

Ruteo Multicast Mediante Algoritmos Genéticos.

Magister Héctor Sánchez Torés

Ing. Raúl Oscar Klenzi

Lic. Manuel Oscar Ortega

[hasanche,rklenzi,mortega@iinfo.unsj.edu.ar]

Alumnas: Viviana Naranjo, Gabriela Espósito.

Instituto y Departamento de Informática.

Fac. de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Universidad Nacional de San Juan

Introducción.

Los sistemas o redes de comunicación construidos teniendo en cuenta el modelo de referencia OSI (Open Systems Interconnection) o la arquitectura de *Internet*, fueron diseñados para soportar servicios o comunicaciones *punto a punto*, donde la información fluye entre dos usuarios únicamente.

Uno de los tópicos en el cual las redes de computadoras actuales están poniendo mucho énfasis, proviene de las aplicaciones *multicast* o de grupo. Estas involucran más de dos usuarios (estos usuarios definen el grupo multicast) los cuales desean intercambiar información.

Recientes avances en los medios de transmisión como la fibra óptica y en los equipos como *routers* o *switches*, han logrado velocidades del orden de Gbps (Giga Bits por Segundo). Lo anterior sumado al trabajo en las nuevas tecnologías para almacenar datos, audio y video, han permitido el desarrollo de nuevas aplicaciones multimediales y/o servicios de tiempo real distribuidos, como por ejemplo Educación a Distancia, Video-Conferencia, entre otros, donde la red debería ser capaz de proveer el servicio de *comunicación multicast*.

Algoritmos de Ruteo Multicast.

La *comunicación multicast* es la capacidad que tiene la red de enviar un paquete a múltiples destinos de forma tal que solo una copia del paquete circule por cada uno de los enlaces del árbol (ruta) establecido.

Uno de los problemas centrales que es necesario resolver para ofrecer *comunicaciones multicast*, es establecer las rutas que debe seguir la información para conectar los nodos participantes (grupo multicast). Esto se conoce con el nombre de *ruteamiento multicast*, y existen distintos tipos de algoritmos que generan rutas permitiendo explotar eficientemente los recursos de la red.

Bertsekas y Gallager definen la función de ruteo (en la capa de red del modelo OSI), compuesta por dos fases. La primera de ellas, es donde se selecciona una ruta para la sesión durante el establecimiento de la conexión; y la segunda fase, asegura que cada paquete de esa sesión sea dirigido a lo largo de la ruta asignada. En este trabajo se abordará únicamente el problema de selección de la ruta (fase uno), mediante un *algoritmo de ruteo*.

El diseño de algoritmos de *ruteamiento multicast* es un problema complejo, de hecho, se demostró que el tiempo necesario para encontrar una solución óptima crece en forma exponencial con el tamaño (cantidad de nodos y enlaces) de la red. Más aún, la complejidad del problema aumenta debido a que los miembros del grupo como la topología de la red pueden modificarse (por fallas en los enlaces o nodos).

El *algoritmo de ruteamiento* debería ser capaz de entregar las rutas óptimas, tomando en consideración diferentes funciones de costo que incluyan los recursos disponibles, tales como: ancho de banda, número de enlaces (optimización de grafos), conectividad entre nodos, precio a pagar, y retardo fin a fin.

Optimización con Algoritmos Genéticos.

Los Algoritmos Genéticos (AG) son técnicas que resuelven problemas de optimización inspirados en la teoría de la evolución y la biogenética. Son una buena alternativa explorando grandes espacios de búsqueda donde existen óptimos globales y locales. Convergen a buenas soluciones relativamente rápido, dando una buena relación entre el tiempo empleado y la calidad de la solución.

Objetivo de este Trabajo.

El presente trabajo aborda los *algoritmos de ruteo múlticast* en redes de computadoras. El árbol solución encontrado, por dicho algoritmo, debe optimizar su función de costo. Esta optimización conlleva una mejor utilización de los recursos de la red por cada pedido de conexión solicitado, lo cual lleva a aceptar un mayor número de conexiones.

Considerando que existen distintas técnicas de optimización y búsqueda (los basados en cálculos, los enumerativos, y los aleatorios), en este trabajo se estudiará optimizar determinados parámetros de la función de costo del algoritmo de ruteo multicast mediante AG. Para ello se proponen dos alternativas de evolución que se contrastarán entre ellas y respecto de algoritmos de ruteo multicast existentes.

En la primera alternativa, *CASO A*, se asume que se conocen todos los pedidos de conexión para un determinado periodo de tiempo, y se trabaja únicamente con esos pedidos. Una segunda alternativa de evolución, *CASO B*, será efectuar el proceso de optimización por cada nuevo pedido de conexión. Es de destacar que el *CASO B* de análisis es más cercano a la realidad ya que los pedidos de conexión se van sucediendo secuencialmente. Por este motivo, por cada nuevo pedido de conexión se deben ir actualizando los recursos disponibles de la red, como por ejemplo el ancho de banda ocupado por cada pedido en cada enlace.

En principio es de esperar que en el *CASO A*, se encuentre una solución muy cercana a la óptima, para luego contrastarla con la obtenida en el *CASO B*.

Típicamente se desea encontrar una buena solución en un corto tiempo y no la solución óptima en un tiempo excesivo.

A continuación se detallan los principales aspectos a considerar en nuestra propuesta de AG para ruteo multicast:

- Selección de la estrategia de evolución.
- Elección de la representación.
- Definición de la función de Aptitud.
- Sesgo de la población inicial.

Selección De La Representación - Estructura Del Cromosoma.

CASO A.

Se trabajará con un arreglo bidimensional de genes, con valores reales, y sus dimensiones serán:

Altura: Enlaces a realizar

Ancho: Número de Nodos de la red -2. (los otros dos nodos serán el origen y destino de la conexión).

Para este caso consideramos una red con diez (10) nodos. Así, si se pretenden realizar seis (6) pedidos de conexión, el cromosoma tendrá la forma representada en la figura 1.

El formato expresa que cada enlace se hará según la secuencia establecida en cada fila.

NUMERO DE NODOS DE LA RED - 2								
E	0	1	0	0	2	3	0	0
N	0	0	2	0	0	3	1	0
L								
A								
C								
E								
S								

figura 1

CASO B.

Aquí se considera un cromosoma de características y significados similares al de cada fila del anterior arreglo bidimensional y que deberá evolucionar con un crossover tipo PMX, tantas veces como pedidos de enlaces existan.

0	1	0	0	2	3	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

Función de Aptitud.

La función de aptitud deberá evaluar los siguientes items:

- I. Que la cantidad de nodos por los que pase el enlace sea mínima.
- II. Que los requerimientos de ancho de banda se vean satisfechos.
- III. Que el resultado final, para las conexiones propuestas, sea el que presente un mejor balance de la red.

En principio estos items pueden llegar a contraponerse por lo que los mismos deben ser pesados de acuerdo el grado de importancia que a cada uno se de en particular.

Para el item I. se pueden considerar, y dado que la optimización implica items a minimizar y otros a maximizar, se optará por maximizar la totalidad de la función de aptitud.

Maximizar la diferencia entre número de nodos de la red - número de nodos de la conexión.

Maximizar la inversa de la cantidad de nodos de la conexión.

Sesgo De La Población Inicial.

Los cromosomas de la población inicial están constituidos por secuencias como las planteadas en el párrafo anterior; con una secuencia, por fila, que puede abarcar desde 1 hasta 8 (número de nodos menos dos) y en cualquier orden. Para mantener la característica de que en cada fila del arreglo sus genes valgan 0 o una secuencia desordenada desde 1 y hasta un máximo de 8, se debe implementar un crossover tipo PMX por cada fila. De ésta manera cada fila del arreglo se considera como independiente de las restantes, pero permite un análisis en paralelo de los seis pedidos de conexión que es el objetivo inicialmente planteado.

Los aspectos básicos de los AG son :

1. Representan las posibles soluciones del problema como un string de parámetros (números). Este string es llamado ***cromosoma*** y los parámetros ***genes***.
2. Aleatoriamente crean un número (generación) de estas cromosomas.
3. Se calcula la aptitud de cada cromosoma como forma de clasificar los mismos en orden a su función de aptitud (fitness to survive).
4. Se crea una nueva generación de cromosomas, seleccionando al azar un par de cromosomas (padres) y mezclando sus genes se logran los cromosomas hijos. Este proceso se llama ***crossover***.
5. Se repiten los pasos 3 y 4 para un número dado de ciclos (generaciones).

Como resultado, los AG exploran grandes dominios y convergen a buenas soluciones relativamente rápido. Dando buena relación entre tiempo empleado y calidad de solución.

Bibliografía.

- ◆ Goldberg D. "*Genetic Algorithms in Search and Optimization*", Addison-Wesley Pub. Co., 1989 ISBN 0-201-15767-5.
- ◆ Eiben A., Raué P., Ruttkay Z. "*Heuristic Genetic Algorithms for Constrained Problems*". Artificial Intelligence Group. Department of Mathematics and Computer Science Vrije Universiteit Amsterdam.
- ◆ Matthew Bartschi Wall "*A Genetic Algorithm for Resource_Constrained Scheduling*", Tesis Doctoral, Massachusetts Institute of Tecnology
- ◆ Klenzi R., Fernandez G. "*Balanceo óptimo de la carga de artículos en máquinas inyectoras monocolor, usando algoritmos genéticos*", WICC'99 Workshop2 Redes y Sistemas Inteligentes, (UNSJ) (2-17).
- ◆ Bertsekas and Gallager R., "*Data Networks*", Prentice Hall, 2nd. ed. 1992.
- ◆ Salama H., "*Multicast Routing for Real-Time Communication on High-Speed Networks*", PhD thesis, North Carolina State University, 1996.
- ◆ Kompella V., Pasquale J., Plozoz G. "*Multicast routing form multimedia comunication*" IEEE/ACM Transactions on Networking vol. 1, no. 3, june 93 pp. 286-292.
- ◆ Hwang F.K. and Richards D.S., "*Steiner tree problems*", IEEE Networks, vol. 22, pp 55-89, Jan. 1992.
- ◆ Bauer F. and Varma A., "*ARIES: A Rearrangeable Inexpensive Edge-Based On-Line Steiner Algorithm*", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Abril 1997.
- ◆ Noronha C.A. and Tobagi F., "*Optimum routing of multicast streams*", in IEEE INFOCOM 94 vol. 2, Toronto, June 1994 pp. 865-873.

Observaciones

Este trabajo es parte de los siguientes proyectos de investigación presentados en la Universidad Nacional de San Juan:

- "*Diseño e Implementación de Herramientas Informáticas Basadas en Tecnología Web de Apoyo a la Docencia Universitaria*".
- "*Optimización en la Planificación de Tareas en ambientes cambiantes utilizando técnicas de programación con restricciones*".