

Análisis del comportamiento de CODECs de tráfico de video en laboratorio experimental WAN

Antonio ALVAREZ ABRIL

Centro de Investigación en Computación y Neuroingeniería – Universidad Tecnológica Nacional
Mendoza, Mendoza 5500, Argentina

Higinio FACCHINI

Centro de Investigación en Computación y Neuroingeniería – Universidad Tecnológica Nacional
Mendoza, Mendoza 5500, Argentina

Santiago PÉREZ

Centro de Investigación en Computación y Neuroingeniería – Universidad Tecnológica Nacional
Mendoza, Mendoza 5500, Argentina

RESUMEN

En este momento hay cambios importantes en la creciente demanda de los usuarios de tráfico de vídeo. Comprender el comportamiento, el peso relativo y los requisitos de red del tráfico de vídeo ayuda a los administradores de red a mejorar la gestión general de la red. Proponemos una versión mejorada de nuestro test bed WAN (versión II), con 4 subescenarios, que permite inyectar tráfico de video unicast o multicast, comprimido con varios codecs. La topología utilizada incluye un equipo que funciona como un servidor de streaming y hasta 20 computadoras de escritorio (PCs), como clientes conectados en los extremos de una red. Esta WAN está formada por routers y switches con diferentes tipos de vínculos de interconexión a los mismos. Para la operación entre routers se ha configurado el protocolo de enrutamiento OSPF v2, el protocolo de multidifusión y el enrutamiento de PIM en modo denso. Desde la captura de tráfico de vídeo, se han identificado varias interesantes métricas detalladas de desempeño, cuando existen restricciones en el ancho de banda. El trabajo está orientado a describir las configuraciones y variables que deben tenerse en cuenta para una adecuada gestión de redes similares y un uso eficiente de los recursos disponibles, sin comprometer el rendimiento y la QoS esperada.

Palabras Claves: WAN test bed, tráfico de video, codecs de video, QoS, tráfico unicast, tráfico multicast.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años hemos visto un aumento exponencial en el crecimiento de las aplicaciones multimedia y, en particular, en las aplicaciones de vídeo. Hoy en día se puede recibir la televisión digital con alta definición y una mayor oferta de canales. Hay sitios de Internet que ofrecen películas en línea, y es común que los usuarios puedan cargar y descargar videos de sitios, como YouTube. También se ha generalizado la grabación y compartir vídeos con los teléfonos móviles. La llamada de vídeo a través de Internet es común con aplicaciones como Skype. Las grandes empresas y organizaciones utilizan aplicaciones de videoconferencia, como Zoom y WebEx, para colaboración cara a cara en diferentes regiones geográficas. E incluso, dentro de la misma compañía, el tráfico de vídeo crece

de tal manera, que debe tenerse en cuenta al momento del diseño de la red.

El creciente número de usuarios multimedia también implica un aumento significativo en los requisitos de ancho de banda. Los consumidores son cada vez más exigentes en términos de calidad y del rendimiento brindado por los productos basados en vídeo y, por lo tanto, existe un fuerte incentivo para la mejora continua en tecnologías multimedia. Comprender la estructura de las tramas de vídeo, y los requisitos que imponen en la red, ayudará a los administradores de red para mejorar el flujo de tráfico en la misma.

Según una clasificación hecha por Aruba Networks [1], el tráfico de video puede ser (entre otros):

- Difusión de IPTV: este requiere la entrega de una bajada de un satélite de tráfico no sensible a la latencia, a través de canales de ancho de banda especificado (de 1 a 4 Mbps 6 SD o HD a 10 Mbps), para unos pocos usuarios por canal.
- Transmisiones en vivo de eventos de vídeo (webcast): es la entrega de una bajada de un satélite de tráfico no sensible a la latencia, a través de un solo canal de alto ancho de banda especificado (1-4 Mbps), visto por todos los usuarios.
- La vigilancia de vídeo IP: incluye el suministro de un enlace ascendente o descendente de tráfico insensible a la latencia, con muchos canales de vídeo de calidad variable (500 Kbps a 2 Mbps), a un pequeño conjunto de espectadores.
- Videoconferencia interactiva: se trata de un tráfico interactivo bidireccional, con entrega condicionada por la latencia y el jitter (máximo de 150 a 200 ms), pero que requiere poco ancho de banda simétrico (1 Mbps) entre pares.
- Video on demand (formación, programas pre-grabados): Este requiere la entrega de una bajada insensible a la latencia del tráfico, con muchos canales con ancho de banda alto (SD de 1 a 4 Mbps o HD a 10 Mbps), consumidos por unos pocos usuarios simultáneos por canal.

Un componente importante de la creación de las redes multimedia es la compresión de datos (codificación) de las fuentes multimedia (voz, datos, audio, imagen y vídeo). La compresión o la codificación de vídeo es el proceso de reducir la cantidad de datos necesarios, para representar una señal de video digital, antes de la transmisión o almacenamiento. Una vez que los datos están comprimidos, el flujo de bits se reúne y se envía a la red.

Por otro lado, el control de velocidad es una parte esencial de la mayoría de los codificadores de vídeo. Determina el número de bits o el nivel de calidad de la trama codificada. Existen dos tipos de controles de la frecuencia: tasa de bits constante (CBR) y tasa de bits variable (VBR). En la codificación CBR, los diseñadores de tasa se han centrado en la mejora de la precisión entre la tasa de bits de destino y la velocidad real de bit, y la conformidad con las restricciones de baja latencia y buffering.

Se han desarrollado una serie de estándares para la codificación de vídeo, tales como H.261, H.263, MPEG1, MPEG2, MPEG4 y H.264. H.264/MPEG4 representa un gran salto en tecnología de compresión de vídeo con, generalmente, una reducción del 50% de la media de la tasa de bits para una calidad de vídeo, en comparación con el formato MPEG-2, y aproximadamente una reducción del 30% en comparación con MPEG-4 Parte 2.

Al respecto, existen diferentes trabajos sobre los temas considerados, tales como el análisis del tráfico de multidifusión y los protocolos de enrutamiento de multidifusión [2-5], análisis de codecs de vídeo [6-13], análisis de tráfico de vídeo en diferentes contextos [14-21], el análisis comparativo de la multidifusión vs unicast [22], análisis de QoS para el tráfico de vídeo [23-25] y trabajos en IPTV [26-27].

En este trabajo se han establecido conclusiones cuantitativas, desde estudios experimentales, sobre las mejores opciones de tráfico de vídeo, en el laboratorio de redes WAN utilizando equipos reales.

Las principales contribuciones son: (i) La determinación en detalle, desde los resultados cuantitativos, que: a) Para el tráfico de vídeo multicast, todas las métricas de desempeño y calidad de servicio (QoS) obtenidas y analizadas responden a las expectativas, y dependen exclusivamente del codec de vídeo utilizado, y no de la topología de la red o del número de clientes que reciben el streaming de vídeo, y b) Para el tráfico de vídeo unicast, además, se observó que el número de bytes transmitidos y la velocidad final en cada enlace si dependen de la topología de la red y el número de clientes que reciben el streaming de vídeo; ii) La especificación de un test bed WAN experimental con equipos reales y 4 subescenarios, y de una metodología comparativa con mecanismos para establecer diferencias entre los distintos escenarios; y iii) La determinación experimental del comportamiento de cada codec con respecto a las distribuciones estadísticas de los tiempos intertramas y tamaños.

El resto de este documento está estructurado de la siguiente manera: en la Sección 2 se presenta el escenario y los recursos experimentales; en la Sección 3 se presentan los resultados experimentales; y por último, en la Sección 4 establecen las más importantes conclusiones.

2. ESCENARIO Y RECURSOS EXPERIMENTALES

En el presente estudio se evaluó experimentalmente el rendimiento de tráfico de vídeo en un WAN test bed con el uso de equipos de red, y de un servidor y clientes reales.

La topología general utilizada incluye un equipo que funciona como servidor de streaming y 20 computadoras de escritorio (PCs), como clientes conectados en los extremos de una red,

como si se tratara de una WAN. Esta red está formada por routers WAN y switches, con diferentes tipos de enlaces que los vinculan. La Fig. 1 muestra la topología general. En esta topología, los enlaces indicados con líneas continuas son del tipo FastEthernet, con una velocidad de transmisión de 100 Mbps, mientras que los enlaces indicados con líneas discontinuas están conectados en las interfaces seriales punto a punto, configurados a una velocidad de transmisión de 2 Mbps. Para la operación colaborativa, los routers R1 a R6 se configuraron con el protocolo de enrutamiento OSPF v2, con el protocolo de enrutamiento multicast PIM de modo denso.

Los enlaces redundantes se plantearon como un recurso de red para asemejar lo más posible una WAN real, y se configuraron, con el protocolo de enrutamiento, para disponer de una ruta única entre el servidor y cada cliente.

Para la topología se utilizó el siguiente hardware:

- **Server:** una computadora de escritorio con las siguientes características: CPU Intel Core i5, con 8GB de RAM y Windows 7 Professional de 64 bits.
- **Clientes:** computadoras de escritorio con las siguientes características: Procesador AMD Athlon(tm) II X2 250 a 3GHz, con 2GB de RAM y sistema operativo Windows 7 Professional de 32 bits.
- **Routers:** Los routers R1, R2, R3 y R4 fueron routers modelo Cisco 2811, y los routers R5 y R6 se resolvieron con switches Cisco WS-CS3750.
- Finalmente, para la conexión de los routers con los PCs: switches Cisco Catalyst de Capa 2 modelo WS-2950-24.

Y se utilizó el siguiente software:

- **Servidor de Streaming:** Unreal Media Server software, instalado en el PC servidor de vídeo indicado [28].
- **Clientes de Streaming:** el cliente software de Unreal, reproductor multimedia instalado en todos los equipos cliente.
- **El analizador de tráfico:** el software Sniffer Wireshark [29]. Wireshark es un servicio de análisis de paquetes gratuito y de código abierto. Se utiliza para la solución de problemas de red, el análisis, el desarrollo de software y protocolos de comunicación y, también, en educación.

Se utilizaron diferentes codecs, H.264/MPEG-4 AVC, MPEG-4 VISUAL y de MPEG-2. En todos los casos se inyectó el vídeo que se encuentra en [30].

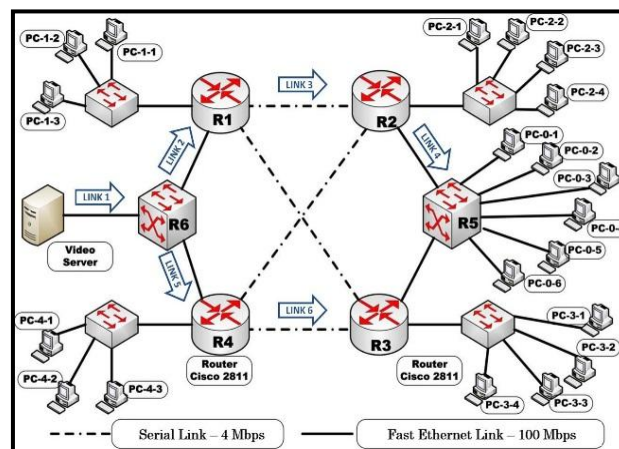


Fig. 1 Escenario de experimentación.

3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Las Tablas 1 a 4 resumen las medidas para cada escenario.

Tabla 1 Mediciones generales para el escenario de 3 clientes.

PC	Codec	Tiempo de Video [s]	Número de paquetes	Número de bytes [Mbytes]	Tamaño promedio de paquetes [bytes]	Tiempo promedio intertrama [s]	Velocidad promedio [Mbps]
Servidor	MPEG-4 AVC	29,7086	906	0,7041	777,10	0,0314	0,1896
	MPEG-4 V	29,9801	913	0,3819	418,31	0,0276	0,1019
	MPEG-2	29,2806	608	0,6953	1143,51	0,0444	0,1900
PC 2-1	MPEG-4 AVC	29,7076	906	0,7041	777,10	0,0319	0,1896
	MPEG-4 V	29,9800	913	0,3819	417,90	0,0317	0,1019
	MPEG-2	29,2798	608	0,6953	1143,51	0,0451	0,1900
PC 0-1	MPEG-4 AVC	29,7073	906	0,7041	777,10	0,0307	0,1896
	MPEG-4 V	29,9818	913	0,3819	418,31	0,0329	0,1019
	MPEG-2	29,2795	608	0,6953	1141,71	0,0453	0,1900
PC 3-1	MPEG-4 AVC	29,7056	906	0,7041	777,10	0,0327	0,1896
	MPEG-4 V	29,9798	913	0,3819	417,90	0,0320	0,1019
	MPEG-2	29,2780	608	0,6953	1143,51	0,0456	0,1900
Promedio	MPEG-4 AVC	29,7069	906	0,7041	777,10	0,0318	0,1896
	MPEG-4 V	29,9805	913	0,3819	418,04	0,0322	0,1019
	MPEG-2	29,2791	608	0,6953	1142,91	0,0453	0,1900
Promedio global	MPEG-4 AVC	0,3339	0,3733	0,3953	0,3324	0,2907	0,3938
	MPEG-4 V	0,3370	0,3762	0,2144	0,1788	0,2947	0,2117
	MPEG-2	0,3291	0,2505	0,3903	0,4888	0,4152	0,3946
Porcentaje realtivo al mayor	MPEG-4 AVC	0,9909	0,9923	1,0000	0,6796	0,7158	0,9981
	MPEG-4 V	1,0000	1,0000	0,5425	0,3658	0,7205	0,5365
	MPEG-2	0,9766	0,6659	0,9875	1,0000	1,0000	1,0000

Tabla 2 Mediciones generales para el escenario de 6 clientes.

PC	Codec	Tiempo de Video [s]	Número de paquetes	Número de bytes [Mbytes]	Tamaño promedio de paquetes [bytes]	Tiempo promedio intertrama [s]	Velocidad promedio [Mbps]
Servidor	MPEG-4 AVC	29,7086	906	0,7041	777,10	0,0314	0,1896
	MPEG-4 V	29,9801	913	0,3819	418,31	0,0276	0,1019
	MPEG-2	29,2806	608	0,6953	1143,51	0,0444	0,1900
PC 1-1	MPEG-4 AVC	29,7075	906	0,7041	777,10	0,0308	0,1896
	MPEG-4 V	29,9797	913	0,3819	417,90	0,0310	0,1019
	MPEG-2	29,2796	608	0,6953	1143,51	0,0460	0,1900
PC 2-1	MPEG-4 AVC	29,7076	906	0,7041	777,10	0,0319	0,1896
	MPEG-4 V	29,9800	913	0,3819	417,90	0,0317	0,1019
	MPEG-2	29,2798	608	0,6953	1143,51	0,0451	0,1900
PC 0-1	MPEG-4 AVC	29,7073	906	0,7041	777,10	0,0307	0,1896
	MPEG-4 V	29,9818	913	0,3819	418,31	0,0329	0,1019
	MPEG-2	29,2795	608	0,6953	1141,71	0,0453	0,1900
PC 0-2	MPEG-4 AVC	29,7071	906	0,7041	777,10	0,0307	0,1896
	MPEG-4 V	29,9800	913	0,3819	418,31	0,0328	0,1019
	MPEG-2	29,2793	608	0,6953	1141,71	0,0453	0,1900
PC 3-1	MPEG-4 AVC	29,7056	906	0,7041	777,10	0,0327	0,1896
	MPEG-4 V	29,9798	913	0,3819	417,90	0,0320	0,1019
	MPEG-2	29,2780	608	0,6953	1143,51	0,0456	0,1900
PC 4-1	MPEG-4 AVC	29,7075	906	0,7041	777,10	0,0329	0,1896
	MPEG-4 V	29,9795	913	0,3819	418,31	0,0326	0,1019
	MPEG-2	29,2796	608	0,6953	1143,51	0,0463	0,1900
Promedio	MPEG-4 AVC	29,7071	906	0,7041	777,10	0,0316	0,1896
	MPEG-4 V	29,9801	913	0,3819	418,11	0,0322	0,1019
	MPEG-2	29,2793	608	0,6953	1142,91	0,0456	0,1900
Promedio global	MPEG-4 AVC	0,3339	0,3733	0,3953	0,3324	0,2894	0,3938
	MPEG-4 V	0,3370	0,3762	0,2144	0,1788	0,2945	0,2117
	MPEG-2	0,3291	0,2505	0,3903	0,4888	0,4175	0,3945
Porcentaje realtivo al mayor	MPEG-4 AVC	0,9909	0,9923	1,0000	0,6796	0,7104	0,9981
	MPEG-4 V	1,0000	1,0000	0,5425	0,3658	0,7098	0,5365
	MPEG-2	0,9766	0,6659	0,9875	1,0000	1,0000	1,0000

En general, tanto las métricas directas como promedio y las distribuciones estadísticas tienen valores muy similares, independientemente de la ubicación de los PCs, y si el tráfico es unicast o multicast, para un codec en particular (para el conjunto de configuración en el laboratorio). El tiempo de video tiene mínimas diferencias, mientras se reproduce, en diferentes PCs para los diferentes codecs. El número total de paquetes transmitidos por el servidor y recibidos en cada PC, son prácticamente los mismos para un codec en particular y en las diferentes PCs de cada escenario, como se muestra en la Fig. 2. Sin embargo, hay una diferencia notable en el número de paquetes promedio transmitidos por los codecs, cuando representan el promedio de todas las PCs de un escenario, para el mismo códec. MPEG-4 Visual es el codec que utiliza la mayor cantidad de paquetes (913 paquetes), con poca diferencia respecto al codec MPEG-4 AVC (906 paquetes); mientras que en el caso de MPEG-2, el número de paquetes es mucho menor (608 paquetes, 33.54% menos).

Tabla 3 Mediciones generales para el escenario de 9 clientes.

PC	Codec	Tiempo de Video [s]	Número de paquetes	Número de bytes [Mbytes]	Tamaño promedio de paquetes [bytes]	Tiempo promedio intertrama [s]	Velocidad promedio [Mbps]
Servidor	MPEG-4 AVC	29,7086	906	0,7041	777,10	0,0314	0,1896
	MPEG-4 V	29,9801	913	0,3819	418,31	0,0276	0,1019
	MPEG-2	29,2806	608	0,6953	1143,51	0,0444	0,1900
PC 1-1	MPEG-4 AVC	29,7075	906	0,7041	777,10	0,0308	0,1896
	MPEG-4 V	29,9797	913	0,3819	417,90	0,0310	0,1019
	MPEG-2	29,2796	608	0,6953	1143,51	0,0460	0,1900
PC 2-1	MPEG-4 AVC	29,7076	906	0,7041	777,10	0,0319	0,1896
	MPEG-4 V	29,9800	913	0,3819	417,90	0,0317	0,1019
	MPEG-2	29,2798	608	0,6953	1143,51	0,0451	0,1900
PC 2-2	MPEG-4 AVC	29,7073	906	0,7041	777,10	0,0325	0,1896
	MPEG-4 V	29,9797	913	0,3819	418,02	0,0316	0,1019
	MPEG-2	29,2796	608	0,6953	1143,50	0,0464	0,1900
PC 0-1	MPEG-4 AVC	29,7073	906	0,7041	777,10	0,0307	0,1896
	MPEG-4 V	29,9818	913	0,3819	418,31	0,0329	0,1019
	MPEG-2	29,2795	608	0,6953	1141,71	0,0453	0,1900
PC 0-2	MPEG-4 AVC	29,7071	906	0,7041	777,10	0,0307	0,1896
	MPEG-4 V	29,9800	913	0,3819	418,31	0,0328	0,1019
	MPEG-2	29,2793	608	0,6953	1141,71	0,0453	0,1900
PC 0-3	MPEG-4 AVC	29,7082	906	0,7041	777,10	0,0307	0,1896
	MPEG-4 V	29,9806	913	0,3819	418,31	0,0329	0,1019
	MPEG-2	29,2804	608	0,6953	1141,71	0,0453	0,1900
PC 3-1	MPEG-4 AVC	29,7056	906	0,7041	777,10	0,0327	0,1896
	MPEG-4 V	29,9798	913	0,3819	417,90	0,0320	0,1019
	MPEG-2	29,2780	608	0,6953	1143,51	0,0456	0,1900
PC 3-2	MPEG-4 AVC	29,7059	906	0,7041	777,10	0,0313	0,1896
	MPEG-4 V	29,9796	913	0,3819	417,90	0,0314	0,1019
	MPEG-2	29,2782	608	0,6953	1143,51	0,0444	0,1900
PC 4-1	MPEG-4 AVC	29,7075	906	0,7041	777,10	0,0329	0,1896
	MPEG-4 V	29,9795	913	0,3819	418,31	0,0326	0,1019
	MPEG-2	29,2796	608	0,6953	1143,51	0,0463	0,1900
Promedio	MPEG-4 AVC	29,7071	906	0,7041	777,10	0,0316	0,1896
	MPEG-4 V	29,9801	913	0,3819	418,10	0,0321	0,1019
	MPEG-2	29,2793	608	0,6953	1142,91	0,0455	0,1900
Promedio global	MPEG-4 AVC	0,3339	0,3733	0,3953	0,3324	0,2891	0,3938
	MPEG-4 V	0,3370	0,3762	0,2144	0,1788	0,2938	0,2117
	MPEG-2	0,3291	0,2505	0,3903	0,4888	0,4168	0,3945
Porcentaje realtivo al mayor	MPEG-4 AVC	0,9909	0,9923	1,0000	0,6796	0,7087	0,9981
	MPEG-4 V	1,0000	1,0000	0,5425	0,3658	0,7081	0,5365
	MPEG-2	0,9766	0,6659	0,9875	1,0000	1,0000	1,0000

El número total de bytes, expresados en Mbytes, transmitidos por el servidor, durante la reproducción del video, y recibidos en cada PC, es virtualmente el mismo para un codec en particular y en diferentes PCs, como se muestra en la Fig. 3. Como en el caso del número total de paquetes, MPEG-4 AVC es el codec que transmite un mayor número de bytes (o utiliza un archivo de mayor tamaño), con poca diferencia con el codec MPEG-2; mientras que en el caso del codec MPEG-4 Visual, el número de bytes es mucho menor (45.75% menos).

Con respecto al tamaño promedio de los paquetes, transmitidos por el servidor y recibidos en cada PC, se observa que es prácticamente el mismo para un codec en particular y en diferentes PCs, como se muestra en la Fig. 4. Sin embargo, cuando se considera el tamaño promedio de los paquetes entre diferentes codecs, MPEG-4 Visual tiene el tamaño más pequeño (63.58% menos que MPEG2).

Otro parámetro importante es el promedio del tiempo intertramas de los paquetes transmitidos por el servidor y recibidos en cada PC. Son bastante similares a los de un codec en particular y en diferentes PCs, como se muestra en la Fig. 5. Sin embargo, resalta una diferencia en el promedio de los tiempos intertramas entre diferentes codecs. El promedio de MPEG-2, para todas las PCs, es mayor en comparación con los otros codecs. MPEG-4 AVC tiene el menor tiempo intertramas (un 30.24% menos).

Finalmente, analizamos el promedio de la velocidad de transmisión entre el servidor y cada una de las PCs, y se observó que son prácticamente los mismos para un codec en particular, como se muestra en la Fig. 6. Pero, cuando se comparan las velocidades medias entre diferentes códec, MPEG-4 Visual es la de menor tasa de bits respecto a los otros videos (46.29% menos).

Tabla 4 Mediciones generales para el escenario de 20 clientes.

PC	Codec	Tiempo de Video [s]	Número de paquetes	Número de bytes [Mbytes]	Tamaño promedio de paquetes [bytes]	Tiempo promedio intertrama [s]	Velocidad promedio [Mbps]
Servidor	MPEG-4 AVC	29,7086	906	0,7041	777,10	0,0314	0,1896
	MPEG-4 V	29,9801	913	0,3819	418,31	0,0276	0,1019
	MPEG-2	29,2806	608	0,6953	1143,51	0,0444	0,1900
PC 1-1	MPEG-4 AVC	29,7075	906	0,7041	777,10	0,0308	0,1896
	MPEG-4 V	29,9797	913	0,3819	417,90	0,0310	0,1019
	MPEG-2	29,2796	608	0,6953	1143,51	0,0460	0,1900
PC 1-2	MPEG-4 AVC	29,7079	906	0,7041	777,09	0,0309	0,1896
	MPEG-4 V	29,9794	913	0,3819	417,98	0,0309	0,1019
	MPEG-2	29,2799	608	0,6953	1143,50	0,0459	0,1900
PC 1-3	MPEG-4 AVC	29,7081	906	0,7041	777,09	0,0309	0,1896
	MPEG-4 V	29,9798	913	0,3819	417,99	0,0309	0,1019
	MPEG-2	29,2801	608	0,6953	1143,52	0,0459	0,1900
PC 2-1	MPEG-4 AVC	29,7076	906	0,7041	777,10	0,0319	0,1896
	MPEG-4 V	29,9800	913	0,3819	417,90	0,0317	0,1019
	MPEG-2	29,2798	608	0,6953	1143,51	0,0451	0,1900
PC 2-2	MPEG-4 AVC	29,7073	906	0,7041	777,10	0,0325	0,1896
	MPEG-4 V	29,9797	913	0,3819	418,02	0,0316	0,1019
	MPEG-2	29,2796	608	0,6953	1143,50	0,0464	0,1900
PC 2-3	MPEG-4 AVC	29,7075	906	0,7041	777,11	0,0321	0,1896
	MPEG-4 V	29,9781	913	0,3819	417,98	0,0315	0,1019
	MPEG-2	29,2797	608	0,6953	1143,50	0,0458	0,1900
PC 2-4	MPEG-4 AVC	29,7074	906	0,7041	777,10	0,0324	0,1896
	MPEG-4 V	29,9799	913	0,3819	417,90	0,0318	0,1019
	MPEG-2	29,2795	608	0,6953	1143,51	0,0468	0,1900
PC 0-1	MPEG-4 AVC	29,7073	906	0,7041	777,10	0,0307	0,1896
	MPEG-4 V	29,9818	913	0,3819	418,31	0,0329	0,1019
	MPEG-2	29,2795	608	0,6953	1141,71	0,0453	0,1900
PC 0-2	MPEG-4 AVC	29,7071	906	0,7041	777,10	0,0307	0,1896
	MPEG-4 V	29,9800	913	0,3819	418,31	0,0328	0,1019
	MPEG-2	29,2793	608	0,6953	1141,71	0,0453	0,1900
PC 0-3	MPEG-4 AVC	29,7082	906	0,7041	777,10	0,0307	0,1896
	MPEG-4 V	29,9806	913	0,3819	418,31	0,0329	0,1019
	MPEG-2	29,2804	608	0,6953	1141,71	0,0453	0,1900
PC 0-4	MPEG-4 AVC	29,7075	906	0,7041	777,10	0,0307	0,1896
	MPEG-4 V	29,9817	913	0,3819	418,31	0,0329	0,1019
	MPEG-2	29,2799	608	0,6953	1141,72	0,0453	0,1900
PC 0-5	MPEG-4 AVC	29,7072	906	0,7041	777,10	0,0307	0,1896
	MPEG-4 V	29,9804	913	0,3819	418,33	0,0328	0,1019
	MPEG-2	29,2800	608	0,6953	1141,71	0,0453	0,1900
PC 0-6	MPEG-4 AVC	29,7081	906	0,7041	777,10	0,0307	0,1896
	MPEG-4 V	29,9808	913	0,3819	418,30	0,0329	0,1019
	MPEG-2	29,2803	608	0,6953	1141,70	0,0453	0,1900
PC 3-1	MPEG-4 AVC	29,7056	906	0,7041	777,10	0,0327	0,1896
	MPEG-4 V	29,9798	913	0,3819	417,90	0,0320	0,1019
	MPEG-2	29,2780	608	0,6953	1143,51	0,0456	0,1900
PC 3-2	MPEG-4 AVC	29,7059	906	0,7041	777,10	0,0313	0,1896
	MPEG-4 V	29,9796	913	0,3819	417,90	0,0314	0,1019
	MPEG-2	29,2782	608	0,6953	1143,51	0,0444	0,1900
PC 3-3	MPEG-4 AVC	29,7057	906	0,7041	777,10	0,0329	0,1896
	MPEG-4 V	29,9797	913	0,3819	417,90	0,0318	0,1019
	MPEG-2	29,2779	608	0,6953	1143,51	0,0450	0,1900
PC 3-4	MPEG-4 AVC	29,7055	906	0,7041	777,10	0,0319	0,1896
	MPEG-4 V	29,9799	913	0,3819	417,90	0,0316	0,1019
	MPEG-2	29,2784	608	0,6953	1143,51	0,0448	0,1900
PC 4-1	MPEG-4 AVC	29,7075	906	0,7041	777,10	0,0329	0,1896
	MPEG-4 V	29,9795	913	0,3819	418,31	0,0326	0,1019
	MPEG-2	29,2796	608	0,6953	1143,51	0,0463	0,1900
PC 4-2	MPEG-4 AVC	29,7073	906	0,7041	777,10	0,0326	0,1896
	MPEG-4 V	29,9798	913	0,3819	418,31	0,0324	0,1019
	MPEG-2	29,2799	608	0,6953	1143,51	0,0462	0,1900
PC 4-3	MPEG-4 AVC	29,7075	906	0,7041	777,10	0,0322	0,1896
	MPEG-4 V	29,9799	913	0,3819	418,31	0,0321	0,1019
	MPEG-2	29,2801	608	0,6953	1143,51	0,0459	0,1900
Promedio	MPEG-4 AVC	29,7072	906	0,7041	777,10	0,0316	0,1896
	MPEG-4 V	29,9800	913	0,3819	418,11	0,0320	0,1019
	MPEG-2	29,2795	608	0,6953	1142,97	0,0456	0,1900
Promedio global	MPEG-4 AVC	0,3339	0,3733	0,3953	0,3324	0,2894	0,3938
	MPEG-4 V	0,3370	0,3762	0,2144	0,1788	0,2931	0,2117
	MPEG-2	0,3291	0,2505	0,3903	0,4888	0,4174	0,3945
Porcentaje relativo al mayor	MPEG-4 AVC	0,9909	0,9923	1,0000	0,6796	0,7031	0,9981
	MPEG-4 V	1,0000	1,0000	0,5425	0,3658	0,7025	0,5365
	MPEG-2	0,9766	0,6659	0,9875	1,0000	1,0000	1,0000

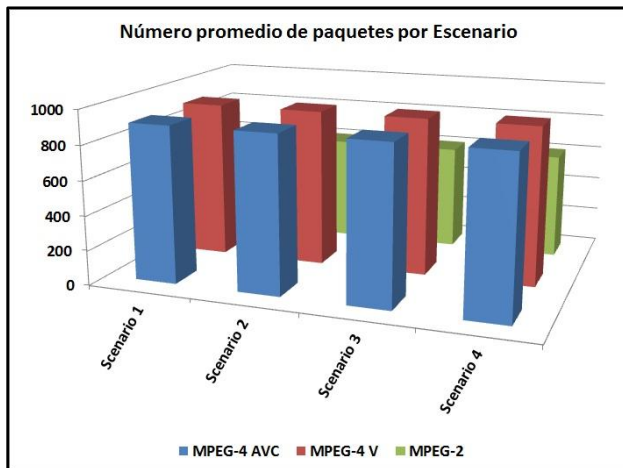


Fig. 2 Número promedio de paquetes por Escenario.

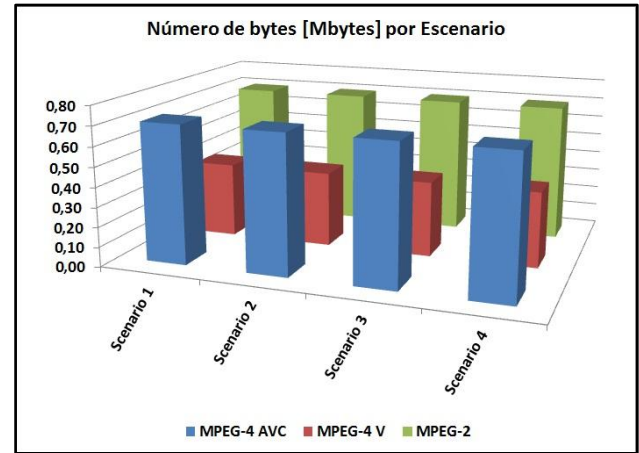


Fig. 3 Número de bytes (Mbytes) por Escenario.

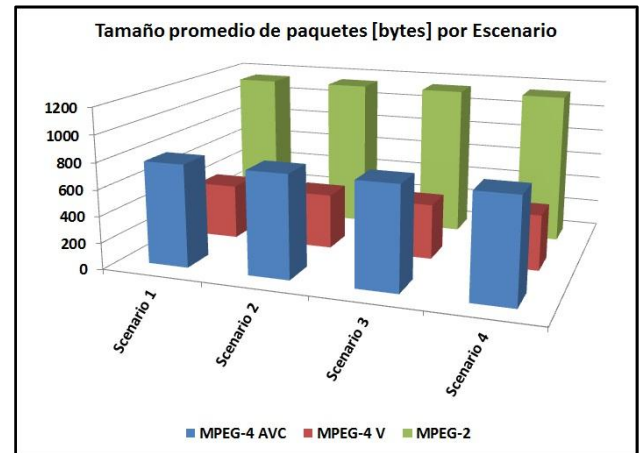


Fig. 4 Tamaño promedio de paquetes (bytes) por Escenario.

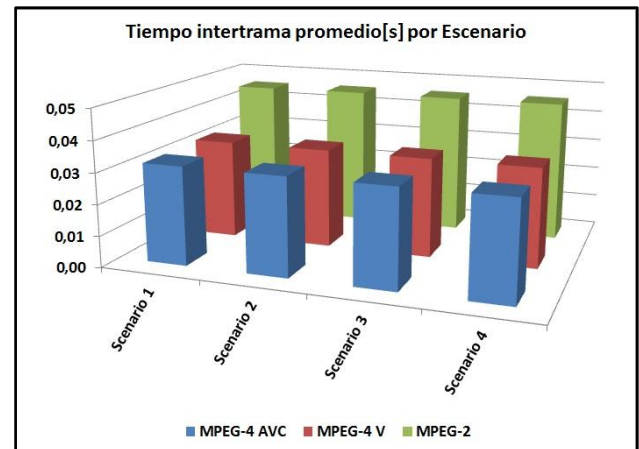


Fig. 5 Tiempo intertrama promedio (s) por Escenario.

También analizamos las distribuciones estadísticas de tamaños de trama y de espacios intertramas, para cada códec de vídeo, con tráfico de multidifusión en una de las estaciones. En la Fig. 7, se observan diferencias significativas en la distribución por tamaño de trama. El codec MPEG-4/V presenta una concentración significativa de tramas pequeñas.

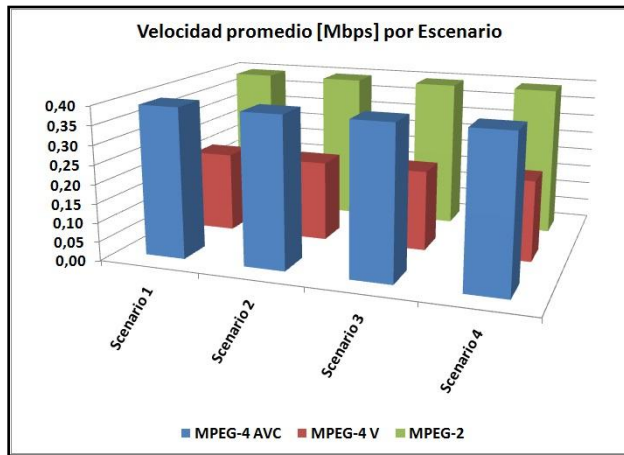


Fig. 6 Promedio de velocidad (Mbps) por Escenario.

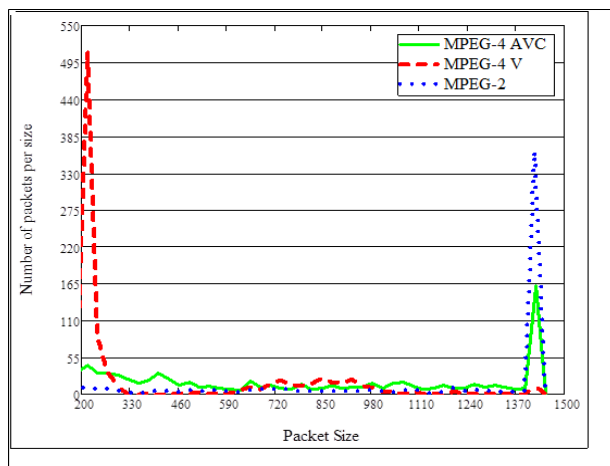


Fig. 7 Distribución de paquetes agrupados por tamaño por codecs para tráfico unicast o multicast en PCs.

MPEG-4/AVC y MPEG2 tienen una concentración de grandes tramas en el orden de 1.500 bytes. MPEG-4/AVC muestra, también, un nivel de concentración en la parte inferior y el resto de los tamaños distribuidos más uniformemente en diferentes longitudes. Y en la Fig. 8, se muestran las diferencias observadas en la distribución de espacios o tiempos intertramas. Estas distribuciones de unidifusión y multidifusión, en el lado del cliente, son prácticamente iguales y dependen exclusivamente del codec. El codec MPEG-4/V presenta una mayor concentración de tiempos intertramas en orden de 50 ms. Los codecs MPEG-4/AVC y MPEG2 tienen un comportamiento común, con una mayor concentración de tiempos intertramas inferior a 5 ms, y algunos picos en tiempos superiores.

4. CONCLUSIONES

Este trabajo experimental tuvo como objetivo hacer un aporte al conocimiento, actualización y mejora del estado del arte en el desempeño y QoS, de comunicaciones multicast y unicast de streamings de vídeo, en una red de laboratorio verdadera, como un banco de pruebas de una WAN. Los resultados experimentales sirven como guía sobre el comportamiento que se puede esperar, en una WAN real, en condiciones similares.

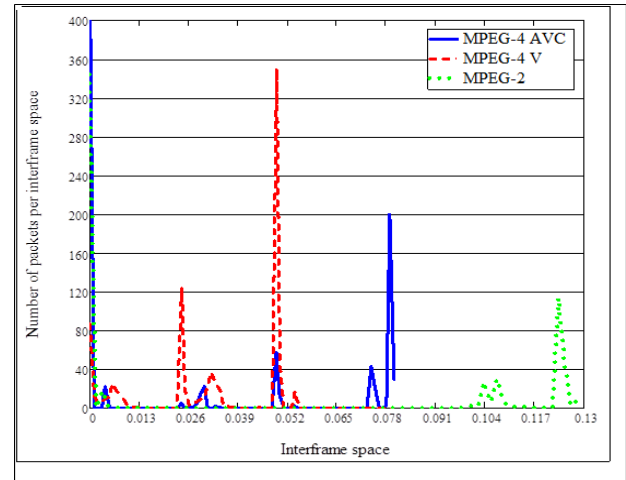


Fig. 8 Distribución de paquetes agrupados por espacios intertramas por codecs para tráfico unicast o multicast en PCs.

Se presentó en detalle, con el uso de tablas y gráficas, los resultados experimentales obtenidos de diversas métricas directas, promedio y de distribuciones estadísticas, para cada subescenarios, mediante transmisión de vídeo con 3 diferentes codificaciones, usando tráfico de multidifusión y unidifusión.

Del estudio realizado sobre el test bed WAN se deduce que:

- El tráfico de multidifusión de WAN proporciona la QoS y las prestaciones esperadas en cada estación, y en el segmento de red del servidor, y en los segmentos y enlaces compartidos, usando diferentes tipos de codecs., para guiarnos sobre el comportamiento que se puede esperar en una WAN real en condiciones similares.
- Las variaciones en el comportamiento de las métricas de rendimiento y de QoS observado en la reproducción del vídeo, con tráfico de multidifusión, dependen básicamente del codec utilizado. Sin embargo, en el caso del tráfico de video de difusión, la dependencia se extiende sobre ancho de banda disponible, el tiempo entre las tramas, y las ráfagas sobre los diversos enlaces compartidos (que varían directamente en función de la cantidad de clientes simultáneamente conectados).
- El tráfico unicast fue más sensible (que el multicast) al número creciente de usuarios finales, especialmente en el segmento donde se encuentra el servidor de aplicaciones de unidifusión, y en los segmentos compartidos por los grupos de clientes de unidifusión.
- El impacto de la mezcla de un tráfico global (que incluye otros tipos de tráfico de red a través de un vínculo WAN) dependerá de la topología, de los codecs utilizados, del número de clientes a los que servir y, las configuraciones que se aplican a la topología de red, por protocolos de multidifusión de la red (OSFP y PIM). Y concretamente, dependerá de si el tráfico de vídeo es de unidifusión o multidifusión.
- Una adecuada gestión administrativa de la red puede obtener un uso eficiente de los recursos disponibles, sin comprometer el rendimiento y la QoS esperada.

Los futuros trabajos están orientados a la continuidad y profundización de este estudio. En uno de ellos sigue una línea de investigación mediante la adición de clientes Wi-Fi a la topología, y el uso de como IPv6 y sus nuevas características para el tráfico de multidifusión.

5. REFERENCIAS

- [1] Aruba, a Hewlett Packard Enterprise company, <http://www.arubanetworks.com/>, Accessed January 16th, 2018).
- [2] Seiji Ueno, Toshihiko Kato, Kenji Suzuki, "Analysis of Internet Multicast Traffic Performance Considering Multicast Routing Protocol" - <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=896295&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F7201%2F19403%2F00896295.pdf%3Farnumber%3D896295>
- [3] Mojtaba Hosseini, Dewan Tanvir Ahmed, Shervin Shirmohammadi, and Nicolas D. Georganas, "A Survey of Application Layer Multicast Protocols" - <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.70.9653&rep=rep1&type=pdf>
- [4] Fujikawa Kenji, Ohta Masataka, Ikeda Katsuo, "Integration of Multicast Routing and QoS Routing" https://www.isoc.org/inet2000/cdproceedings/1c/1c_1.htm
- [5] Ian Brown, Jon Crowcroft, Mark Handley, Brad Cain, "Internet Multicast Tomorrow" - Articles of interest Vol 1 N°6 - <http://www.isoc.org/pubs/int/cisco-1-6.html>
- [6] "Advanced Video Compression" - Part 1 y 2 - <http://www.animemusicvideos.org/guides/avtechbeta/video4.htm>
- [7] Ghanbari M, Crawford D, Fleury M, Khan E, Woods J, Lu H, Razavi R, "Future performance of video codecs" <http://stakeholders.ofcom.org.uk/binaries/research/technology-research/video.pdf>
- [8] Video Codecs explained - http://www.divxland.org/en/article/5/video_codecs_explain#Vx1aZPnhDcc
- [9] MPEG formats - http://www.divxland.org/en/article/14/mpeg_formats#Vx1aZfhDcc
- [10] ISO/IEC JTC 1/SC 29 Coding of audio, picture, multimedia and hypermedia information - http://www.iso.org/iso/iso_technical_committee?commid=45316
- [11] A. Abdalla, A. Mazhar, M. Salah and Sahar Khalaf, "Comparative Study of Compression Techniques for Synthetic Videos", The International Journal of Multimedia & Its Applications (IJMA), Vol. 6, No. 2, April 2014.
- [12] D. Grois, D. Marpea, T. Nguyena and O. Hadarb, "Comparative Assessment of H.265/MPEG-HEVC, VP9, and H.264/MPEG-AVC Encoders for Low-Delay Video Applications, "SPIE Proceedings, vol. 9217, Applications of Digital Image Processing XXXVII, California, USA, September, 2014.
- [13] Nakayama H, Watanabe Y, Higashi A, "H264/AVC HDTV Video codec LSI", Fujitsu Sci. Tech. J., 44,3,(July 2008) .
- [14] R. Addu and V. Potuvardanam, "Effect of Codec Performance on Video QoE for videos encoded with Xvid, H.264 and WebM/VP8", Master Thesis, Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, Sweden, August 2014.
- [15] A. Lazaris and P. Koutsakis, "Modeling multiplexed traffic from H.264/AVC videoconference streams", Computer Communications, Vol. 33, No. 10, 2010, pp. 1235-1242.
- [16] S. Tanwir and H. Perros, "A survey of VBR video traffic models", IEEE Communications Surveys and Tutorials, Vol. 15, No. 4, 2013, pp. 1778-1802.
- [17] M. Dai, Y. Zhang, and D. Loguinov, "A unified traffic model for MPEG-4 and H.264 video traces", IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 11, No. 5, 2009, pp. 1010 - 1023.
- [18] G. V. der Auwera, P. T. David, and M. Reisslein, "Traffic and quality characterization of single-layer video streams encoded with H.264/MPEG-4 advanced video coding standard and scalable video coding extension", IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 54, No. 3, 2008, pp. 698-718.
- [19] Y. Shin, M. Choi, J. Koo, Y. Kim, J. Ihm and S. Choi, "Empirical Analysis of Video Multicast over WiFi", Third International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), China, 2011, pp. 381-386.
- [20] Stefan Egger, Torsten Braun, "Performance Evaluation of Multicast for Small Conferences", <http://home.inf.unibe.ch/~rvs/publications/ngc03.pdf>
- [21] V. Chandrasekar, K. Baskaran, "Performance of Video Conferencing using Protocol Independent Multicast Routing with Core failure", International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Vol. 41, No. 10, March 2012
- [22] Sorin Cocorada, "Multicast vs. Unicast Transmissions for wireless IP Camera Surveillance Suystems", Acta Technica Napocensis, Vol. 48, No. 3, 2007.
- [23] S. Tanwir, H. Perros and B. Anjum, "A QoS evaluation of video traffic models for H.264 AVC video", Fifth International Conference on Next Generation Networks and Services (NGNS), Casablanca, Morocco, 2014, pp. 313-320.
- [24] S. Pérez, H. Facchini, A. Dantiacq, G. Cangemi and J. Campos, "An Evaluation of QoS for intensive video traffic over 802.11e WLANs-Quantitative analysis", International Conference on Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP), Cholula, Mexico, 2015, pp. 8-15.
- [25] S. Pérez, H. Facchini, A. Dantiacq, G. Cangemi and J. Campos, "Behavior of Codecs for Multicast Video Traffic using WAN Test Bed - Experimental Study", International Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON 2015), Santiago, Chile, 2015, pp. 269-274.
- [26] Torres J, Ramirez, R, Lopez, D - Estado del arte de IPTV y consideraciones técnicas para su migración a IPv6 en Colombia - <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/REDES/article/view/7179>
- [27] Acosta Escobar M, Treminio Henriquez J, Estudio de IPTV multicasting para la Universidad de Don Bosco – Trabajo final Ingeniería en Ciencias de lka Computación Universidad Don Bosco - San Salvador <http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/handle/11715/405>
- [28] Unreal Streaming Technologies, Unreal Media Server, Los Ángeles, USA, Available: <http://umediasever.net/>.
- [29] Wireshark network protocol analyser, <https://www.wireshark.org/>, (Accessed January 16th, 2018)
- [30] Available in: <https://www.youtube.com/watch?v=icIkHol4L98>