**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**



**UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS AVANZADAS**

**“MODELADO MATEMÁTICO, BASADO EN CADENAS DE MARKOV, PARA SERVICIOS DE VIDEO EN VIVO SOPORTADOS POR REDES HÍBRIDAS P2P-CDN”**

**Autores:**

**Muñoz Ruíz Ulises**

**Ortiz Islas José Manuel**

**Asesor:**

**Torrez Cruz Noé**

**Resumen Parcial 1**

**Marzo 2022**

Contenido

[1.- Investigación 3](#_Toc98862728)

[2.- Investigación 6](#_Toc98862729)

[3.- Esquemas 9](#_Toc98862730)

[4.- Análisis del funcionamiento de los esquemas de asignación de recursos 12](#_Toc98862731)

[5.- Análisis de escenarios por ventana 14](#_Toc98862732)

[6.- Análisis de la conexión de peers 15](#_Toc98862733)

[7.- Análisis de la llegada de nuevos peers 17](#_Toc98862734)

[8.- Análisis de la desconexión de los peers 17](#_Toc98862735)

[9.- Análisis de la transferencia de un peer a la ventana superior 18](#_Toc98862736)

[10.- Modelado del comportamiento de los peers 19](#_Toc98862737)

[11.- Diseño del nuevo esquema de asignación 20](#_Toc98862738)

[12.- Proposición de cadena de Markov 21](#_Toc98862739)

# 1.- Investigación

**Objetivo:** Investigar el modelado de servicios de video en vivo mediante cadenas de *Markov* para identificar los detalles en los procesos de carga y descarga del archivo de video, así como los eventos que ocurren en dichos procesos.

**Descripción:** Se recabo un listado de artículos que han modelado el servicio de video bajo demanda (VoD) mediante cadenas de *Markov.* Esto debido a que hasta este momento no se ha encontrado en la literatura modelos basados en cadenas de *Markov* para servicios de video en vivo.

Al leer los artículos se pudo identificar que la gran mayoría divide el archivo de video en segmentos más pequeños denominados ventanas y a su vez estas ventanas se dividen en segmentos más pequeños llamados chunks. Esto permite bosquejar los escenarios posibles que modificarán el estado de la cadena de Markov propia del proyecto más adelante.

Con base a las lecturas realizadas se redactó un borrador de lo que será la sección de estado del arte.

*Listado de Artículos:*

* Design and Deployment of Low-Delay Hybrid CDN–P2PArchitecture for Live Video Streaming Over the Web
* Performance Analysis of Video Streaming on different HybridCDN & P2P Infrastructure
* Controlling P2P-CDN Live Streaming Servicesat SDN-enabled Multi-Access Edge Datacenters
* A Low-latency Peer-to-Peer Live and VODStreaming System Based on Scalable Video Coding
* Modelado y evaluación de servicios de video sobre redes P2P en ambientes móviles 5G
* A comprehensive analytical frameworkforVoDservicesinhybridCDN-P2Psystems
* Esquemas de asignación de recursos para servicios de video en redes heterogéneas 5G
* A Window-Based, Server-Assisted P2P Network forVoD Services with QoE Guarantees

**Resultados:**

En *Design and Deployment of Low-Delay Hybrid CDN–P2PArchitecture for Live Video Streaming Over the Web* los autores rescatan las principales características de las redes CDN y P2P de manera individual y de forma híbrida. En este trabajo se realiza un modelo híbrido CDN-P2P sobre la web con la finalidad de disminuir las peticiones realizadas a los servidores CDN; se menciona que el streaming de video en vivo P2P es una tecnología que permite a un usuario denominado emisor generar un video que se transmite a otros usuarios en tiempo real.

En este trabajo se mencionan algunas ventajas de CDN y P2P. De la CDN se tiene una excelente calidad en el servicio y los bajos costos de implementación y mantenimiento. Por otro lado, P2P tiene una mejor escalabilidad y menores costos de implementación. El modelo propuesto tiene 2 capas fundamentales, la capa CDN y la capa P2P. El usuario final se encuentra directamente en la capa P2P, en caso de no encontrar los recursos necesarios en su nivel los solicitara al nivel de arriba (CDN).

En *Performance Analysis of Video Streaming on different HybridCDN & P2P Infrastructure* se compara y evalúa el rendimiento de la CDN frente a P2P; el punto clave de la CDN es replicar el contenido del servidor original en un cache local y de ahí distribuir el contenido a los clientes mientras que en la arquitectura P2P la distribución se aplica del lado de la red del cliente, ya que estos se convierten en asociados activos al proporcionar el contenido que están recibiendo a otros clientes.

Los trabajos relacionados a CDN, P2P y CDN hybrid P2P basados en video en vivo se enfocan en problemas específicos como: reducir el retraso de inicio, distorsión de la transmisión, perdida de paquetes y costo de ancho de banda.

En *Controlling P2P-CDN Live Streaming Servicesat SDN-enabled Multi-Access Edge Datacenters* los autores desarrollan un modelo de transmisión de video sobre una red híbrida CDN-P2P para lograr estabilidad y escalabilidad en la difusión de contenido. Aunado a esto mencionan que el modelo cuenta también con otros componentes (SDN, NSP, VCP) que permiten tener mejores parámetros en la visualización, la experiencia y el servicio. El modelo al ser basado en SDN permite que todos los usuarios puedan aprovechar los recursos disponibles por la CDN-P2P de forma inteligente para tener mejor calidad de experiencia y de servicio. Por otro lado, con NSP y VCP se logra tener mayores recursos en la periferia de un usuario y con ello se logra un mejor rendimiento en la red. De igual forma en este trabajo los autores mencionan los algoritmos empleados para clasificar a los peers en diversos grupos y con esto verificar que los recursos sean asignados equitativamente.

En *A Low-latency Peer-to-Peer Live and VODStreaming System Based on Scalable Video Coding*se proporciona un sistema de transmisión hibrido (Video en vivo y VOD), basado en codificación de video escalable SVC (Scalable Video Coding). El sistema consiste en un transcodificador en línea SVC diseñado para soportar otros formatos de video y transcodificarlo a SVC. En este trabajo se propone un servidor de streming basado en SVC para hacer paquetes tipo RTP y distribuirlos dentro de la red. El servidor P2P recibe los paquetes desde el servidor streming y se encarga de distribuirlos a los peers (empleado en el sistema en vivo). Además, existe un tracker con el fin de mantener la información y el estado de todos los peers, para clasificarlos en seed peer y common peer dependiendo de la carga y descarga. Finalmente se menciona que el reproductor SVC únicamente está disponible para PCs más desarrolladas como un complemento en ActiveX y teléfonos inteligentes. Con este modelo se logra reducir la probabilidad de perdida de paquetes y el retraso.

En *Modelado y evaluación de servicios de video sobre redes P2P en ambientes móviles 5G* se establece un modelo para la distribución de video bajo demanda en redes heterogéneas 5G. En este trabajo se aborda un modelo fluido (sistema de ecuaciones) que representa el comportamiento de los peers conectados al servicio. Para analizar el comportamiento de los *peers* se tomaron en cuenta parámetros como duración del video, ancho de banda de los servidores, tiempo de permanencia, entre otros. Estos datos permitieron evaluar el esquema para observar si la asignación de recursos se realiza de forma uniforme y equitativa para todos los usuarios. Los resultados fueron comparados con resultados obtenidos en otras investigaciones que utilizaban cadenas de *Markov* para analizar el compartimiento de los *peers* en esos sistemas. De igual forma en este trabajo se establece que si el modelo es exitoso se puede generar un modelo que reduzca el número de recursos utilizados para su funcionamiento. Los resultados que se obtienen se consideran veraces por la similitud que tienen los resultados basados en cadenas de *Markov* de otras investigaciones con el funcionamiento real que muestra YouTube.

En *A comprehensive analytical frameworkforVoDservicesinhybridCDN-P2Psystems*los autores presentan un *framework* analítico para modelar el servicio de video bajo demanda (*VoD*) a través de una red híbrida CDn-P2P. Su trabajo está basado principalmente en un modelo fluido y en cadenas de *Markov*. El modelo fluido permite a los autores comprender el comportamiento del sistema en términos de retrasos por parte de los usuarios, congelamiento en la transmisión del contenido, desfase en la reproducción de una ventana y la descarga de la ventana posterior, la clasificación de los *peers*, etc. Por su parte la cadena de *Markov* se emplea para conocer las tasa de subida y bajada que presenta el sistema, es decir, la cantidad de *peers* que se encuentran en cada grupo (j,k), lo que quiere decir que dichos *peers*, están reproduciendo la ventana j y descargando la ventana k. Al final del trabajo los autores muestran los resultados numéricos obtenidos basándose en diferentes parámetros *QoS*.

En *Esquemas de asignación de recursos para servicios de video en redes heterogéneas 5G*el autor propone un nuevo esquema de asignación de recursos llamado Distribución por Ventanas Priorizadas (DVP). El esquema propuesto en este trabajo demostró ser más eficiente comparado con otros esquemas de asignación de recursos, esto al reducir el ancho de banda solicitado a los servidores. Este trabajo se enfoca en analizar un archivo de video segmentado en ventanas de igual tamaño (red heterogénea) mediante un modelo fluido y complementar con un análisis mediante cadenas de *Markov*. Para realizar dichos análisis el autor se basa en diversos parámetros de *QoS* y *QoE*. Cabe mencionar que el video analizado es un video bajo demanda (*VoD*) a través de una red P2P. Finalmente el autor reporta los resultados obtenidos a partir de diferentes parámetros *QoS* y *QoE* de entrada.

En *A Window-Based, Server-Assisted P2P Network forVoD Services with QoE Guarantees* se menciona que las redes *P2P* son una tecnología clave para la distribución de contenido de video dentro de las próximas generaciones de comunicaciones inalámbricas incluyendo la quinta generación de sistemas móviles denominada 5G, se fragmenta el contenido de video en ventanas que a su vez están compuestas por partes más pequeñas llamados *chunks*, además se dice que el tamaño de la primer ventana puedes ser diferente a la de las demás con esto se logra un equilibrio entre el retraso inicial y la duración de las pausas.

De igual manera los autores describen dos condiciones para el sistema: abundancia y penuria.

Abundancia es cuando se tiene un número de seeds y leeches alto por lo tanto todos los leeches descargan una ventana a la tasa máxima.

Penuria es cuando no se tienen los suficientes peers en el sistema y por lo tanto los leeches descargan una ventana a una velocidad menor.

Todo el análisis del artículo se basa en condiciones de abundancia del sistema y se asume que la reproducción de cualquier ventana comienza hasta que esa ventana se haya descargado por completo.

**Conclusión:**

Después de haber leído el listado de artículos sobre servicios de video bajo demanda se puede bosquejar el proceso a seguir para el servicio de video en vivo. Esto es gracias a que con la lectura se pudo identificar que el archivo de video se puede trabajar de la misma manera (segmentarlo) con el fin de que todos los usuarios conectados al sistema tengan acceso al contenido, sin embargo, la manera de distribuirlo en la red presenta cambios un tanto sustanciales, debido a que en el servicio de video en vivo el contenido se debe consumir al mismo tiempo que se está generando y además siempre se debe buscar que no exista un retraso significativo entre los usuarios conectados al sistema.

# 2.- Investigación

**Objetivo:** Investigar en la literatura esquemas de asignación de recursos para servicios de video en vivo con el fin de identificar reglas y procedimientos para obtener recursos al momento de consumir un archivo de video.

**Descripción:**

Se recolectaron artículos de investigación que hablan sobre esquemas de asignación de recursos en servicios de video, hasta el momento solo se han identificado trabajos para servicios de video bajo demanda, sin embargo, con lo investigado estos procesos se pueden llevar a servicios de video en vivo.

Se comprendió grosso modo cómo es que funcionan los esquemas de asignación de recursos y esto ayudará a discernir qué esquemas son objeto de mejora y pueden ser la base para el esquema propuesto en el presente proyecto.

Esta investigación a su vez ayudó a la redacción del estado del arte en la sección de esquemas de asignación de recursos.

*Listado de Artículos:*

* Modelado y evaluación de servicios de video sobre redes P2P en ambientes móviles 5G
* Evaluación de esquemas de asignación de recursos para servicios VoD en redes P2P
* A comprehensive analytical frameworkforVoDservicesinhybridCDN-P2Psystems
* Esquemas de asignación de recursos para servicios de video en redes heterogéneas 5G
* A Window-Based, Server-Assisted P2P Network forVoD Services with QoE Guarantees
* Capacity of P2P on-demand streaming with simple, robust, and decentralized control

**Resultados:**

En *Modelado y evaluación de servicios de video sobre redes P2P en ambientes móviles 5G*el autor menciona que los recursos disponibles en una red deben ser asignados correctamente para obtener un buen desempeño del sistema para la descarga y visualización de un video. En este trabajo se implementa una red heterogénea, lo cual indica que todos los usuarios conectados a la red tendrán la misma oportunidad de acceder a los recursos disponibles en la red. Sin embargo, ese esquema de asignación de recursos es por definición el esquema de asignación de recursos uniforme, por esa razón en este trabajo el autor propone un esquema de asignación de recursos diferente, al cual llamó Esquema de Q ventanas hacia atrás, este esquema establece que todos los usuarios que deseen descargar y reproducir el video, tendrán la misma oportunidad de consumir recursos de otros usuarios conectados en la red y del servidor principal, además de que para garantizar una correcta distribución de recursos y evitar que algunos usuarios se encuentren en sobreabudancia y otros en penuria, se establece un parámetro llamado Q, que es la cantidad de ventanas superiores desde donde un usuario podrá consumir recursos.

En *Evaluación de esquemas de asignación de recursos para servicios VoD en redes P2P*el autor menciona las ventajas que ofrece una red híbrida CDN-P2P para la transmisión, descarga y reproducción de un video bajo demanda. En este tipo de redes los usuarios, llamados peer toman el papel de servidor y consumidor al mismo tiempo, con lo cual se incrementan los recursos disponibles al momento de descargar y reproducir un video. En este trabajo se realizan diversas comparaciones de esquemas de asignación de recursos con el fin de obtener puntos de mejora para proponer un nuevo esquema de asignación de recursos. Como resultado de esta investigación se tiene un esquema de asignación de recursos que tiene como parámetro a Q, que es la cantidad de ventanas hacia arriba que se tomarán en cuenta para obtener recursos, es decir, si un peer desea descargar la ventana i, los usuarios que le podrán proporcionar recursos son los usuarios que estén descargando la ventana j siempre y cuando i<j<i+Q. Por otro lado, este esquema es iterativo, es decir, si un video está constituido por N ventanas, el parámetro Q deberá cambiar en función de i+Q<N-1.

En *A comprehensive analytical frameworkforVoDservicesinhybridCDN-P2Psystems*el autor hace una evaluación de diferentes esquemas de asignación de recursos presentes en la distribución de contenido sobre redes CDN, P2P y redes híbridas CDN-P2P esto con el fin de obtener el desempeño que estos esquemas muestran frente a la distribución de video bajo demanda y así proponer uno nuevo. Con base en el modelo fluido que describe el autor, en el cual se describe el comportamiento de los peers y las reglas que se deben seguir para una correcta descarga y reproducción del video, el autor propone un nuevo esquema de asignación de recursos. Se menciona que en diversos esquemas sólo basta con que un peer desee descargar contenido de una ventana i y el grupo de peers en ventanas superiores, es decir, en ventanas j>i le proporcionarán recursos, sin embargo, el autor menciona que esta práctica inevitablemente genera una disparidad y provoca que algunos peers tengan más recursos que otros. En el esquema que propone, se asignan de manera equitativa tanto los recursos de los servidores CDN, como los recursos de los demás peers conectados al sistema. En este esquema se establece un parámetro de prioridad denotado por epsilon, el cual ayuda a tener mayor control sobre la cantidad de recursos asignado a un grupo de peers perteneciente a una ventana i. Finalmente el autor establece que este esquema es mejor en comparación con el esquema uniforme y el esquema PWA.

En *Esquemas de asignación de recursos para servicios de video en redes heterogéneas 5G*el autor propone un nuevo esquema de asignación de recursos llamado Distribución por Ventanas Priorizadas (DVP). La idea principal del esquema propuesto en este trabajo es asignar recursos con mayor prioridad en la subida a las partes del video que son más escasas, específicamente a las ventanas altas. Dentro de la asignación de los recursos por priorización de ventana existen dos tipos de recursos: los provenientes de los servidores y los provenientes de los seeds. El uso de DPV para asignar los recursos de los downloaders provee un esquema más flexible y eficiente ya que propicia que los downloaders en una ventana en específico aprovechen los recursos de downloaders en ventanas inmediatas superiores, que son inútiles para peers con progresos de descarga mayores. Finalmente, el autor realiza una generalización del esquema DPV y lo llama DVPG, esto con el fin de analizar de forma conjunta los recursos provenientes tanto de seeds como de downloaders.

En *Capacity of P2P on-demand streaming with simple, robust, and decentralized control* el autor analiza un archivo de video bajo demanda dividido en ventanas para ser consumido por diversos usuarios conectados al sistema. Estos usuarios reciben el nombre de peers y para poder descargar y reproducir el video deben consumir recursos. En este artículo el autor propone un esquema de asignación de recursos llamado INUA (Immediate-neighbors Uniform Allocation), el cual establece que un peer podrá obtener recursos de peers con un progreso de descarga mayor, es decir, un peer que se encuentra descargando la ventana j, podrá obtener recursos de usuarios en ventanas i>j. Al conjunto de ventanas con mayor progreso de descarga se le llama Uj y Mj es su longitud. Por lo tanto, las ventanas que pueden proporcionar recursos van desde j+1 hasta j+Mj.

**Conclusión:**

Con base en lo leído en la investigación se pudo redactar el estado del arte que permite conocer el estado actual del tema de investigación (esquemas de asignación de recursos) así como conocer las bases que se deben tomar en cuenta a la hora de asignar recursos. Por otro lado, esta actividad permite identificar la forma en que trabajan los esquemas y discernir si tiene o no puntos de mejora aplicables a la problemática que se trabaja en este proyecto.

# 3.- Esquemas

**Objetivo:** Seleccionar esquemas de asignación de recursos dentro de los enlistados en la literatura reportada que serán utilizados como base para el esquema a proponer en el presente proyecto.

**Descripción:**

Después de realizar la lectura de los artículos que hablan sobre los esquemas de asignación de recursos se realizó una tabla con las principales características de cada uno de los esquemas.

Posteriormente se seleccionaron aquellos esquemas que son más adecuados para los servicios de video en vivo y que serán tomados en cuenta para realizar el bosquejo del esquema de asignación de recursos propuesto en el presente proyecto.

El esquema de asignación de recursos uniforme no se encuentra reportado en la tabla, sin embargo, será tomado en cuenta para realizar la propuesta del esquema de asignación de recursos.

**Resultados:**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Esquema** | **Descripción** | **Asignación de Recursos** | **Origen de los Recursos** | **Criterio de Asignación de Recursos** |
| **Q Ventanas hacia atrás** | Consiste en distribuir los recursos variando el número de ventanas. Esta variación influye en la cooperación de todos los peers (seeds y downloaders) y se establece que los recursos provenientes de los servidores se dividen únicamente entre los downloaders. | Los downloaders ubicados en una ventana en específico podrán tomar recursos de los peers ubicados en ventanas inmediatas superiores. | \* Seeds  \* Downloaders  \*Servidores CDN | Q (número de ventanas de restricción) |
| **GPWA** | Establece un parámetro de prioridad para que una ventana reciba recursos de ventanas posteriores. El parámetro establece el grupo de peers que recibirá recursos de una ventana en específico. | Los leeches y los seeds comparten sus recursos con leeches con menor progreso en su descarga y los recursos de los servidores CDN se asignarán cuando no existan suficientes recursos en el sistema. | \* Seeds  \* Leeches  \*Servidores CDN | (parámetro para controlar el nivel de prioridad) |
| **DVPG** | Consiste en asignar los recursos de los downloaders a downloaders con menor progreso en su descarga, sin embargo, tienen mayor prioridad los downloaders ubicados en la ventana inmediata inferior para evitar penuria en algunas ventanas del sistema. Los recursos de los seeds y los servidores son aginados a downloaders en ventanas superiores. | Los recursos son repartidos de forma tal que los downloaders en ventanas superiores tengan un mayor ancho de banda asignado y que los recursos de las ventanas inferiores sean aprovechados por downloders en ventanas inferiores. | \* Seeds  \* Leeches  \*Servidores CDN | (parámetro de control de prioridad) |
| **INUA** | Establece que un usuario puede seleccionar aleatoriamente los recursos de peers con mayor progreso en su descarga, es decir, de peers en ventanas superiores. Sin embargo, lo deberán realizar bajo una condición que limita el rango de ventanas hacia adelante que puede solicitar como servidores. | Los peers de una ventana en específico (j) poseen el mismo avance en su descarga y por ende tienen la misma probabilidad de obtener recursos del grupo de ventanas habilitados para asignarles recursos. | \* Seeds  \* Leeches  \*Servidores CDN | M =QX (denota a un peer con mayor progreso en su descarga) |
| **PWD** | Consiste en asignar recursos provenientes de seeders y servidores CDN con mayor prioridad a los leeches que se encuentran descargando ventanas superiores, esto con la finalidad de que los recursos se distribuyan de una manera más equitativa y el sistema en general se encuentre en condiciones de abundancia. | La cantidad de recursos que se le asignará a los leeches será proporcional tanto al número de leeches en la ventana i como a la prioridad de ventanas más altas. | \* Seeds  \*Servidores CDN | (parámetro de control de prioridad) |

Como se menciono anteriormente, a pesar de que no encuentra reportado en la tabla el esquema de asignación de recursos uniforme; este será tomado en cuenta para realizar el análisis para bosquejar el esquema a proponer. Por otro lado, al analizar cada uno de los esquemas de asignación de recursos se decidió tomar como referencia los esquemas:

* Esquema de asignación de recursos Uniforme
* Esquema Q ventanas hacia atrás
* Esquema DPVG

Esto gracias a que a pesar de que son esquemas para servicios de video en vivo, tienen características similares que se pueden trasladar y mejorar para servicios de video en vivo.

**Conclusión:**

Después de analizar cada uno de los esquemas de asignación de recursos se pudo cotejar algunas similitudes que existen entre los servicios de video bajo demanda y video en vivo además de comprender la forma en la que los recursos son asignados en cada uno de ellos. En ese sentido, se decidió tomar como referencia aquellos que pueden ser aplicados a streaming en vivo y que aportan más información para generar ecuaciones y estadísticas de consumo de recursos que permitan proponer el esquema de asignación propio para el servicio de video en vivo.

# 4.- Análisis del funcionamiento de los esquemas de asignación de recursos

**Objetivo:** Analizar de forma detallada como se realiza la asignación de recursos en los esquemas seleccionados como referencia para proponer un esquema a servicios de video en vivo.

**Descripción:**

Con base en lo leído y analizado en los esquemas de asignación de recursos seleccionados se realizó un seudocódigo que permite entender el funcionamiento básico de cada uno de estos.

De forma general se identificó que todos los esquemas presentan el mismo comportamiento una vez que se ha determinado cuales son los peers de donde se obtendrán los recursos que utiliza un downloader para descargar el archivo de video.

**Resultados:**

*Esquema de Asignación de Recursos Uniforme*

Inicio

1.- Llega un usuario nuevo al sistema a la ventana

2.- Se define

3.- Repetición de Recolección

Se recolectan todos los seeds y downloaders en ventanas

Fin de Repetición

4.- Listado de peers con recursos disponibles

5.- ¿La tasa real de descarga es igual a la ideal de descarga?

Si: Almacenar los peers que asignan recursos y la cantidad de recursos

No: Se asignan recursos, ¿aún hay peers en la lista?

Si: Retornar a paso 4

No: Buscar recursos en el CDN y repetir condición Si del paso 5

6.- Generar estadísticas

Fin

*Esquema Q ventanas hacia atrás*

Inicio

1.- Llega un usuario nuevo al sistema a la ventana

2.- Se define que es el límite de ventanas

3.- Repetición de Recolección

Se recolectan todos los peers en ventanas

Fin de Repetición

4.- Listado de peers con recursos disponibles

5.- ¿La tasa real de descarga es igual a la ideal de descarga?

Si: Almacenar los peers que asignan recursos y la cantidad de recursos

No: Se asignan recursos, ¿aún hay peers en la lista?

Si: Retornar a paso 4

No: Buscar recursos en el CDN y repetir condición Si del paso 5

6.- Generar estadísticas

Fin

*Esquema DVPG*

Inicio

1.- Llega un usuario nuevo al sistema a la ventana

2.- Se define que es el parámetro de control

3.- Repetición de Recolección

Se recolectan todos peers que presenten con un índice alto

Fin de Repetición

4.- Listado de peers con recursos disponibles

5.- ¿La tasa real de descarga es igual a la ideal de descarga?

Si: Almacenar los peers que asignan recursos y la cantidad de recursos

No: Se asignan recursos, ¿aún hay peers en la lista?

Si: Retornar a paso 4

No: Buscar recursos en el CDN y repetir condición Si del paso 5

6.- Generar estadísticas

Fin

**Conclusión:**

Con base a lo analizado en los diferentes esquemas de asignación de recursos se pudo identificar que la gran mayoría de ellos presentan un comportamiento similar una vez que han sido asignados los recursos a un peer. Sin embargo, todos se diferencian por la forma en que asignan los recursos disponibles. El esquema uniforme por su parte asigna los recursos igualitariamente entre todos los usuarios conectado al sistema, pero este hecho puede generar condiciones de abundancia para algunos usuarios mientras que para otros la condición es de penuria. Por otro lado, el esquema de Q ventanas hacia atrás limita el rango de ventanas que pueden ser tomadas como fuente de recursos para usuarios en ventanas inferiores, aunque esto no resulta factible cuando el número Q es mayor al número restante de ventanas para llegar a N. Finalmente el esquema DVPG prioriza las ventanas más altas del video con la finalidad de evitar condición de penuria en todo el sistema.

# 5.- Análisis de escenarios por ventana

**Objetivo:** Analizar los posibles escenarios que pueden ocurrir en una ventana del archivo de video.

**Descripción:** Se realizó un análisis del comportamiento que tienen los usuarios al momento de visualizar un video para de esta forma identificar los eventos que pueden ocurrir en una ventana del archivo de video.

De forma general se pudieron identificar eventos que ocurren a lo largo de la transmisión de un video y cómo influyen estos en las poblaciones de cada una de las ventas que componen al archivo de video.

Es importante resaltar que los peers no son identificados de manera particular, sino que se les identifica como una población de peers que están descargando una ventana en particular.

**Resultados:**

Los eventos que se identificaron a lo largo de la descarga y reproducción de un video son:

Conexión de un peer: Sucede cuando un peer se conecta antes de iniciar la transmisión del video en vivo. El peer deberá recibir con mayor prioridad de un servidor CDN y posteriormente el deberá compartir recursos con peers que se conecten tiempo después. No necesariamente el peer recibirá el 100% de los recursos que necesita directamente de un servidor CDN, sino que puede recibir algún porcentaje de este y otro tanto de algunos otros peers.

Arribo de un peer: Sucede cuando un peer se conecta al sistema tiempo después de que inicio la transmisión en vivo. En este caso el peer recibirá recursos de acuerdo con algún esquema de asignación de recursos y generalmente recibe porciones de los recursos que necesita de diferentes peers habilitados para compartirle sus recursos.

Transferencia de un peer: Ocurre cuando un peer que estaba descargando la ventana ahora desea comenzar a descargar la ventana . Por lo que deja de formar parte de la población de la ventana y ahora forma parte de la población .

Desconexión de un peer: Por diversas razones un peer puede dejar de visualizar un video en vivo (mala conexión a internet, pérdida de interés en el contenido, fallas en su dispositivo, etc.) antes de que termine la transmisión del evento en vivo. Por lo tanto, si un usuario que estaba descargando y reproduciendo la ventana la población de esa ventana se decrementará en 1.

De forma general la población de cualquier ventana se ve alterada por una transferencia o desconexión de un peer. Sin embargo, el arribo de un peer solo se puede dar en la ventana , que representa a la ventana con retardos respecto a la ventana actual . La ventana se eligió para que los peer se conecten tiempo después de iniciada la transmisión con la finalidad de conservar condiciones de abundancia en el sistema y que paulatinamente el peer vaya visualizando el contenido en la ventana , que es la ventana que se genera al momento de que sucede la transmisión.

Por otro lado, la conexión de un peer ocurre únicamente en la ventana puesto que es la única ventana que se ha generado al iniciar la transmisión en vivo.

En este sentido se ha optado por denotar a la población de peers que se encuentran descargando una ventana como que representa el número de peers situados en la ventana . Y según el evento que ocurra, esta población puede tener un incremento o decremento en 1 unidad.

**Conclusión:**

Con base a lo realizado en esta actividad se puede bosquejar como irá cambiando el estado de la cadena de Markov una vez que ocurra un evento en la visualización de la transmisión en vivo. Por otro lado, esta actividad ayuda a generar la nomenclatura adecuada para identificar a los peers y las ventanas que componen al video. Finalmente, con esta actividad se conoce la forma en que se modifica la población de una ventana.

# 6.- Análisis de la conexión de peers

**Objetivo:** Analizar el proceso de conexión de *peers* antes de iniciar la transmisión.

**Descripción:**

Después de analizar los eventos que se generan a lo largo de la descarga y reproducción de una transmisión en vivo se procedió a analizar cada evento de forma detallada. Para el caso de esta actividad se estableció en primer lugar como es que se genera la conexión de un peer al momento de iniciar la sesión o momentos previos a que comience.

**Resultados:**

Generalmente cuando un usuario desea visualizar el contenido de una transmisión en vivo se conecta a la hora indicada en que comenzará el evento, sin embargo, existen algunos usuarios que se conectan momentos previos a que se comience la transmisión y lo único que pueden visualizar es una pantalla en color negro o bien algún slide con información alusiva al evento.

Por objetivos del proyecto solo se analiza el caso en el que el usuario se conecta justo al momento de iniciar la transmisión.

Una vez que inicia la transmisión todos los usuarios, ahora llamados peers, se conectarán a la ventana que es la ventana más actual, es decir, la ventana que se esta generando en el momento que suceden los acontecimientos. Los usuarios se conectan a tasa , que indica la cantidad de peers por segundo que se conectan al sistema, este parámetro se obtendrá de valores estudiados y reportados en trabajos relacionados.

Algunos de los peers que se conecten al iniciar la transmisión recibirán los recursos de los servidores CDN en su totalidad, con el fin de qué estos peers sean candidatos para compartir sus recursos con usuarios que se conecten tiempo después al sistema.

Sin embargo, todos los usuarios deben recibir los recursos adecuados para descargar y reproducir el contenido de video cuando se conectan al sistema. Debido a que no todos los usuarios pueden obtener el 100% de los recursos que necesitan de un servidor CDN, algunos peers únicamente obtendrán un porcentaje de estos. Este hecho ayuda a que el sistema no entre en condiciones de penuria y exista la mayor cantidad de recursos disponibles para todos los usuarios que deseen visualizar la transmisión en vivo.

A la población que se encuentre descargando y reproduciendo la ventana se le denotara como , los cuales compartirán sus recursos con usuarios en ventanas . Y podrán obtener recursos de los servidores CDN o de peers en . Esta población únicamente se ve afectada cuando un peer abandona el sistema o cuando un peer en la ventana se transfiere a la ventana .

**Conclusión:**

Con base en lo analizado se puede comenzar a generar las ecuaciones que indiquen los porcentajes de recursos que obtiene un peer a partir de los servidores CDN y de otros peers conectados al sistema. Por otro lado, esta actividad permite visualizar la forma en la cual sucede cada uno de los eventos dentro del sistema y su repercusión en el estado de la cadena de Markov y la condición del sistema (abundancia o penuria).

# 7.- Análisis de la llegada de nuevos peers

**Objetivo:** Analizar el arribo de *peers* después de iniciada la transmisión.

**Descripción:**

Determinar cómo se va a realizar la asignación de recursos a los peers que se conecten después de haber iniciado la transmisión del video. Definir a dónde se va a conectar para obtener el ancho de banda necesario para descargar y reproducir el vídeo en vivo, si su fuente va a ser directamente el servidor CDN o se deberá conectar a un peer que tenga todas las ventanas de video desde el inicio de la transmisión.

**Resultados:**

La conexión de un nuevo peer al sistema siempre va a realizar en la ventana y a tasa . Dicha ventana tiene retardos respecto a la ventana generada en tiempo real y por lo tanto aún se puede considerar como una experiencia de streaming en vivo.

En primera instancia el peer que arribo al sistema tiempo después de iniciar la transmisión debe conectarse a otro peer que haya ingresado desde el inicio de la transmisión, siempre y cuando el peer este peer cuente con los recursos suficientes para compartir, de manera general no solo es un peer, sino que existe un grupo de peers candidatos para ser fuente de recursos a los peers que se conecten más tarde. En caso de que el peer que recién se conectó no pueda obtener recursos de un grupo de peers, deberá solicitarlos directamente al servidor CDN.

Los peers que brinden ancho de banda deberán permanecer en el sistema a lo largo de la transmisión en caso contrario se procede a realizar una segunda asignación de recursos con la finalidad de que ningún peer los pierda y disminuya la calidad en su servicio.

**Conclusión:**

Con esta actividad se observa que la conexión entre peers busca no saturar al servidor CDN y de esta manera se logre tener una condición de abundancia a lo largo de la transmisión del video además de garantizar mejores parámetros de QoS y QoE.

# 8.- Análisis de la desconexión de los peers

**Objetivo:** Analizar la desconexión de *peers* antes de que finalice la transmisión.

**Descripción:**

Verificar las conexiones que tienen los peers que abandonan la transmisión del contenido en directo sin antes haber finalizado, es puntual decir que se generan cuatro casos distintos para la desconexión de un solo peer.

**Resultados:**

La desconexión de un peer se realiza a tasa teta y se tiene la siguiente tabla con los 4 casos posibles.

|  |  |
| --- | --- |
| **Caso** | **Descripción** |
| Primero | El peer que se desconectó estaba conectado directamente al servidor CDN y que no era punto de acceso para un peer que llego después de iniciada la transmisión. |
| Segundo | El peer que abandona la conexión estaba conectado al servidor CDN y a su vez tenia a otro peer conectado a él. |
| Tercer | El peer que abandona la transmisión estaba conectado a otro peer y no tenía ningún peer conectado a él. |
| Cuarto | El peer que abandona el sistema estaba conectado a otro peer y a su vez el peer que abandona tenía otro peer conectado a él. |

**Conclusión:**

Unavez que se analicen todos los casos mencionados y como trabajará en sistema se podrán obtener ciertas estadísticas. Tales como: la cantidad de peers que se desconectan antes de terminar la transmisión, los peer conectados directamente al servidor, los peers que son punto de acceso a otros peers, etcétera.

# 9.- Análisis de la transferencia de un peer a la ventana superior

**Objetivo:**Analizar el proceso de descarga de una ventana de vídeo.

**Descripción:**

Obtener el porcentaje de la ventana que se encuentra descargando un peer además de analizar si este peer está recibiendo dicho porcentaje del servidor CDN, de diferentes peers o de ambos.

**Resultados:**

La descarga de una ventana se considera completada una vez que el peer ha recolectado los chunks que componen a esa ventana. Un peer puede obtener estos pequeños fragmentos de las ventanas totalmente del servidor CDN, de diferentes peers que cuenten con estos fragmentos en su buffer o un caso híbrido (CDN y peers).

La tasa de descarga de ventanas está en función de la tasa de subida proporcionada por los peers y por los servidores CDN y con ella se podrá determinar si el peer será transferido a la ventana siguiente. De esta manera si el peer se encontraba en la ventana y el sistema determina que está listo para descargar la ventana , este será transferido a una tasa . De esta manera este peer ahora podrá ser enlace de otros peers en ventanas posteriores para que les transfiera algún porcentaje de las ventanas que este ya tiene en buffer.

**Conclusión:**

Con el análisis anterior se puede observar la tasa de descarga que se tiene en el sistema para que un peer pueda almacenar una ventana del vídeo y además se puede conocer la tasa a la que será transferido a la siguiente ventana para iniciar un nuevo proceso de descarga.

# 10.- Modelado del comportamiento de los peers

**Objetivo:**Obtener los distintos estados que puede presentar el sistema.

**Descripción:**

Verificar los posibles estados en los cuales se puede encontrar un peer dentro de la transmisión ya sea al inicio, durante y antes de finalizar la transmisión.

**Resultados:**

Se tienen estados que representan el comportamiento de los peers y en concreto el evento que ocurrió dentro del sistema. Por objetivos del proyecto se trabaja bajo el supuesto de que únicamente ocurre un evento a la vez.

Algunos de los eventos son los arribos antes de iniciar la transmisión, conexión de peers después de iniciada la transmisión, desconexión de peers antes de finalizar la transmisión, desconexión de peers al finalizar la transmisión y transferencia de un peer a las ventanas superiores de acuerdo con la ventana que se encuentren descargando.

El estado de la cadena es representado con un vector de poblaciones, es decir, cada elemento de dicho vector representa las poblaciones existentes en cada de las ventanas que componen al vídeo. Y su incremento o decremento depende únicamente de la ocurrencia de alguno de los eventos.

**Conclusión:**

Al analizar el comportamiento de la conexión y/o desconexión de los peers se pueden obtener diversas estadísticas sobre la evolución del sistema y el modelado con cadenas de Markov. Con base en este análisis se tiene una idea más amplia de como establecer el esquema de asignación de recursos y la evolución reflejada en el estado de la Cadena de Markov.

# 11.- Diseño del nuevo esquema de asignación

**Objetivo:**Diseñar un nuevo esquema de asignación de recursos entre *peers* para los servicios de vídeo en vivo*.*

**Descripción:**

Después de observar el comportamiento de los peers acorde al tiempo de subida de las ventanas del video, el tiempo de descarga de las ventanas, el tiempo de conexión y el tiempo de desconexión, se pueden establecer las expresiones necesarias para conocer la cantidad de recursos necesarios para que el sistema se encuentre en condición de abundancia y todos los peers conectados puedan tener una buena calidad en la experiencia.

Después de establecer las expresiones que indiquen la cantidad de recursos necesarios se procederá a analizar qué grupos de peers son adecuados para compartir recursos con peers que tengan menor progreso en la descarga del vídeo.

**Resultados**:

Con base en el análisis del comportamiento de los peers se plantea desarrollar un esquema de asignación de recursos conveniente para los servicios de vídeo en vivo.

El nuevo esquema de asignación de recursos se pretende sea una mezcla de algunos esquemas analizados anteriormente. Dichos esquemas serán modificados y adaptados para que tengan un buen funcionamiento en este tipo de servicios.

Por ahora no se ha establecido un esquema definido para este proyecto debido a que aún se está analizando la cantidad de ventanas que se deben tomar como retraso y se considere que el usuario tiene aún una experiencia en tiempo real.

**Conclusión:**

Después de haber analizado el comportamiento que presentan los peers conectados a un servicio de vídeo se espera definir un esquema de asignación de recursos en función de las tasas presentes dentro del sistema y sobre todo establecer con certeza cuáles son los grupos de peers óptimos para compartir recursos tomando siempre en cuenta que el sistema debe conservar estabilidad respecto a las condiciones de abundancia.

# 12.- Proposición de cadena de Markov

**Objetivo:** Obtener una cadena de *Markov* que ilustre el cambio en los estados del sistema.

**Descripción:**

Se realizó un diagrama que representa la cadena de Markov con los diversos estados que pueden existir en el sistema una vez que ocurra un evento.

En dicho diagrama se plasmó la dirección y el resultado que se obtendrá al ocurrir un evento en específico, así como las tasas a las cuales puede ocurrir un evento.

**Resultados:**

Diagrama

Descripción generada automáticamenteA priori se tiene la siguiente cadena de Markov:

En la parte central se encuentra el estado inicial, es decir, aún no existe ningún peer conectado a la transmisión del contenido en vivo.

En la parte superior se representa la conexión de peers una vez que inicia la transmisión.

En la sección derecha se representa la desconexión de los peers antes de finalizar la transmisión del contenido en directo.

Y finalmente en la parte inferior se representa la transferencia de un peer una vez que ha termino la descarga de una ventana.

**Conclusión:**

Con base a lo analizado previamente se puede conocer el comportamiento de los peers una vez que se encuentren conectados al sistema y cual será grosso modo el desempeño del sistema en general. Por otro, esta actividad permite visualizar de forma implícita como se puede generar la asignación de los recursos una vez que la transmisión del video este en curso además de que se puede visualizar la cantidad de usuarios interesados en el material y generar una idea de los recursos que necesitan para que se tenga una buena calidad en la experiencia y en el servicio.