

Resolución del Problema de Steiner Generalizado utilizando un Algoritmo Genético Paralelo

M. Aroztegui, S. Árraga, S. Nesmachnow

Instituto de Computación
Universidad de la República
Montevideo, Uruguay.

Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación
Universidad de Málaga

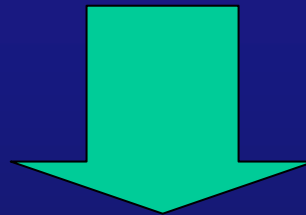
Febrero 2003.

Motivación del trabajo

Diseño de redes de comunicaciones confiables.

Investigación de técnicas de programación evolutiva.

Aplicación del procesamiento de alto desempeño.



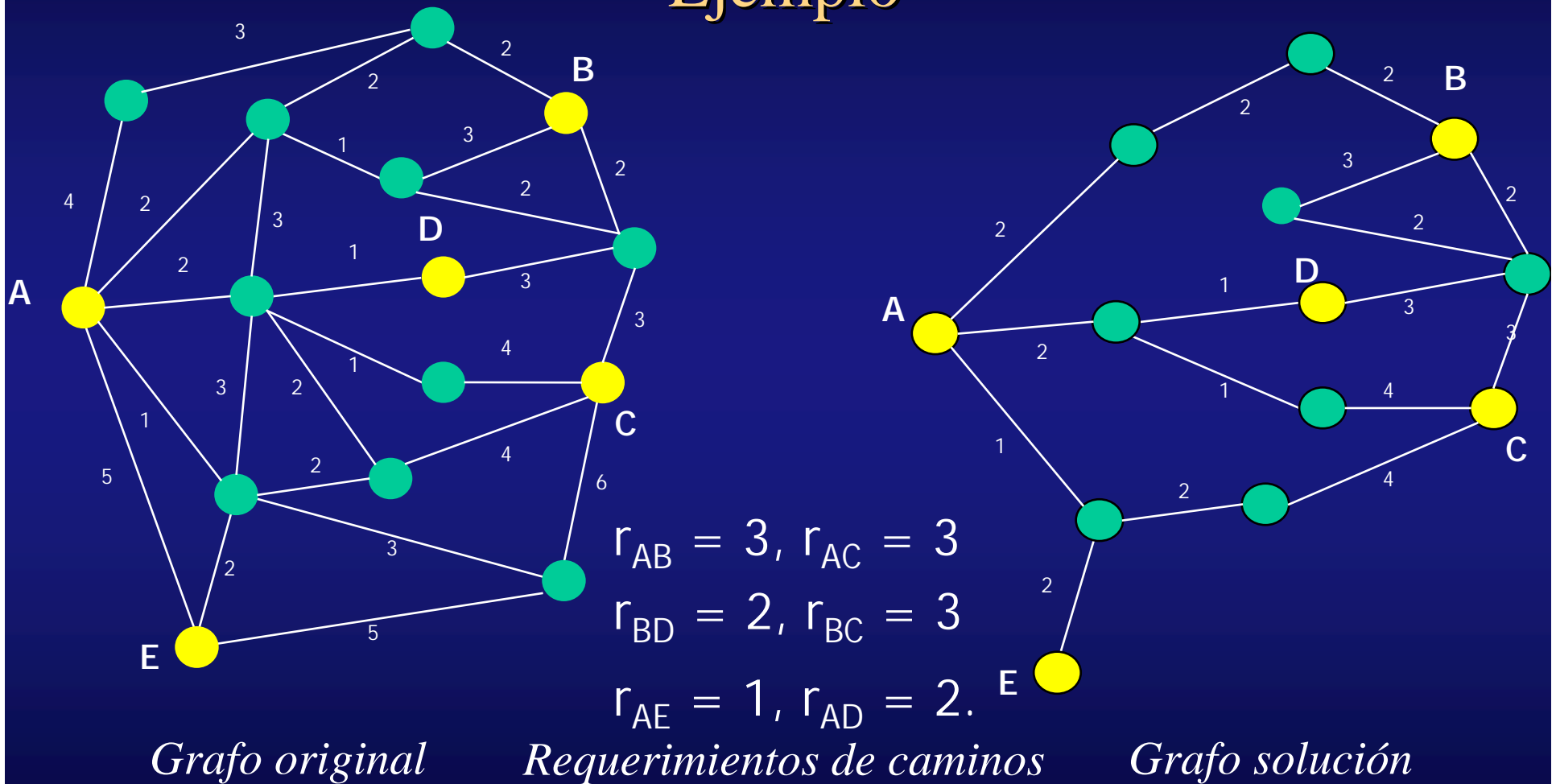
Proyecto : "Algoritmos Genéticos Paralelos y su Aplicación al Diseño de Redes de Comunicaciones Confiables"

El Problema de Steiner Generalizado (GSP)

- Grafo no dirigido, ponderado : $G=(V,E,C)$.
- Conjunto distinguido de nodos *terminales* T , ($2 \leq |T| \leq |V|$).
- Matriz $R=\{r_{ij}\}$ $i,j \in T$: requisitos de conectividad –caminos disjuntos– entre pares de nodos terminales.
- GSP : hallar subgrafo G_T de G , *de costo mínimo*, tal que todo par de nodos terminales sean r_{ij} arista conexos en G_T (existan r_{ij} caminos disjuntos entre los nodos i y j en G_T).
- El GSP es NP difícil
- Alternativa
 - Heurísticas para hallar buenas soluciones en tiempos razonables.

El Problema de Steiner Generalizado

Ejemplo



Solución utilizando un Algoritmo Genético (AG)

Propuesta: aplicar técnicas evolutivas (AG) al GSP.

Modelos paralelos tomando en cuenta dimensión de problemas.

Modelo inicial

- Algoritmo Genético Paralelo (AGP) de población distribuida.

Codificación binaria simple

- Cromosoma representa aristas del grafo.
- Operadores de evolución sencillos.
- Cruzamiento y mutación pueden generar soluciones no factibles del GSP.

Solución utilizando un Algoritmo Genético

Operadores utilizados :

- Selección proporcional al fitness escalado.
- Cruzamiento de un punto.
- Mutación de inversión del valor de un alelo.

Población inicializada eliminando aristas del grafo original.

Función de fitness : evalúa el costo del grafo representado.

$$f = C_{ORIG} - \sum_0^{n-1} [BIT(i) * C(i)]$$

C_{ORIG} costo del grafo original,

$C : [0, |E|-1] \rightarrow \mathbb{R}$ retorna el costo asociado a una arista,

$BIT : [0, |E|-1] \rightarrow [0, 1]$ da el valor correspondiente a una arista en el cromosoma.

Solución utilizando un Algoritmo Genético

Cálculo de factibilidad

- Heurística $O(|T|^2)$ para verificar grados nodos terminales.
- Ford–Fulkerson para hallar caminos entre pares de nodos terminales. $O(|E| \cdot r_{MAX} \cdot |T|^2)$.

Modelo de paralelismo

- Subpoblaciones con migración.
- Selección y reemplazo proporcional al fitness.
- Parámetros a estudiar:
 - Topología, frecuencia y tasa de migración.

Resultados obtenidos

Implementación

Lenguaje C++, compilador GNU G++, biblioteca MPICH.

Plataforma de ejecución

Cluster de 4 equipos Intel monoprocesador (Pentium III, 400 MHz), SO SuSE Linux 8.0, conectados mediante LAN ethernet a 100 Mbps.

Validación del AGP

- Comparación de calidad de resultados con literatura existente (heurística Ant Systems).
- Se mejoró la calidad de soluciones para grafos de validación.

Resultados obtenidos

Configuración del modelo de migración

- Sensibilidad de resultados en función de parámetros del modelo
 - *Frecuencia* : los mejores resultados se obtuvieron consistentemente con frecuencia máxima.
 - *Tasa* : valor de equilibrio entre modelo fuertemente distribuido y un modelo panmítico.
 - *Topología* : la escasa disponibilidad de equipos no permite extraer resultados concluyentes.

Resultados obtenidos

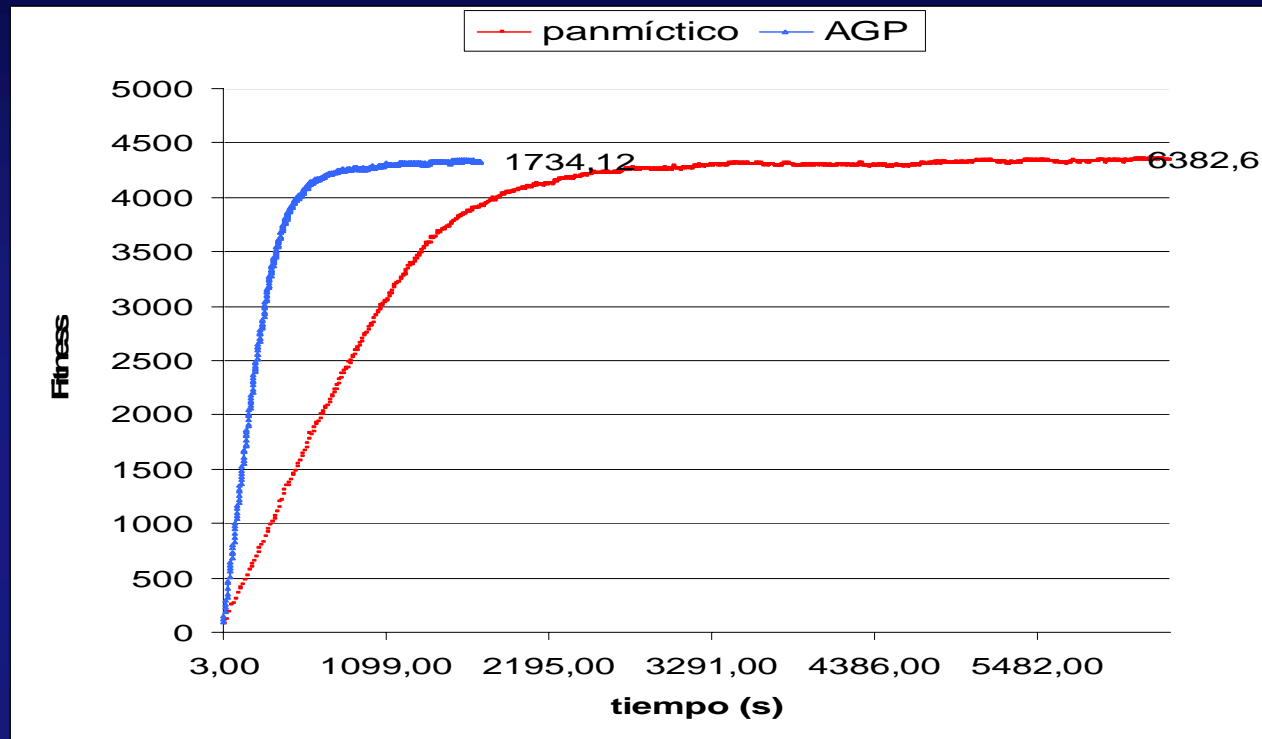
Comparación entre modelo paralelo y panmítico

Evaluando calidad de resultados y eficiencia del modelo.

Escenario de pruebas

- Configuración óptima de migración.
- Parámetros probabilísticos iguales en ambos modelos.
- Grafos de 100 vértices, 500 aristas, 20 terminales y entre 0 y 4 restricciones de caminos.
- Criterios de parada utilizados
 - Número fijo de generaciones.
 - Calidad de solución : incremento relativo del fitness menor a uno por mil en las últimas 10 generaciones.

Resultados obtenidos



Evolución del fitness con el tiempo

Speedup casi lineal

Speedup débil.

Con esfuerzo predefinido y con calidad de resultado.

Conclusiones

Aporte del trabajo : Algoritmo Genético Paralelo para el Problema de Steiner Generalizado.

- Enfoque evolutivo serial preciso en pruebas de validación (obteniendo mejores resultados que la heurística Ant Systems)
- Modelo de AGP alcanza calidad de resultados comparable con el serial, con speedup casi lineal

Los resultados alientan a continuar la investigación en el área.

- Estudiando nuevos tópicos de diseño
- Ampliando el horizonte de aplicabilidad
- Analizando factores que no fue posible estudiar concluyentemente.

Trabajo actual y futuro

Investigar la escalabilidad del modelo al aumentar los recursos computacionales

Nuevos modelos paralelos

- Poblaciones dinámicas para entorno heterogéneo.

Representaciones alternativas

- Trabajar con soluciones no factibles.
- Representación basada en lista de caminos.