los datos obtenidos y los comportamientos teóricos deben de estar a prueba, ya que si se toman trazas reales para el análisis, de donde se puedan determinar otro tipo de factores que afecten al medio de transmisión como errores en la transmisión o interferencias, podrían hacer que se modifique el comportamiento de la distribución hiperexponencial, pensando en otro tipo de distribución que pueda abarcar todos estos comportamientos externos, ya que las retransmisiones de datos afectarían de manera directa la ocupación del ancho de banda, por el reiteración de transmisiones.

El estándar DVB-T seleccionado por Colombia para la implementación de la televisión digital, según las investigaciones realizadas en este documento es un sistema robusto ya que para un canal de 6MHz la tasa de transmisión de datos podría variar entre 3.74Mbps (Para el modo más Robusto) y 23.75Mbps (Para el menos Robusto) de igual forma el uso eficiente de el espectro mediante técnicas avanzadas de modulación con respecto a la transmisión de datos y video, minimizarán las pérdidas de información en la recepción de los datos.

REFERENCIAS

- [1] A Marcons, "Impementacion de Tecnicas y Sincronizacion para Sistemas OFDM ," Bellaterra, 2008.
- [2] Alejandro Delgado, "Trasmision de Señales de TV Digital en el Estandar Terreno DVB-T," Departamento de Electromagnetismo y Teoria de Circuitos, Universidad Politecnica de Madrid, Madrid, Tesis de Grado 2002.
- [3] P. Chengyuan y V. Petri, "Interactive Digital Teletext Service," Telecommunications Software and Multimedia Laboratory, Helsinki University of Technology, Finland , 2002.
- [4] Joaquin Sanchez, "Modelo deTrafico Para MPEG-4," Facultad de Ingenieria Electronica y Telecomunicaciones , Fundacion Universitaria San Martin , Bogota , Proyecto de Grado 2006.
- [5] Juan Pérez and Jorge Romero, "Tráfico Autosemejante," Universidad de los Andes , Bogota, 2008.
- [6] Escuela Politécnica Nacional, "Capitulo 3," Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Ecuador, 2002.
- [7] Tanja Lang and Grenville Armitage, "A Ns2 model for the Xbox System Link game Halo," Centre for Advanced Internet Architectures, Swinburne University of Technology, Melbourne, 2003.
- [8] Swinburne University Of Technology. (2009, Oct.) Centre For Advanced Internet Architectures. [Online]. HYPERLINK "http://caia.swin.edu.au/genius/" <http://caia.swin.edu.au/genius/>
- [9] Maria Garcia, Ana da Silva, and Michela Meo, "Modeling P2P-TV Traffic," Computer Science Department, Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.
- [10] Mehran Azimi, Panos Nasiopoulos, and Rabab Kreidieh, "Data Transmission Schemes for DVD-Like Interactive TV," *IEEE TRANSACTIONS ON MULTIMEDIA*, vol. 8, no. 4, pp. 1-10, Agosto 2006.
- [11] ITU-R, "RECOMMENDATION ITU-R BT.653-3," 1998.
- [12] Werner Brückner, "Teletext in Digital Television," Munich, 2001.

Alexander J. Martínez nació en Barrancabermeja el 2 de Febrero de 1982. Estudiante de 10 semestre de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Fundación Universitaria San Martín, dentro de sus principales intereses se encuentra la ingeniería de tráfico, así mismo temas referentes a redes de siguiente generación y comunicaciones móviles en general