

Arquitectura de Soporte Propuesta para manejo de Routing Multicast para MM sobre Internet

Lic. Murazzo, María Antonia

Lic. Rodríguez, Nelson Rubén

Departamento de Informática
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Universidad Nacional de San Juan
Cereceto y Meglioli - CUIM - Rivadavia (5400) - San Juan - Argentina
{marite, nelson}@iinfo.unsj.edu.ar

1- Introducción

Las aplicaciones de red tradicionales, involucran comunicaciones de tipo unicast o broadcast, las cuales pueden realizarse en tiempo diferido, en ambientes de LAN's. En la actualidad, el trabajo de red se esta trasladando al ámbito de las WAN's y el modelo de trabajo se concentra en una *Arquitectura Centrada en la Red* en la cual las *Aplicaciones Emergentes* son del tipo MM y con la necesidad de correr en ambientes colaborativos.

IP Multicast tendrá un rol importante en Internet en los próximos años. Esto permitirá a los desarrolladores de aplicaciones adicionar más funcionalidad sin impacto significativo en la red.

2- Características de las Aplicaciones MM

Los datos, la voz y el video poseen diferentes requerimientos de QoS. Las aplicaciones MM, imponen requerimientos sobre la internetwork puesto que el tráfico que producen debe ser entregado con cierto esquema predeterminado o de lo contrario será inútil, a diferencia de los servicios de mejor esfuerzo, donde las variaciones de latencia no son importantes.

En general cuando se habla de aplicaciones MM, ya sean en tiempo real o no, requieren recursos de la red a los fines de obtener alta calidad. Los principales requerimientos son:

- *Suficiente Ancho de Banda*
- *Baja Latencia*
- *Mínimo Delay entre extremos*
- *Bajo Jitter*
- *Capacidad Multicasting*

Las aplicaciones *interactivas y en tiempo real*, son altamente sensitivas al *delay acumulado* o *latencia*. El retardo entre extremos se mide como el tiempo que toma desde el envío de datos por el emisor hasta la recepción de los mismos en el extremo final de la conexión, por lo que los esquemas de red contribuyen a la latencia en varios aspectos:

- *Delay de Propagación.*
- *Delay de Transmisión.*
- *Delay de Procesamiento.*
- *Delay Queueing.*

De manera general la latencia esta compuesta por dos grandes factores: *delay en la transmisión* y *delay queueing*. Cuando la red provee la posibilidad de que exista latencia variable para diferentes paquetes esto se denomina *jitter* el cual es particularmente destructivo para transmisiones de audio. El efecto de jitter se produce fundamentalmente como función del delay queueing y puede ocurrir en los puntos extremos de la conexión o en los mecanismos de interconexión.

Hay que tener en cuenta que al trabajar con información MM se requiere de protocolos de compresión que permitan disminuir la cantidad de espacio de almacenamiento. Estos protocolos se van a encargar de realizar tareas en los extremos de la conexión, tales como:

- *Digitalización.*
- *Compresión / Descompresión.*
- *Multiplexión / Demultiplexión.*

2.1- Clasificación de la Información con Restricciones MM

La información MM puede ser clasificada en *continua* y *no continua*. Los datos continuos tienen ciertas características asociadas de tiempo. Por lo tanto un aspecto importante es que debe existir la seguridad de que los datos no pierdan su continuidad. Teniendo en cuenta este aspecto, cuando se habla de manejo de tráfico MM en red este se puede dividir en tres categorías:

- *ABR (Available Bit Rate).*
- *VBR (Variable Bit Rate).*
- *CBR (Constant Bit Rate).*

Esta clasificación, nos permite realizar otra un poco más general, que tiene en cuenta la cantidad de recursos de red que cada aplicación necesita. Considerando esto, el tráfico MM se puede clasificar en dos grandes grupos:

- *Elástico.*
- *Inelástico.*

El tráfico elástico es fácil de caracterizar, no así el inelástico. Para realizar una especificación del tráfico en tiempo real se deberán declarar los requerimientos esto es lo que se llama *Flow Specification*. Un *flow* es una secuencia de mensajes que tienen el mismo origen, el mismo destino o ambos y los mismos requerimientos de QoS.

Las aplicaciones MM poseen niveles de QoS bien definidos, los que se comunican a la red a través de un *flowspec*, el que se define como una estructura de datos usada por los nodos de la red para requerir servicios especiales. Los Atributos que deben especificarse son:

- *La Taza de Datos Promedio.*
- *La Mayor Cantidad de Datos que el Router pondrá en Cola.*
- *El Mínimo QoS.*

3- Consideraciones de Diseño

En este punto se debe tener en cuenta dos aspectos, la *distribución de la información* y los *requerimientos que demandan de la red las aplicaciones*. Con respecto al primer aspecto, existen tres formas básicas de realizar la distribución de la información en ambientes de red: *Unicast*, *Broadcast* y *Multicast*.

En relación con los requerimientos que las aplicaciones demandan de la red las es necesario contar con Protocolos de Ruteo que tengan en cuenta las *Restricciones de QoS*.

4- El Problema de la Distribución de Información

En la actualidad uno de los problemas que presenta Internet es el manejo de las comunicaciones multicast, puesto que el emisor envía tantos paquetes como destinatarios existen, esto provoca un considerable desperdicio de ancho de banda y además, de memoria y procesamiento de la máquina emisora. Esto se debe a que el multicast se maneja como varios unicast y este último es poco escalable.

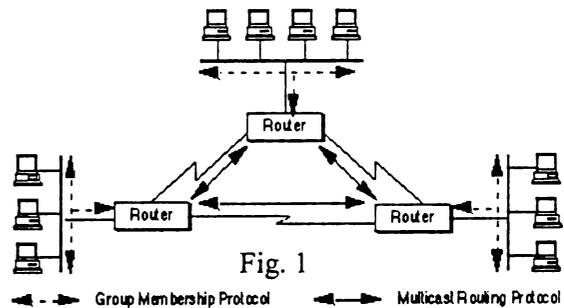
La opción más adecuada es la montar un soporte de multicast real, en donde el emisor envíe una copia del mensaje al router y este se encargue de generar tantos mensajes multicast como subredes destino haya. Este multicast se puede implementar al nivel de la Capa de Enlace o de la Capa de Red.

El primer caso es excelente cuando la red se limita al ámbito de una LAN, debido a que las normas para este tipo de redes lo soportan. Sin embargo, en la actualidad aunque se trabaje en ambientes de LAN, esto se hace pensando en la interconexión con Internet en donde existen múltiples tecnologías de red.

Debido a esto es que se hace necesario implementar el multicast en la Capa de Red para lo cual se deben definir ciertos parámetros: *Direccionamiento*, *Registración Dinámica* y *Routing Multicast*.

Con el objetivo de encontrar una solución a la falta de escalabilidad del unicast la IETF desarrolló IP Multicast, el cual se ha estado incorporando a productos de software, en los router, y últimamente el soporte de S.O.

- *Direccionamiento*: Para lograr esto Internet maneja las direcciones de clase D.
- *Registración Dinámica*: Esto se realiza mediante el uso del protocolo *IGMP (Internet Group Management Protocol)*.
- *Routing Multicast*: Este es uno de los temas más difíciles de resolver debido a que se requiere de protocolos de ruteo adicionales entre los cuales podemos mencionar:
 - *DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol)*
 - *MOSPFF (Multicast Open Shortest Path First)*
 - *PIM (Protocol Independent Multicast)*



El dinamismo de la pertenencia o no de los miembros a cada grupo hace que el *Routing Multicast* sea más complejo que el *Unicast*. Una forma de manejar este tema es que el emisor mantenga una tabla con todos los destinatarios y periódicamente informe a los router sobre su modificación. El problema de que se presenta es el bajo rendimiento y la poca escalabilidad.

Otra forma es la interrelación de los router entre sí intercambiando información entre ellos, más aún para evitar redundancia la solución óptima es designar a un router por cada subred

interconectada como *Multicast Router* quien concentra toda la información y se encarga de distribuirla usando el protocolo IGMP.

Sin embargo, para entregar un paquete multicast desde el emisor a los nodos receptores en otras redes, los *mrouter*s necesitan intercambiar la información que ellos han recogido directamente de los miembros de grupo conectado a ellos.

Para lograr esto se han desarrollado *Algoritmos de Ruteo*, que permiten construir árboles multicast a través de los cuales los paquetes multicast pueden entregarse a los nodos destino. Estos algoritmos son usados para implementar los *Protocolos de Ruteo*, y podemos mencionar:

- *Flooding*.
- *Spanning Trees (ST)*.

Obviamente este último algoritmo es más ~~optimo que el de Flooding debido a que hace mejor uso de los recursos de ancho de banda, sin embargo posee algunos problemas. Por ello, es que se han generado variantes, entre las cuales podemos mencionar:~~

- *Reverse Path Broadcasting (RPB)*.
- *Truncated RPB (TRPB)*.
- *Reverse Path Multicasting (RPM)*.
- *Core - Based Trees (CBT)*.

Sobre la base de los *Algoritmos de Ruteo* anteriores se desarrollan los *Protocolos de Ruteo Multicasting* para que sean usados por los routers multicast y así determinar cuando enviar y hacia donde los paquetes multicast. Entre los protocolos existentes podemos mencionar:

- *DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol)*
- *MOSPF (Multicast Open Shortest Path First)*
- *PIM (Protocol Independent Multicast)*

Los Algoritmos y Protocolos Multicast siguen una de dos posibilidades básicas que depende de la distribución de los miembros de grupo multicast a lo largo de la red:

- *Modo Denso*
- *Modo Disperso*

Otro aspecto importante que se debe tener en cuenta es que IP Multicasting no es soportado en todas las subredes. En este caso las subredes que soportan IP Multicasting forman *islas* con capacidad multicast que se comunican entre si mediante *tunneling*, tal como lo muestra la Fig. 2. Los *tunnels* se encargan de propagar los paquetes multicast, entre las islas, dentro de paquetes

unicast por las zonas donde el multicast no es soportado. Para lograr esto cada isla debe tener un *mrouter*, los que se conectan entre sí a través de *tunnels*.

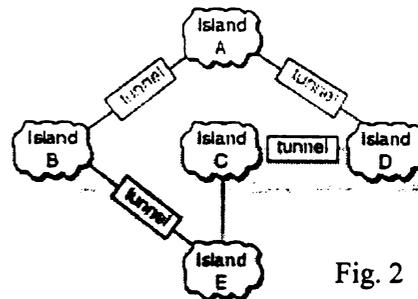


Fig. 2

Para permitir esto se puede trabajar con DVRMP sobre DVRP o con MOSPF sobre OSPF. A pesar de todo las redes híbridas, provocan que los router deban manejar tráfico unicast y multicast. Si bien un *mrouter* maneja adecuadamente el tráfico unicast, debe mantener ~~doble tablas de ruteo con lo que el tráfico multicast puede no circular por la ruta más adecuada.~~

Hasta ahora se a tratado el problema del desperdicio de ancho de banda por envío de múltiples copias de un mensaje, sin embargo existe el problema que TCP es orientado a la conexión. Esto hace que Internet posea una estructura de QoS de Mejor Esfuerzo.

Para solucionar esto IP Multicast se monta sobre UDP con lo que se elimina el uso innecesario de ancho de banda y tiempo, pero se gana en falta de *Confiabilidad* volviendo a la arquitectura susceptible a fallas, tales como:

- *Circunstanciales o transitorias*
- *Definitivas o de sistema*

Para evitar esto se hace necesario contar con protocolos extras que brinden confiabilidad, entre los cuales podemos nombrar:

- *RMP (Reliable Multicast Protocol)*
- *SRM (Scalable and Reliable Multicast)*
- *MFTP (Multicast FTP)*
- *RMTP (Reliable Multicast Transfer Protocol)*
- *PGM (Pragmatic General Protocol)*

Además de estos podemos mencionar otros que se montan como una sub capa superior de la capa de red:

- *RMNP (Reliable Multicast Network Protocol)*
- *CTES (Control Tree base on End Systems)*

Es de fundamental importancia contar con implementaciones de estos protocolos para brindar seguridad en las transmisiones, debido a que en Mbone, entre el 38% y el 72% de los paquetes multicast se pierden en al menos un receptor.

5- El Problema de los Requerimientos que se demandan de la red

Como ya se ha mencionado anteriormente, las aplicaciones MM poseen características especiales en relación a los recursos que necesita de la red para funcionar en forma correcta. Sin embargo este aspecto no se tiene en cuenta en el *Esquema Tradicional de Internet*.

En la actualidad el mayor problema radica en los protocolos usados, pues sustentan un *Modelo de Mejor Esfuerzo*. Esta forma de manejar el tráfico no es problemática para ~~aplicaciones tradicionales~~, el problema se presenta en aplicaciones MM en donde debe haber un tráfico de datos a velocidad constante con entrega ordenada de paquetes, y en algunos casos con entregas a múltiples destinos.

Para implementar estas características se han desarrollado dos mecanismos: *RSVP (ReSerVation Protocol)* y *RTP (Real-Time Transport Protocol)* estos permiten que las aplicaciones sensitivas al delay puedan incluir su propio mecanismo de temporización como parte del paquete de datos. De esta forma cada datagrama incluirá una especificación de tiempo para el destino, esto permitirá que los paquetes se reordenen en orden y a un mismo ritmo.

- RSVP provee soporte para reservación de bandwidth y QoS. Para ayudar a minimizar los delay en la red RSVP provee los medios para definir *Clases de Tráfico de Red* dependiendo de la tolerancia que puede soportar las aplicaciones en las variaciones de tiempos en la red, o sea, que trabaja con *Servicios Garantizados y Mejor Esfuerzo*.
- RTP ayuda a manejar las conexiones entre extremos para minimizar el efecto de la pérdida de paquetes y el delay sobre servicios de red multicast o unicast. No realiza reservación de recursos, ni provee calidad de servicio garantizado.

IP Multicast puede usarse con RSVP y RTP. RTP puede funcionar independientemente de RSVP, sin embargo, RSVP proveerá de mejoras en la calidad de la conexión RTP.

El objetivo es definir una estructura de tipo *ISPN (Integrated Services Packet Network)* capaz de soportar comunicaciones que requieran *Servicios de Mejor Esfuerzo y Servicios Garantizados*. Para lograr esto, es necesario contar con algoritmos y protocolos de routing basado en QoS capaces de manejar *Reservación de Recursos para Servicios Garantizado*.

5.1- Definición de las Restricciones

Los algoritmos de routing que se están empleando en la actualidad en Internet se basan en los *Algoritmos SP (Shortest Path)*, en donde las métricas solo evalúan un parámetro de QoS: *número de saltos o delay promedio de la ruta*. El problema de este algoritmo es que no encuentra una ruta que satisfaga varias restricciones de QoS, tales como ancho de banda, delay, jitter, y perdida de paquetes, las cuales se requieren ~~cuando se trata de tráfico MM~~.

5.2- Definición del Problema de la Reserva de Recursos

Se asume que una red de comunicaciones se puede modelar como un grafo conectado $G=(V, E)$, donde V representa el número de nodos y E el número de links.

| | |
|----------------------|--------------------------------|
| $h(e) = h(u, v) = 1$ | <i>Salto</i> |
| $c(e) = c(u, v)$ | <i>Costos</i> |
| $d(e) = d(u, v)$ | <i>Delay</i> |
| $b(e) = b(u, v)$ | <i>Ancho de Banda Promedio</i> |
| $j(e) = j(u, v)$ | <i>Jitter</i> |
| $l(e) = l(u, v)$ | <i>Perdida</i> |

del link e , que conecta los nodos u y v

Dado un nodo s llamado *Nodo Emisor*, y un nodo z llamado *Nodo Destino*, donde $s, z \in V$, el problema es encontrar una ruta de s a z , $P(s, z) = P(s, j, k, \dots, l, z)$ tal que consuma el mínimo de recursos, o sea, debe satisfacer todas las restricciones de QoS.

$$H(P) = \text{MIN}_{P_i \in P} \sum_{(s,z) \in P} h(e) \quad (1)$$

$$C(P) = \text{MIN}_{P_i \in P} \sum_{(s,z) \in P} c(e) \quad (2)$$

$$B(P) = \text{MIN}_{(s,z) \in P} \sum_{e \in P} [b(e)] \geq \Delta_{\text{bandwidth}} \quad (3)$$

$$D(P) = \sum_{e \in P} d(e) \leq \Delta_{\text{delay}} \quad (4)$$

$$J(P) = \sum_{e \in P} j(e) \leq \Delta_{jitter} \quad (5)$$

$$L'(P) = \prod_{e \in P} l'(e) \leq (1 - \Delta_{loss}) \quad (6)$$

Donde:

H(P), C(P), B(P), D(P), J(P) y L'(P) representan el número de saltos, costo, ancho de banda promedio, delay, jitter y la pérdida de paquetes sobre la ruta P (s, z). y P'(s,z) es el conjunto de todas las posibles rutas desde s a z, que satisfagan todas las restricciones de QoS definidas en las ecuaciones (1), (2), (3), (4), (5) y (6).

Si consideramos el ISM (Integrated Service Models) de Internet, basado en Clase de Servicio Garantizado, este es Determinístico. En este caso la Pérdida de Paquetes debe ser cero, o sea, se debe asegurar que no ocurra pérdidas en las colas. Esto lleva a redefinir (6), incorporando la restricción de Espacio de Buffers.

$$\forall c = (u, v) \in P, f(e) \geq \Delta_{buffers}^c \quad (7)$$

Donde:

$$f(e) = f(u, v) \text{ y}$$

$f(e)$ y $\Delta_{buffers}^c$ representa la cantidad de buffers disponible y el espacio de buffers requerido para que no existan pérdidas de paquetes desde u a v sobre el link e.

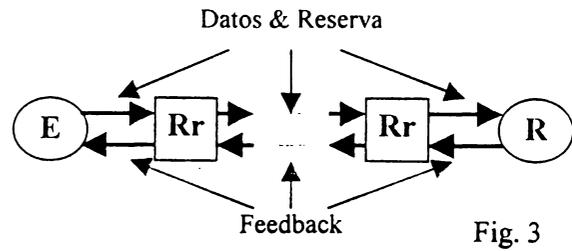
Estas restricciones de QoS se clasifican en: *Cóncavas*, *Aditivas* y *Multiplicativas*. La restricción de ancho de banda (3) es una restricción cóncava, las restricciones de delay (4) y jitter (5) son restricciones aditivas y por último, las restricciones de probabilidad de pérdidas (6) es una restricción multiplicativa.

Si se encuentra una ruta que satisfaga n restricciones aditivas y k restricciones multiplicativas donde $(n + k \geq 2)$ es un problema NP-completo.

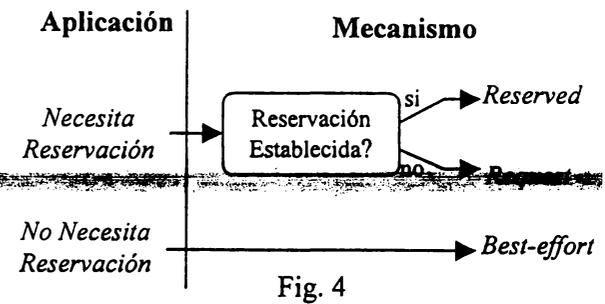
5.3- Modelo del Problema de la Reserva de Recursos

La intención es proveer un servicio de red tan determinístico como sea posible, lo cual se logra introduciendo el concepto de *flow*, permitiendo distinguir el tráfico sensitivo del que no lo es, lo cual permitirá a los routers tratar a ambos en forma diferente. Para lograr esto se

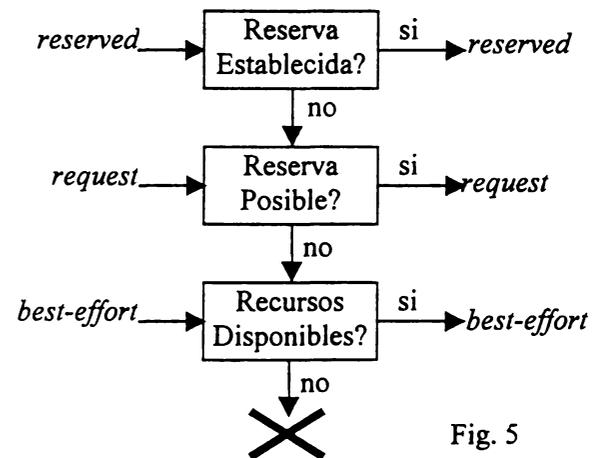
deberá contar con dos protocolos: *de reserva* y *de feedback*.



El emisor envía paquetes que contienen *datos* y un *paquet type*, este puede ser: *Reserved*, *Request* y *Best-effort*. La asignación del tipo de paquete la realiza el emisor de acuerdo a la Fig. 4



Cada router procesa los paquetes de acuerdo a la Fig. 5



De esta forma nos aseguramos que exista *Reservación Dinámica en los Routers*, la cual se realiza tomando un *intervalo de observación* y, contando los *paquetes request* y aceptados, mas los *paquetes reserved* durante el. D esta forma se puede estimar la capacidad de reserva disponible por el routers para un periodo de tiempo (t+1) a partir de in periodo de tiempo t:

$$reserve_{t+1} = request_t + reserve_t$$

Para un efectivo Routing Multicast que responda a restricciones de QoS, será necesario contar con un algoritmo que construya el ST, donde cada in-tree router procesará la

información de reserva, y los receptores usará, el mismo ST siguiendo el camino inverso para enviar la información de feedback.

6- Modelo del Problema para la Distribución de Información con QoS

El objetivo del Routing Multicast es encontrar un árbol el cual es ruteado desde un nodo fuente y contiene todos los destinos multicast. A su vez el algoritmo debe satisfacer los requerimientos para la transmisión multimedia, o sea, multicast en tiempo real, por lo tanto los mensajes deben ser recibidos por los destinatarios dentro de límites específicos de delay a un costo de red óptimo.

En comunicaciones en tiempo real una conexión lógica debe ser establecida antes de que ocurra cualquier transmisión e datos. Durante la configuración de la conexión se deberán negociar los parámetros a fin de garantizar la QoS. Existen dos pasos en el establecimiento de una conexión multicast: el algoritmo de routing y la configuración de la conexión.

El primero consiste en encontrar un árbol de routing el cual tiene raíz en el emisor y links en todos los receptores. La configuración de una conexión consiste en configurar la nueva conexión en cada nodo en el árbol, el cual incluye reserva de recursos, registro de la conexión en una tabla de switching usada para identificar los paquetes entrantes y a los links a los que debe salir.

Debido a que todos los paquetes deberán seguir la ruta configurada durante la conexión, es importante que la conexión multicast seleccione un árbol de routing cuyo costo de red sea mínimo. El costo de red de un árbol es definido como la suma de los costos de todos los links en el árbol. Encontrar tal árbol en una red es llamado el *Problema del Arbol del Steiner*, el cual es *NP-Completo*.

Existen dificultades de aplicar algoritmos heurísticos para aproximar al Problema del Arbol del Steiner. La primera es desarrollar el routing en forma totalmente distribuida, dado que los algoritmos heurísticos propuestos son centralizados por naturaleza. Estos requieren un nodo central que es responsable de la computación del routing del árbol entero y tiene la información de estado de toda la red. La segunda dificultad es la generación de routing óptimo dentro de ciertos valores de delay.

La tercera dificultad es la integración del routing con la configuración de conexión en una

operación de una sola fase. La mayoría de los métodos existentes primero generan el árbol de routing (o sea, establecen la conexión) y posteriormente se negocia con cada destino los parámetros de QoS, lo cual incurre en más costos de comunicación de red y alarga el tiempo para establecer la conexión.

La topología de una red es conocida y representada por un grafo conectado $G(V,E)$, donde cada nodo en el grafo representa un router en la red y los arcos corresponden a los links entre los nodos.

Cada links $l \in E$ es asociado con dos parámetros $c(l)$ y $d(l)$. Donde $c(l)$ denota el costo de comunicación de l , el cual puede ser el número de saltos de l en la red; $d(l)$ es una medida de retrasos que los mensajes soportan en l , el cual incluye el queuing (espera en cola), transmisión y componentes de propagación.

~~Asumimos que los dos parámetros $c(l)$ y $d(l)$ tiene la siguiente relación:~~

$$\forall l_1, l_2 \in E : \text{si } c(l_1) \geq c(l_2) \text{ entonces } d(l_1) \geq d(l_2)$$

Al asumir esto el camino de menor costo entre dos nodos (por ejemplo, el camino más corto en términos de costo) es siempre el camino de retrasos más corto entre ellos.

Lo asumido es razonable en la mayoría de las redes de comunicación de datos. Por ejemplo cuando el costo es medido en número de saltos, porque el camino con el menor número de saltos es usualmente el camino de retraso más corto.

Una operación unicast transmite desde una sola fuente s a un solo destino t . Una operación multicast transmite un mensaje a varios nodos destino (un grupo). Una ruta multicast siempre toma la estructura de un árbol para reducir el número de copias.

Una ruta multicast siempre toma la estructura de un árbol, para reducir el número de copias en la red, mientras la copia de los mensajes ocurre en los nodos del árbol. Un árbol de routing multicast puede ser definido así:

Dado un nodo fuente $s \in V$, un conjunto de nodos destino $D \subset V$, con $s \notin D$, un árbol de routing para una conexión multicast es un sub árbol del grafo $G(V,E)$ ruteado desde s , que contiene todos los nodos de D y un subconjunto arbitrario de $(V-D)$, cuyo conjunto de hojas consiste solamente de un subconjunto de nodos de D

Cuando se envía un mensaje multicast a los nodos de D , el nodo fuente s (la raíz de un árbol de routing) envía una copia de los mensajes de cada uno de los hijos a lo largo del árbol.

Estos hijos en turno, transmiten el mensaje a sus hijos hasta que todos los nodos en el árbol (así, todos los nodos en D) han recibido el mensaje.

- Si $|D| = 1$ resulta un unicast.
- Si $|D| = |V| - 1$ resulta un broadcast no selectivo.

De acuerdo a la naturaleza del árbol, un mensaje multicast fluye a través de cada brazo del árbol de routing una vez y solamente una vez **para leer todos los destinos. Por lo tanto el costo de red de un mensaje multicast para un grupo de destinatarios es proporcional a la suma del costo de todos los links en el árbol.**

Se define el costo de red de un árbol de routing multicast como:

$$\text{Network Cost } (T) = \sum_{l \in T} c(l) \quad (2)$$

Un objetivo del routing multicast es optimizar el costo de red de un árbol de routing. **Seleccionando el árbol de routing óptimo para multicast, el costo de red de cada mensaje multicast puede ser minimizado.** La ganancia de los ahorros es especialmente significativa en aplicaciones MM donde la comunicación ocurre más frecuentemente y los mensajes son visualmente muy grandes en tamaño debido a la transmisión de audio y video.

Otro requerimiento de la comunicación MM es limitar el retardo de la entrega de mensajes y mantener un valor constante de entrega para evitar el jitter. La cantidad exacta del límite de retardo depende de una aplicación particular. El requerimiento de los límites de retardo puede ser expresado como sigue:

$$\forall u \in D : \sum_{l \in P(s,u)} d(l) \leq \Delta_{\text{delay}} \quad (3)$$

Donde:

$P(s,u)$ es el camino de s a u
 Δ los límites del retardo

El requerimiento de costo de red es aditivo sobre el árbol completo, mientras que el requerimiento de límite de retraso es aditivo sobre el camino individual desde s a los destinos a lo largo del árbol.

$$\forall u \in D : \sum_{l \in P(s,u)} j(l) \leq \Delta_{\text{jitter}} \quad (4)$$

Donde:

$P(s,u)$ es el camino de s a u
 Δ los límites del retardo

Nuestro objetivo es encontrar un árbol de routing con costo de red óptimo bajo las restricciones definidas en (3) y (4). Para asegurar

la existencia de tal árbol el cual satisface (3), la siguiente condición debe sostenerse:

Donde $SDP(s,u)$ es el retraso del camino más corto desde s a u :

$$\forall u \in D : \sum_{l \in SDP(s,u)} d(l) \leq \Delta$$

De otro modo un árbol de routing el cual puede satisfacer el límite de retraso Δ no existe.

7- Red Capaz de manejar Multicasting

Una red capaz de manejar multicast provee soporte para manejar tres tipos de aplicaciones:

- Uno-a-Muchos
- Muchos-a-Uno
- Muchos-a-Muchos

Para poder soportar este tipo de aplicaciones es necesario contar con un servicio end-to-end en la infraestructura de red IP para permitir que cualquier host IP envíe datagramas a una dirección IP multicast en forma tal que cualquier número de otros host IP puedan recibirlo. Esto requiere dos componentes de protocolos esenciales:

- Un protocolo basado en host IP que permite a una aplicación receptora notificar a los routers locales que se ha unido a un grupo.
- Un protocolo basado en router IP que permita a todos los routers con miembros de grupo multicast en su red local comunicarse con otros routers para asegurar que todos los datagramas enviados a las direcciones de grupo sean reruteadas a todos los receptores.

Además, debemos considerar que el protocolo de routing deberá manejar reserva, por lo que se deberá tener en cuenta que los mecanismos de reservas usados en ambientes de unicast son simples de extender a ambientes multicast, siempre que se resuelvan problemas tales como:

- Mecanismos de Joining, para determinar la forma de reservar recursos para los miembros nuevos del grupo, sin afectar la reservación existente
- Transparencia en el establecimiento de la ruta, cambios de la topología, ingreso o egreso de miembros en los grupos.
- Mecanismos adecuados para manejar la alta de escalabilidad de los protocolos de feedback a ambientes unicast.

El objetivo es desarrollar una estructura de protocolos capaz de soportar la reserva de recursos por parte del emisor bajo la asunción

que los protocolos subyacentes poseen la capacidad de construir árboles de distribución multicast y unicast con suficientes recursos para mantener niveles adecuados de QoS.

Para permitir esto será necesario contar con *Protocolos de Ruteo*, basados en *Algoritmos de Ruteo* que no inunden de tráfico a la red, de esta forma la reservación solo se deberá restringir al árbol multicast de un grupo particular. Se deberá tener presente que cada *mensaje de joining* deberá especificar los niveles de recursos requeridos, al llegar a cada mrouter se realizará un test de elegibilidad para determinar si esa rama del árbol satisface los requerimientos de QoS y de ser así se enviara un *mensaje joining-ack* hacia atrás.

Para manejar esto en forma transparente, cada grupo manejará dos tipos de miembros:

- *Miembros Joining*, formando *Grupos Multicast Request*.
- *Miembros Old*, formando *Grupos Multicast Reserved*.

Una posibilidad para implementar esto es trabajar con un ST basado en CBT para construir el árbol multicast, y con RSVP para manejar la reservación de recursos sobre el árbol multicast y con RTCP de RTP para manejar la información de feedback de la reservación y los mensajes de joining-ack y joining-nack.

8- Conclusiones

Considerando lo analizado en el presente trabajo, se hace necesario contar con Protocolos de Routing que no solo manejen el multicast sino también la reserva de recursos basado en tipos de tráfico y además, soporte de seguridad.

Para implementar esto en forma efectiva y eficiente nos deberemos basar en un ST basado en el grupo y bidireccional, capaz de manejar la transmisión de datos, los pedidos de reserva y la información de feedback con la mínima carga en los routers.

La reserva se deberá realizar en forma dinámica junto con la construcción del ST, en cada router entre el emisor y el grupo de destinatarios. De esta forma se asegura un ahorro de tiempo y procesamiento de los router. Los Algoritmos de Routing, además deberán cumplir con los siguientes aspectos:

- Encontrar el árbol de routing óptimo que satisfaga los límites de delay y otros parámetros MM.

- Encontrar el árbol de routing que soporte confiabilidad para los servicios que deban ser seguros.
- Integración del Routing Multicast con la configuración de la conexión y parámetros de QoS.
- Cambio de membresías dinámicas de los miembros del grupo multicast.
- Es deseable que por problemas de crash del nodo central el algoritmo sea totalmente distribuido.

9- Trabajo Futuro

Habilitar soporte multicast en aplicaciones y protocolos que puedan atravesar redes heterogéneas es un desafío significativo. Específicamente, el envío un stream de datos constante, entrega de datos confiable, seguridad y administración de comunicaciones muchos-a-muchos, requerirá de consideraciones especiales.

Adicionalmente la red requiere de una infraestructura de administración de direcciones globales diseñadas para que no existan colisiones de direcciones.

Una colisión de direcciones ocurre cuando dos diferentes aplicaciones envían stream de datos a la misma dirección multicast en el mismo slot de tiempo para diferentes propósitos.

Una infraestructura de administración de direcciones incluye un mecanismo de protocolo basado en host que permita que una aplicación haga requerimientos de asignación de direcciones dinámicas (MDHCP).

La mayoría de los desafíos en el desarrollo de servicios de aplicaciones multicast pueden ser resumidos en tres categorías:

- *Receptores Heterogéneos*: receptor y emisor con diferente bandwidth, características de latencia y congestión de la red.
- *Integración de Datos Confiables*: asegurar que todos los datos enviados serán recibidos por todos los receptores.
- *Seguridad*: asegurar privacidad para todos los miembros del grupo multicast (problemas de intercambio de claves multicast, autenticación individual y de grupo)

10- Bibliografía

- A.Tanenbaum - *Computer Networks* - 3ª Edición - Prentice Hall.
- Azcorra, Calderón - *A Strategy for Comparing Reliable Multicast Protocols Applied to RMNP y CTES* - IEEE Conference on Protocols for Multimedia Networking - pag. 46 a 55

Cowan, Cen, J.Walpole, C.Pu - *Adaptive Methods for Distributed Video Presentation* - ACM Computing Survey - Vol.27 - N° 4 - 1995.

Christodoulakis, Triantatidou - *Research and Development Issues for Large-Scale Multimedia Information Systems*- ACM Computing Survey - Vol.27 - N° 4 - 1995.

Ferrari, Almesberger - *Scalable Resource Reservation for the Internet* - IEEE Conference on Protocols for Multimedia Net - pag. 18 a 30.

Gemmell, Vin, Kandlur, P.Ragan,L.Rowe - *Multimedia Storage Servers: A Tutorial* - Computer IEEE - Vol 28 - N° 5 - May 95.

Ghaffor - *Multimedia Database Management Systems* - ACM Comp.Survey-Vol.27-N°4-1995.

Gudidava, Raghavan - *Context based image retrieval systems* - IEEE Computer - Vol 28 - N° 9 - Sep.95.

Lozada - *Multimedia en Redes* - LAN & WAN - Vol 1 - N° 7 -1993

M.Garofalakis - Y. Ionnidis - *Scheduling Issues in Multimedia Query Optimization* - ACM Computing Survey - Vol.27 - N° 4 - 1995.

Mattagi, Sohraby, Bisdikian - *Jitter Calculus in ATM Networks: Multiples Nodes* - IEEE/ACM Transactions - Vol 5 - N°1 - Feb.1997.

Moss - *Resource Reservation in Networked Multimedia Systems*- ACM Computing Survey - Vol.27 - N° 4 - 1995.

Murazzo, Rodriguez - *Aspectos Críticos en la Transmisión de Información en Red* - Revista Ciencias - Año 6 - N° 7 1997.

Murazzo, Rodríguez - *Tratamiento de Información MM en Internet* - M.deC.- Bib.Dr. E. Aparicio - F.C.E.F.y N. - U.N.S.J. - 1998.

Nahrstedt, Steinmetz - *Resource Management in Networked Multimedia System* - Computer IEEE - Vol 28 - N° 5 - May 95.

Narrickving - *Multimedia Broadcasting over the Internet* - IEEE Conference on Protocols for Multimedia Networking - pag. 78 a 82

Pornavalai, Chacraborty, Shiratory - *Routing with QoS Constraint in Integrated Services Networks* - IEEE Conference on Protocols for Multimedia Networking - pag. 152 a 161

Rodríguez, Rowe - *Multimedia Systems and Applications* - Computer IEEE - Vol 28 - N°5 - May 95.