

Modelamiento de Tráfico Para la Interactividad en un Canal de Retorno de Televisión Digital Terrestre (Dic 2011)

Diego Alejandro Ruiz Cardenas – Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones

Abstract— *this article presents in a clear manner the behavior of interactive digital terrestrial television for a traffic model to characterize the behavior of this network. Emphasis is placed on the behavior of the return channel “DVB-RCT”, performing a software simulation in Network Simulator 2 “NS-2”, where we observe the behavior of parcels, both server interactivity of central television, such as users. To analyze this behavior, we obtained the respective traces of the simulation, which were analyzed in the MATLAB software, after obtaining the results in MATLAB, there is a traffic model ON-OFF characterizes with an exponential distribution, which is which characterizes the behavior of interactive television network.*

Keywords— *Interactivity, traffic modeling, exponential, digital terrestrial television return channel*

Resumen— *Este artículo presenta de una forma clara el comportamiento de la interactividad en la televisión digital terrestre para obtener un modelo de tráfico que caracterice la conducta de esta red. Se hace énfasis en el comportamiento del canal de retorno “DVB-RCT”, realizando una simulación en el software Network Simulator 2 “NS-2”, en donde se observa el comportamiento del envío de paquetes, tanto del servidor de interactividad de la central televisiva, como el de los usuarios. Para el análisis de este comportamiento, se obtuvieron las trazas respectivas de la simulación, que fueron analizadas en el software MATLAB, luego de obtener los resultados en MATLAB, se planteo un modelo de tráfico de características ON-OFF con una distribución exponencial, que es el que caracteriza el comportamiento de la interactividad en la red televisiva.*

Palabras clave— *Interactividad, modelamiento de tráfico, Televisión Digital Terrestre, exponencial, canal de retorno.*

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la televisión es el medio masivo de información y de esparcimiento de la sociedad, que se hace indispensable para mantenerse al tanto de lo que ocurre en una región o en el mundo. Con la llegada de la televisión digital, se cambia todo el concepto que hasta hoy se tenía de la televisión análoga, en donde el tele espectador puede disfrutar de beneficios y mejoramientos significativos, como lo es una mejor

calidad en la imagen, mejor calidad de sonido, mayor número de canales y disfrutar de contenidos interactivos; con la interactividad el televidente puede convertirse en una persona activa con algunos programas que se estén emitiendo y contengan contenido interactivo, en este caso con un proveedor de servicios al que se conecta mediante un canal de retorno. La interactividad por medio de este canal de retorno permite no sólo ver contenidos adicionales a la programación y navegar por ellos, sino también enviar respuestas por parte de los usuarios, responder a ciertas preguntas, realizar una compra de un producto que este a la venta e incluso comunicarse con otros usuarios.

Con la llegada de esta nueva tecnología digital y de la interactividad se abre un gran abanico de posibilidades, tanto para los radiodifusores de televisión, para los creadores de nuevos contenidos y para los usuarios; cambiando el modelo tradicional, a un modelo convergente de nuevas tecnologías, para generar nuevas fuentes de empleo y de economía. Por otra parte, estos servicios de televisión digital no llegarán solo a nuestros televisores, si no que también serán compatibles para equipos móviles y portátiles, haciendo que se incremente de una forma considerable la cantidad de usuarios tanto a nivel nacional, como a nivel mundial; esto puede de que afecte en un futuro a este sistema, ya que la demanda que tendrán estos contenidos será mucho mayor y por lo tanto el tráfico que circulara por estas redes también aumentará en gran medida.

El tráfico de esta red, es el principal objetivo que se pretende analizar, para determinar como es su comportamiento; y de esta forma poder prever mejoramientos en nuevas implementaciones que se pretendan hacer en televisión digital terrestre.

II. TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

La TDT, o televisión digital terrestre hace referencia a la aplicación de nuevas tecnologías del medio digital al tipo de transmisión de contenidos a través de una antena convencional. Aplicando la tecnología digital se consiguen mayores posibilidades, como lo es proveer un mayor número de canales, como aprovechar en ancho de banda y tener una mejor calidad de imagen y de sonido [1].

La televisión digital técnicamente consiste en una señal analógica que es transformada en una sucesión de 0's y 1's respectivamente a una alta velocidad. Para esta conversión se toman muestras de la amplitud de la señal analógica a ciertos intervalos que sean precisos, regulares (millones de veces por

segundo), cada medición genera un número representativo del valor de la misma; mediante la codificación, estos valores se convierten en una secuencia de números binarios [3].

III. DESCRIPCIÓN DE UN CANAL DE INTERACTIVIDAD

Para que exista interactividad un usuario puede realizar sus peticiones personalizadas por medio de su receptor o STB (Set Top Box), ya que soportan comunicaciones basadas en TCP/IP permitiendo de esta manera realizar comunicaciones con servidores interactivos externos, enviando información a cada uno de estos servidores. Cabe recalcar que para que exista una comunicación bidireccional el usuario o televidente es quien siempre va a iniciar la comunicación con el servidor que se encuentre en el exterior.

Como lo menciona Alberto Jiménez, en su documento, Nuevas Aplicaciones y servicios en TDT [4], el requerimiento básico del canal de interactividad o canal de retorno, es que el usuario sea capaz de responder de alguna forma a los servicios interactivos. Dicha respuesta puede ser un voto para una encuesta o un mensaje para un foro en directo; el tamaño de los paquetes de petición, tiene un máximo de 220 bytes. Un nivel mayor de interactividad requerirá que un televidente que ha participado en algún contenido, reciba un reconocimiento por medio de un mensaje; este puede ser en caso de que algún usuario tome algún producto por el canal interactivo, ya que el usuario querrá tener un recibo de dicha transacción. Este nivel ya requiere dos direcciones en el canal de interacción: uno, el de radiodifusión (del broadcaster al usuario) y otro, el de interactivo de vuelta (del usuario al broadcaster). Según el estándar DVB-RCT, este canal interactivo tiene un ancho de banda de 1MHz, y su velocidad de transmisión es aproximadamente de 38Kbps, a diferencia del canal de broadcast que tiene una velocidad aproximada de 150Kbps y un ancho de banda de 6Mhz; es de mencionar que estas velocidades de transmisión son teóricas y se tomaron de las distintas especificaciones de la ETSI [5],[6],[7],[8] ya que no se cuenta con estudios específicos de cómo es su comportamiento, por lo que en la simulación que se realizó se dieron estos valores para caracterizar los canales tanto de broadcast, como de retorno.

IV. CANAL DE RETORNO DVB-RCT

Para el canal de retorno terrestre, DVB concluyó su especificación en el mes de abril del año 2001 y la ETSI (European Telecommunications Standards Institute) lo ratificó y lo publicó en el mes de marzo de 2002 como el estándar EN 301 958 v 1.1.1 (2002-03), con el nombre de Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for Digital Terrestrial Television (RCT); incorporating Multiple Access OFDM. La ITU (International Telecom Union) reconoció y recomendó el sistema DVB-RCT (Digital Video Broadcasting – Return Channel Terrestrial), como el canal de retorno preferible para el sistema DVB-T. [7]

El objetivo del sistema DVB-RCT es ofrecer a los emisores un canal de retorno inalámbrico en las bandas VHF y UHF para que este desarrollado junto con la plataforma de Televisión

Digital Terrestre DVB-T. La arquitectura del sistema inalámbrico del canal DVB-T está compuesta por las siguientes capas.

A. *Capa Física:* se encarga de definir todas las propiedades físicas (eléctricas) de los parámetros de transmisión.

B. *Capa de Transporte:* define todas las estructuras de datos y protocolos de comunicación como lo son contenedores de datos.

C. *Capa de Aplicación:* hace referencia a la aplicación de software interactiva y a los entornos de ejecución; como son las compras que realiza un televidente desde su hogar.

En figura 1 se muestra el modelo del sistema genérico, que tiene que ser utilizado dentro de DVB para el uso de los servicios interactivos. En este modelo, se establecen dos canales entre el proveedor de servicios y el usuario.

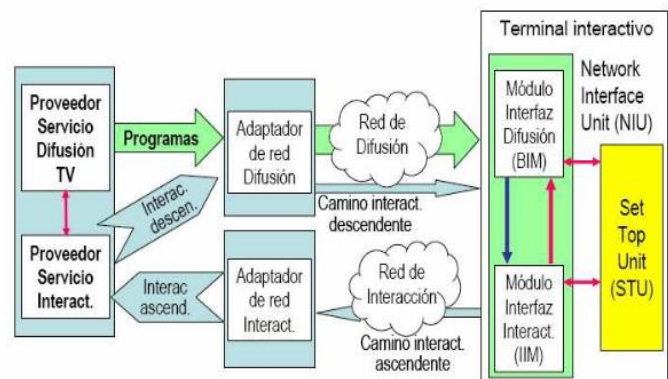


Fig 1. Modelo de referencia para la interactividad en sistemas terrestres.

El sistema Digital Video Broadcasting – Return Channel Terrestrial puede utilizarse también para sesiones web interactivas y servicios de telecomunicaciones IP, como lo es el comercio electrónico, que exige interactividad total entre los usuarios y los proveedores de servicios interactivos; DVB-RCT ofrece un excelente sistema de canal de retorno inalámbrico para la Televisión Digital Terrestre, incluso si las bandas de VHF Y UHF están congestionadas, debido a que:

- DVB-RCT es un sistema de Múltiple Acceso OFDM de bajo costo, potente, flexible y sobre todo permite el uso eficiente del espectro.
- DVB-RCT ofrece celdas de hasta 65 Km de cobertura, con una velocidad típica de varios kbps para cada espectador, incluso en el borde de la zona de cobertura.
- DVB-RCT puede manejar grandes picos de tráfico, ya que ha sido diseñada para que procese 20000 interacciones cortas por segundo, en cada celda de cobertura.

- DVB-RCT puede emplear celdas más pequeñas, con el fin de constituir zonas más densas de hasta 3.5 Km, donde se manejen velocidades de varios Mbps.
- DVB-RCT no requiere acceso al espectro en una Base principal, ya que el sistema ha sido diseñado para uso de algún espectro hueco o subutilizado en cualquier parte de las Bandas sin interferir con la radiodifusión de servicios.
- DVB-RCT puede ser utilizado por dispositivos portátiles, permitiendo tener interactividad de todo lado donde haya señal de la televisión digital terrestre.
- DVB-RCT puede ser utilizado en cualquier sistema que utilice el estándar DVB-T para canales de 6, 7, 8 MHz.
- DVB-RCT no requiere más de 0.5 W RMS de potencia de transmisión desde el terminal de usuario (Set Top Box) hacia la estación base.

El sistema DVB-RCT define un canal interactivo de bajada, que utiliza tramas de transporte MPEG 2-TS; y un canal de retorno basado en acceso múltiple OFDMA y de transporte ATM en las bandas de 6, 7 y 8 MHz. Este canal puede ser dividido a su vez en bandas de 1MHz entre distintos operadores. En la figura 2 se muestra el sistema DVB-RCT que consta de un canal de interacción ascendente de retorno basado en una transmisión inalámbrica VHF/UHF; y de un canal de interacción de bajada hacia el televidente, que está incorporando como flujo de datos en las tramas de transporte MPEG-2 de la red de radiodifusión terrestre basada en el estándar DVB-T. Este además se sincroniza y proporciona información a todos los terminales RCTT "Return Channel Terrestrial Terminal", desde la estación base permitiendo a los RCTT acceder de forma sincrónica a la red y luego transmitir información ascendente sincronizada a la estación base.

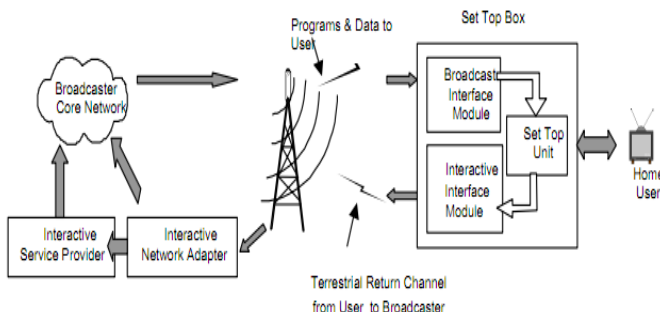


Fig 2. Red DVB-RCT utilizada para la interactividad en Televisión Digital Terrestre.

V. CARACTERIZACIÓN PARA EL MODELO DE TRÁFICO PROPUESTO

En la transmisión de contenidos interactivos se encuentran inmersos dos factores principales. El usuario y el servidor de contenidos interactivos.

Para el desarrollo del modelo propuesto fue necesario en primera instancia, analizar el comportamiento de la interactividad de una forma bidireccional, en donde el televidente realiza sus peticiones por medio de un mando a distancia, y el servidor espera a esas peticiones para luego realizar una contestación por un canal de broadcast. En la figura 3, se muestra como se realizan dichas peticiones desde un televidente hacia la central televisiva, y como son contestadas desde la central hacia el mismo.

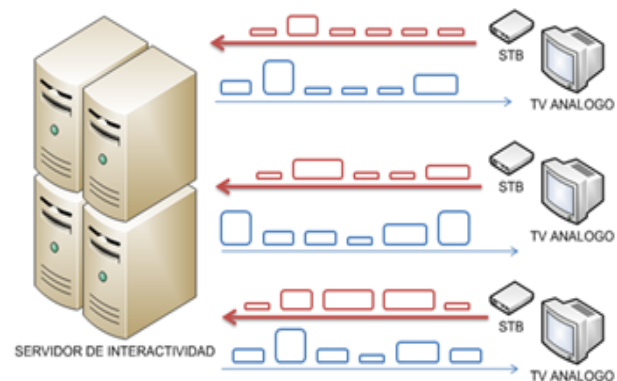


Fig 3. Interactividad en la televisión digital terrestre.

Como se puede observar en la figura 3, el tamaño de los paquetes varía según sea el tipo de solicitud que se este pidiendo, o bien sea por el contenido que se le envíe a un televidente, punto clave para determinar el tráfico utilizado en la simulación realizada en el software NS-2; en este caso fue necesario utilizar un tipo de tráfico variable, ya que tiene un comportamiento de tipo on – off y a su vez se pueden realizar peticiones con tamaños de paquetes aleatorios. La implementación de la simulación se realizó de la siguiente manera:

A. Creación del escenario.

Lo primero que se realizó para el desarrollo de la simulación fue crear el escenario de la misma, en esta primera parte se crearon 6 nodos que van de n0 al n5, donde el nodo 0 es quien recibe todas las peticiones, es decir es el servidor interactivo de la central de televisión y los nodos 1, 2, 3, 4 y 5 hacen referencia a los usuarios que envían sus peticiones y reciben la información.

B. Definición del ancho de banda.

Se definió el ancho de banda tanto del canal de subida, como el del canal de retorno. Parte importante en la caracterización de la simulación, ya que el ancho de banda de los 2 canales es distinto; de esta forma fue necesario crear 2 tipos de enlaces simplex. El primero que fuera desde la central hacia los televidentes con un ancho de banda de 6MHz y el segundo que fuera desde los televidentes hacia la central con un ancho de

banda de 1MHz características que tienen tanto el canal de broadcast, como el canal de retorno.

C. Definición del tráfico implementado.

Se agrego el tipo de tráfico EXPOO_Traffic, ya que es un generador de tráfico constante CBR con un comportamiento tipo ON/OFF, para caracterizar el comportamiento de la interactividad en la televisión digital, fue necesario modificar ciertos parámetros de esta clase, para cambiar el comportamiento de CBR a VBR y se comportara como una rata de bit variable.

D. Definición del tamaño de los paquetes.

Se modifco la variable packetSize_ que hace referencia al tamaño de los paquetes enviados en bytes. Se variaron los paquetes del servidor y el de los usuarios; el tamaño de una petición realizada por un televidente varía entre 40 y 220bytes, a diferencia del contenido interactivo que tiene un máximo de 4096bytes.

E. Definición de la velocidad de transmisión.

Se modifco la variable rate_ que hace referencia a la rata de transmisión durante el envío en bps. En este caso también fue necesario especificar la velocidad de transmisión para cada canal. En el caso del canal de broadcast, el valor aproximado de la velocidad de transmisión es de 150Kbps a diferencia de de la velocidad en el canal de retorno DVB-RCT que es de aproximadamente 38Kbps.

F. Generación de eventos.

Lo ultimo que se realizó fue la generación de eventos, para la caracterización propia de la interactividad se dieron distintos tiempos tanto para las peticiones de los televidentes, como para las contestaciones a esas peticiones, con el fin de caracterizar de una forma real el comportamiento de la interactividad en televisión digital. En la figura 4 se ilustra la topología de la simulación realizada para la caracterización de la interactividad en os dos canales.

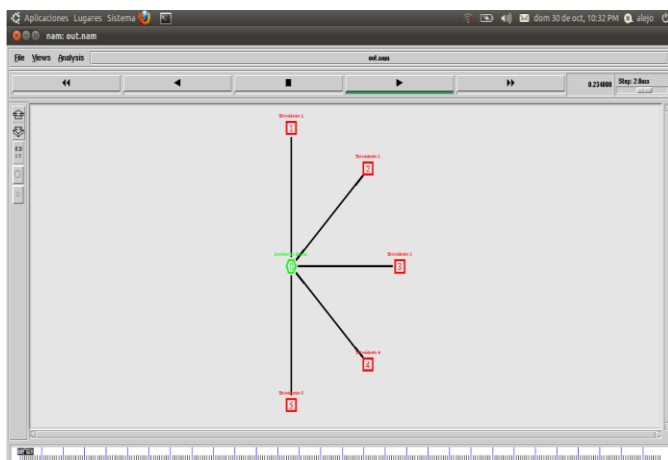


Fig 4. Topología dela simulación realizada en NS-2.

VI. PLANTEAMIENTO DEL MODELO DE TRÁFICO

Para la realización del modelo, fue necesario obtener las trazas características de la simulación, para que posteriormente fueran analizadas en el software MATLAB. Lo primero que se realizó fue un algoritmo para observar el tiempo entre arribos entre los paquetes generados de cada uno de los nodos 1,2,3,4 y 5 hacia el servidor interactivo que es el nodo 0. En las figura 5 se puede observar el comportamiento entre los tiempos de llegadas de los paquetes del televidente numero 1, hacia el servidor de interactividad que se encuentra en la central televisiva.

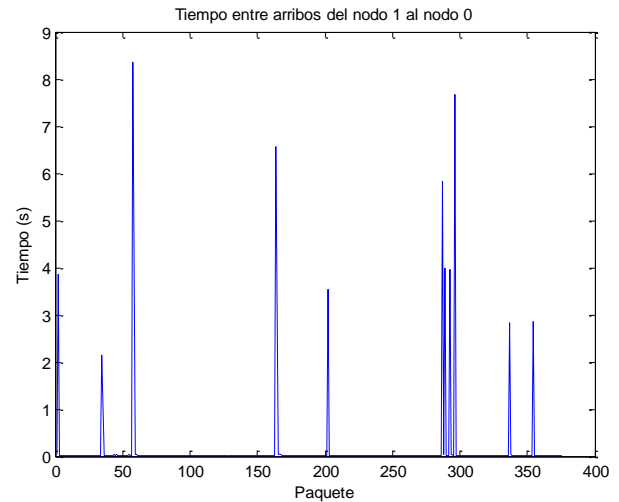


Fig 5. Tiempo entre arribos de paquetes del Nodo 1 al Nodo 0.

El mismo análisis fue desarrollado para cada uno de los televidentes. Los picos que se ilustran en la figura hacen referencia al tiempo en que el canal de retorno se encontraba inactivo.

Después de observar el tiempo entre arribos de cada uno de los nodos de los televidentes hacia el nodo 0 (servidor de interactividad), se procede a crear un algoritmo en MATLAB, para determinar el número de ocurrencias de los tiempos que toma cada paquete en llegar a su destino; este algoritmo se realizó para observar el tipo de distribución y el comportamiento gráfico de la simulación que conllevara a obtener el modelo característico del canal de retorno de televisión digital terrestre. En la figura 6 se observa la distribución que se obtuvo del televidente 1, hacia la central televisiva.

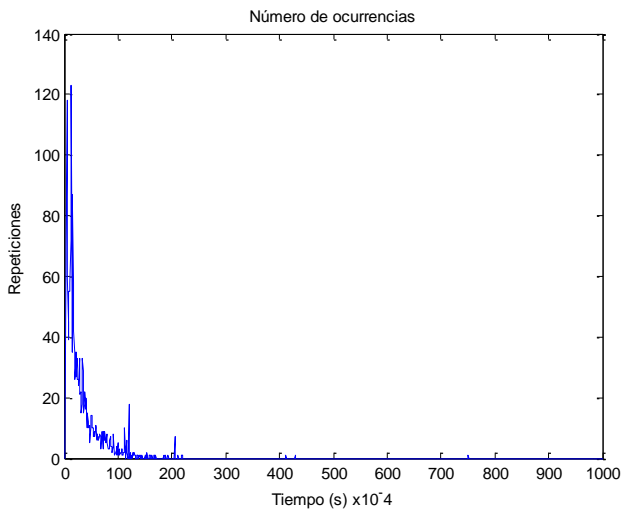


Fig 6. Número de ocurrencias de paquetes del nodo 1 al nodo 0.

Para realizar el análisis de la distribución obtenida de cada uno de los usuarios hacia el servidor interactivo, se realizó una comparación de las gráficas obtenidas con las distintas distribuciones, en donde se pudo observar que las formas de las gráficas y el comportamiento de la curva característica de caída después de alcanzar el punto máximo de las distribuciones simuladas son muy similares a la distribución Exponencial y a la distribución de Pareto. Para corroborar el comportamiento de esta distribución, se prosiguió a realizar un algoritmo en MATLAB con una función "exprnd" y "gprnd" que generará una distribución Exponencial y una distribución de Pareto con variables aleatorias. Se realizaron 10 pruebas y se promediaron para obtener un valor mas acertado del comportamiento de la misma. En las figuras 7 y 8 se muestra el número de repeticiones que se generó aleatoriamente en MATLAB para cada una de las distribuciones.

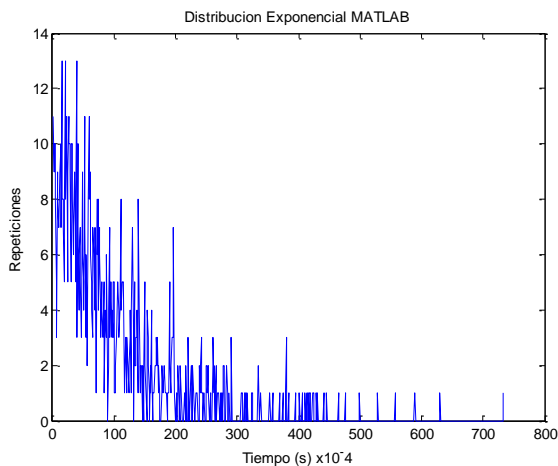


Fig 7. Número de ocurrencias de paquetes para la distribución exponencial generada por MATLAB.

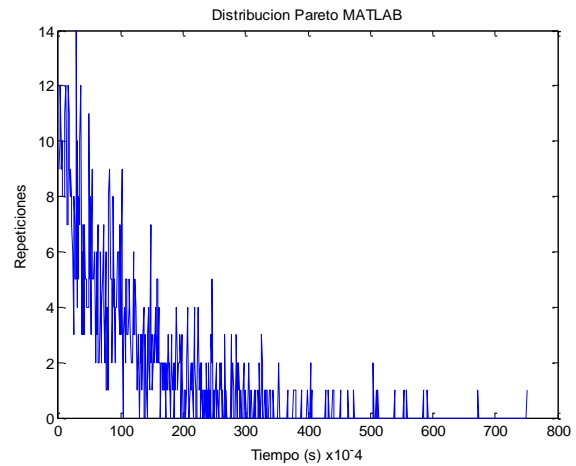


Fig 8. Número de ocurrencias de paquetes para la distribución de pareto generada por MATLAB.

De las 10 muestras Exponenciales y de Pareto se obtuvo la correlación de cada una con respecto a las distribuciones de la simulación Luego se promediaron los 10 valores para obtener un valor mas acertado del comportamiento de las distribuciones. Este valor fue de 0,6674 para la función Exponencial y de 0,4478 para la función de Pareto, por lo que se tomo la distribución exponencial para el desarrollo del modelo. El coeficiente de correlación es un número comprendido entre -1 y 1, si el coeficiente de correlación toma valores cercanos a -1 significa que la correlación es fuerte e inversa, si el coeficiente de correlación toma valores cercanos a 1 significa que la correlación es fuerte y directa, pero si el coeficiente toma valores cercanos a 0 indica que la correlación es débil [10], de lo que se puede concluir que el coeficiente obtenido entre las trazas simuladas vs coeficiente del algoritmo generado por MATLAB es una correlación fuerte y directa para la distribución exponencial ya que se aproxima al número 1. Después de tener claro que el tipo de distribución es de tipo exponencial, se realiza el análisis de la caracterización del modelo de tráfico, obteniendo la ecuación de la función de distribución exponencial.

El modelo Exponencial de parámetro λ se encuentra relacionado con el modelo discreto de Poisson de mismo parámetro λ . Si la variable $X \sim P(\lambda)$ significa que X es igual al número de veces que ocurre A por unidad de tiempo. Con λ número medio de veces que ocurre A en dicha unidad de tiempo, la variable sigue un modelo exponencial de parámetro λ con una función de distribución que se muestra en la ecuación 1. Cabe mencionar que T es igual al tiempo, en la unidad de tiempo considerada que transcurre hasta que ocurre A, o bien el tiempo que transcurre desde la última vez que ha ocurrido A hasta la siguiente vez [9].

$$F(t) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda t}, & \text{Si } t > 0; \\ 0, & \text{En cualquier otro caso} \end{cases}$$

Ecuación 1. Función de distribución exponencial [27].

Para caracterizar el comportamiento del modelo exponencial, se calculó la media de cada uno de los nodos que realizan sus peticiones hacia el servidor, luego se promedió la media de

todos los nodos para tener una media general. Este cálculo se obtuvo por medio de MATLAB. En la figura 9 se muestran los resultados de cada una de las medias.

λ Nodo 1	0,1438
λ Nodo 2	0,0222
λ Nodo 3	0,0198
λ Nodo 4	0,0429
λ Nodo 5	0,0497
Promedio total de λ	0,0549

Fig 9. Media de cada uno de los nodos Televidentes.

Obteniendo la media de todos los nodos, se puede hacer la caracterización de la función de distribución exponencial propuesta para el modelo que se puede observar en la ecuación 2.

$$F(t) = \begin{cases} 1 - e^{-0,0549t}, & \text{Si } t > 0; \\ 0, & \text{En cualquier otro caso} \end{cases}$$

Ecuación 2. Función de distribución exponencial característica del modelo.

Después de observar y analizar el comportamiento de la transmisión en la televisión digital terrestre y específicamente en el canal de retorno simulado, se realizaron investigaciones sobre los distintos modelos de tráfico que se asemejaran a la simulación planteada en este proyecto de grado. Actualmente las redes de telecomunicaciones integran una gran variedad de servicios multimedia y todos estos servicios vienen con distintos requerimientos de calidad; para poder evaluar el comportamiento de estos servicios, existen distintos modelos de tráfico, en el que cada uno de ellos suele ser específico para un tipo de servicio en concreto [2].

VII. MODELO DE TRÁFICO PARA LA INTERACTIVIDAD EN UN CANAL DE RETORNO DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE.

Las fuentes de tráfico que arriban a una red pueden ser modeladas como fuentes de tipo ON-OFF. Una fuente ON-OFF alterna entre dos estados, el estado ON y el estado OFF; cuando la fuente se encuentra en estado ON genera un fluido con tasa constante r hasta que cambia al estado OFF como se puede observar en la figura 10 [11].

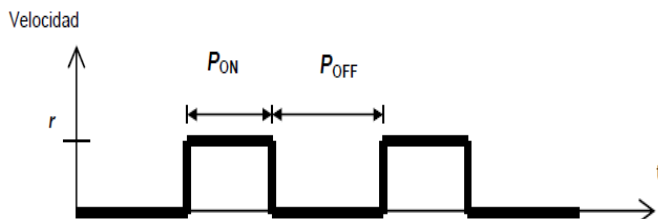


Fig 10. Modelo On-Off de tráfico.

Dichas tasas se definen como unidades de información divididas por unidades de tiempo bits/seg [11]. Los tiempos de

permanencia en cada uno de los estados son variables aleatorias que se encuentran distribuidas exponencialmente. Con el modelo ON-OFF se obtiene una cadena de Markov de dos estados en donde λ es la tasa de transición desde ON hasta OFF y μ es la tasa del periodo OFF al periodo ON.

Con los datos y las características del modelo ON-OFF se plantea el modelo característico de la interactividad en un canal de retorno de televisión digital terrestre, en donde se propone que λ_1 sea el televidente en un periodo ON y λ_2 sea el servidor de interactividad en un periodo OFF. Cuando λ_1 se encuentra realizando peticiones, λ_2 se encuentra en OFF, de igual manera lo hace λ_2 cuando se encuentra respondiendo a las solicitudes, λ_1 se encuentra en un estado OFF. En el periodo del estado λ_1 a λ_2 se caracteriza r_0 como la distribución exponencial característica para el modelo, y del estado λ_2 a λ_1 se caracteriza r_1 como una tasa constante del número promedio de paquetes desde el servidor interactivo hacia el televidente en este caso el valor fue de 5246,2 paquetes; en la figura 11 se muestra el proceso del modelo de tráfico para la interactividad en un canal de retorno de televisión digital terrestre.

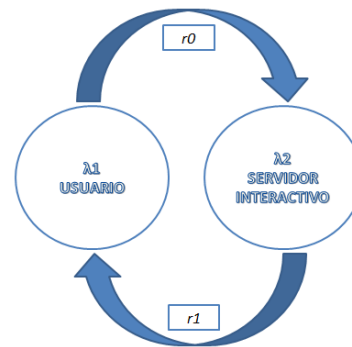


Fig 11. Modelo planteado para la interactividad en un canal de retorno. En la ecuación 3 se representa el modelo de tráfico característico para la interactividad en un canal de retorno.

$$r_0 = \begin{cases} 1 - e^{-0,0549t}, & \text{Si } t > 0; \\ 0, & \text{En cualquier otro caso} \end{cases}$$

Ecuación 3. Función de distribución exponencial característica del modelo.

VIII. PRUEBAS Y RESULTADOS DEL MODELO PROPUESTO.

Para observar la viabilidad y del comportamiento del modelo propuesto, se realizaron distintas pruebas para observar que tan eficiente es.

A. Análisis de la Latencia.

La primera modificación que se realizó de la simulación fue de la latencia. La simulación del modelo propuesto tiene una latencia de 100 ms, para observar como variaba su comportamiento esta latencia fue cambiada a 50 ms, la latencia es el tiempo que tarda un paquete de datos en llegar de un nodo a otro, ésta junto con el ancho de banda son determinantes para establecer la velocidad en una red.

Esta prueba se realizó para determinar si existía pérdida de paquetes con una latencia menor. De lo que se concluyó que no importa que el tiempo de la latencia sea menor o sea mayor ya que los paquetes enviados llegaron a su destino sin ningún tipo

de pérdida; la diferencia es que estos paquetes tendrán un retardo mayor o menor a la hora de arribar hacia un nodo final. Cabe recalcar que una latencia menor es mucho más óptima a la hora de transmitir y recibir información, debido a que los usuarios día a día se vuelven más exigentes, queriendo que los contenidos programáticos sean respondidos de una forma más rápida.

B. Análisis del ancho de banda.

La segunda modificación que se realizó para el análisis entre la simulación del modelo propuesto con la simulación modificada, fue variar los parámetros del ancho de banda, en este caso se vario el ancho de banda del canal de retorno que esta especificado para DVB-RCT de 1Mhz a un ancho de banda de 450Khz. Se escogió este ancho de banda después de haber realizado varias pruebas en el simulador NS-2 y haber determinado que con 450Khz se empieza a tener perdidas en el envío de información desde los usuarios hasta el servidor interactivo de la central de televisión.

Esto se hizo con el fin de observar si un ancho de banda de 1Mhz es lo suficientemente robusto para transportar los datos de las peticiones que realizan los televidentes sobre un contenido interactivo, al igual que el análisis de la latencia cada vez que se corre la simulación el tamaño y el tiempo entre paquetes varía aleatoriamente, por lo que no se vera la misma comparación entre el tiempo y entre las repeticiones de los paquetes. Por otro lado al momento de haber ejecutado la simulación durante los 56 segundos en la que se estableció la misma, se pudo observar la pérdida de paquetes desde los distintos nodos que hacen referencia a los televidentes hacia el nodo que recibe las peticiones. Para determinar el número de paquetes perdidos se realizó un algoritmo en MATLAB en donde se observo que se perdieron 144 paquetes en el nodo 0, en la figura 12 se observa la perdida de paquetes en la ventana .nam del simulador NS-2.

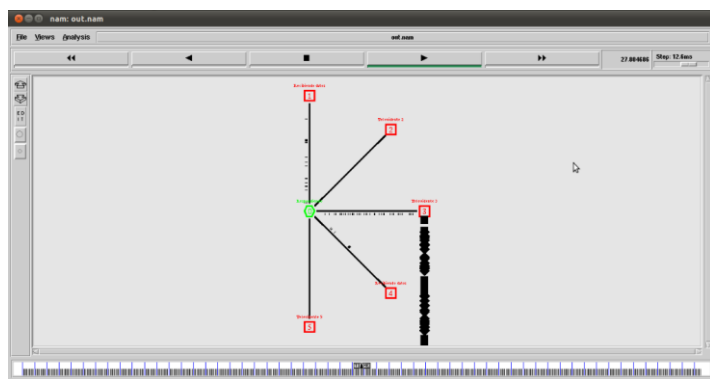


Fig 12. Pérdida de paquetes con un ancho de banda de 450Khz.

C. Análisis de la velocidad de transmisión.

La tercera modificación que se realizó para el análisis entre la simulación del modelo propuesto con la simulación alterada, fue variar los parámetros de la velocidad de transmisión y dejar una latencia de 50 ms, en este caso se vario la velocidad de transmisión del canal de retorno que esta especificado para DVB-RCT de aproximadamente 38Kbps a una velocidad de transmisión de 120Kbps que es aproximadamente similar a la

velocidad de transmisión del canal de broadcast. En este análisis se pudo observar que evidentemente llega gran cantidad de paquetes, pero existe gran pérdida en el envío de los mismos, ya que el canal de 1Mhz no es lo suficientemente robusto para el transporte de estos contenidos.

IX. CONCLUSIONES

Gracias a la herramienta Network Simulator 2 (NS-2), a los fundamentos teóricos del envío de datos de la TDT y del canal de retorno DVB-RCT se pudo mostrar por medio de una simulación, como los distintos usuarios hacen uso de la interactividad con un proveedor de servicios televisivos observado de esta manera que tanto el ancho de banda, como la velocidad de transmisión y el tamaño de los paquetes de las peticiones es relativamente bueno, ya que no existen pérdidas en el envío de los paquetes de datos haciendo que la calidad de servicio sea efectiva.

Se realizó un análisis de distintos modelos de tráfico que fueron estudiados para determinar el comportamiento de la interactividad, se pudo observar que el modelo ON-OFF es el que más se asemeja por su versatilidad al comportamiento interactivo bidireccional ya que este tipo de modelo ha sido especialmente útil en el modelamiento de tráfico de datos con tasa variable de bits, como lo es el MPEG2. De esta manera se pudo observar por medio de la simulación y del análisis que se realizó, que el comportamiento de la interactividad tiene una transición en el envío de paquetes que se constituye como una cadena de tipo ON y de tipo OFF con una respectiva tasa promedio de llegadas exponenciales, en donde el usuario al realizar alguna consulta se encuentra en un periodo ON (transmitiendo paquetes de datos) y después en un periodo OFF (Recepcionando paquetes de datos).

La simulación del modelo planteado característico de la interactividad en un canal de retorno con un comportamiento ON-OFF junto con la ayuda del software MATLAB, brindara un acercamiento inicial hacia las transmisiones de distintos contenidos, realizando medidas de eficiencia en la red televisiva. Esto es en base de que uno de los principales objetivos al modelar el tráfico en cualquier tipo de redes es predecir y obtener mejoras para una buena prestación en el servicio.

En la investigación se observo que las características tanto del canal de broadcast, como del canal de retorno son relativamente buenas para la prestación de servicios interactivos. Esto se afirma en base a las distintas modificaciones que se realizaron en cada uno de los escenarios, en donde se pudieron observar distintos factores como el de la latencia, donde se determino que entre menor latencia mejor será la calidad de servicio en cuanto a prestaciones, con lo cual un usuario podrá disfrutar de los contenidos de forma casi inmediata; por otro lado si se tiene una latencia mayor, la calidad del servicio disminuirá ya que el retardo del envío de datos y de la recepción de las peticiones será lenta, lo que hará que un televidente se sienta insatisfecho con el servicio prestado. Para este inconveniente se propuso que la latencia del modelo de tráfico fuera de 100ms, ya que es un tiempo considerable al envío y recepción de datos.

El segundo factor que se tuvo en cuenta para caracterizar el modelo planteado, fue el del ancho de banda. Con el que se pudo determinar por medio de las distintas pruebas realizadas que un ancho de banda de 1Mhz para DVB-RCT es lo suficientemente robusto para transportar datos, haciendo que no existan pérdidas de paquetes. Esto es importante ya que cuando se quiera efectuar alguna compra por medio de algún servicio interactivo, no se pierda ningún tipo de información del cliente; haciendo así que el transporte de estos datos sea confiable al momento de llegar a su destino.

El tercer factor que involucra las características del modelo planteado es el de la velocidad de transmisión; de lo que se pudo concluir que una velocidad de 38Kbps es lo suficientemente efectiva al momento de enviar información ya que el flujo de paquetes enviados son los mismos recibidos en el servidor interactivo. A diferencia de una velocidad más grande como se ratifico en las pruebas realizadas, donde se tomo una velocidad de transmisión de 120 Kbps y se observo que efectivamente las solicitudes llegan más rápido pero con pérdida de paquetes, debido a que el canal de 1Mhz no soporta esa capacidad de transmisión.

Con el modelo de tráfico característico de la interactividad en un canal de retorno DVB-RCT en televisión digital terrestre se podrá predecir el comportamiento de la red televisiva cuando sea implementada en su totalidad, en una transición de 10 años en el país. Este modelo será base para el desarrollo de nuevas investigaciones en el área de transmisión, sirviendo para realizar mejoras y replanteamientos de los distintos aspectos que influyen en la red o bien sea sirviendo para hacer una reutilización del ancho de banda, aprovechando recursos que no sean utilizados en el canal de broadcast, para que se tenga un rendimiento más efectivo en el canal de retorno.

REFERENCIAS

- [1] Aguirre, M. I. (2009). Estado del arte, generación y uso del conocimiento sobre televisión digital terrestre (TDT) en Colombia. *Razón y Palabra*, 2-3.
- [2] Alzate, M. A. (2007). *Complejidad en Redes Modernas de Comunicaciones*. Bogotá: Universidad Distrital.
- [3] Díaz, G. (2002). *Estrategias Informativas y comerciales de la Televisión digital por satélite*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- [4] Jiménez, L. (2010). *Televisión digital en Colombia*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- [5] ETSI 300 800: "Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for Cable TV distribution systems (CATV)". (known also as the "DVB-RCC spec").
- [6] ETSI EN 301 790: "Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction Channel for Satellite Distribution Systems"
- [7] ETSI EN 301 958 V1.1.1 (2002-03): "Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for Digital Terrestrial Television (RCT), incorporating Multiple Access OFDM"
- [8] ETSI TS 102 812: "Digital Video Broadcasting (DVB); Multimedia Home Platform (MHP) Specification 1.1.1"
- [9] Iniesta, M. (s.f). *Probabilidad - Variables Aleatorias Continuas*. Murcia: Universidad de Murcia.
- [10] Lahura, E. (2003). *El coeficiente de correlación y correlaciones espúreas*. Lima: Pontificia Universidad Católica de Peru.
- [11] Pallarés, E. (2001). *Contribución a la Evaluación y Dimensionado de Nodos y Enlaces en Redes de Alta Velocidad*. Barcelona: Escola Técnica superior D'Enginyeria de Telecomunicación de Barcelona.