



Tecnológico de Monterrey

Análisis y diseño de algoritmos avanzados

Actividad Integradora 1

Profesores:

Ramona Fuentes Valdéz

A01710711 - Emiliano Gomez Gonzalez

A01710158 - Ángel Mauricio Ramírez Herrera

A01710680 - Cristian Chávez Guía

Alta demanda para los Proveedores de Servicios de Internet (ISP)

Introducción

En 2020, la pandemia de COVID-19 transformó drásticamente las dinámicas sociales y económicas, impulsando a gran parte de la población a trasladar sus actividades laborales y académicas al ámbito virtual. Esto intensificó la demanda en las redes de Internet, convirtiendo a los proveedores de servicios de Internet (ISPs) en elementos cruciales para el funcionamiento diario de la sociedad. Ante el incremento de la transmisión de datos, surgió la necesidad de optimizar la infraestructura de red para satisfacer la demanda de manera eficiente. Este proyecto propone estrategias algorítmicas para mejorar los servicios de Internet en una población pequeña, abordando las siguientes interrogantes:

1. ¿Es posible reducir la cantidad de fibra óptica necesaria para conectar todos los puntos de la red?
2. ¿Cuál es la ruta más eficiente para recorrer toda la red y regresar al punto de inicio?
3. ¿Cuál es la capacidad máxima de datos que puede transmitirse entre dos nodos específicos?
4. ¿Cuáles son los criterios para añadir un nuevo nodo a la red de manera eficiente?

Al responder estas preguntas, el objetivo es optimizar la infraestructura de red para maximizar la eficiencia en la transmisión de datos y reducir los costos de implementación.

Problemática

La alta demanda de redes de Internet, producto del trabajo remoto y la educación en línea, plantea diversos desafíos. La meta es disminuir los costos de cableado, mejorar la transmisión y asegurar que la red funcione de manera óptima. Para esto, se analizaron cuatro problemas principales:

1. **Minimización de Cableado:** Conectar puntos clave en la población utilizando la menor cantidad de fibra óptica posible.
2. **Ruta Óptima de Visita:** Establecer la ruta más corta para recorrer todos los puntos de la red y regresar al punto inicial.
3. **Maximización del Flujo de Datos:** Evaluar la capacidad máxima de transmisión entre dos nodos de alta demanda.

4. **Expansión de la Red:** Analizar la viabilidad de conectar un nuevo punto a la red, asegurando que sea rentable y eficiente.

Estrategias de Solución

Para cada problema se analizó un previo análisis y se propuso un algoritmo específico, seleccionado por su eficacia al momento de resolver el problema en cuestión.

Para la primera problemática que era minimizar el cableado de las colonias, se propusieron los dos algoritmos para identificar un subconjunto de aristas que conectara todos los vértices que vimos en clase: Kruskal y Prim.

Problema 1. Solución 1: Árbol de Expansión Mínima (MST) usando Kruskal

Para minimizar el cableado, el proyecto implementa el algoritmo de Kruskal, conocido por su eficiencia en grafos densos. Este algoritmo selecciona aristas en orden ascendente y las añade al MST sin crear ciclos, conectando así todos los puntos de la red con el menor costo posible. La implementación de Kruskal incluyó tres pasos: ordenar aristas, unir componentes y seleccionar las aristas de menor peso. Su complejidad es $O(E \log E)$, lo cual lo hace ideal para redes densas.

Problema 1. Solución 2: Ruta Óptima con el Algoritmo de Prim

Como alternativa, quisimos implementar el Algoritmo de Prim para tener cubierto diferentes tipos de resolver la misma problemática. A grandes rasgos, Prim lo que busca es construir el MST en grafos donde es conveniente trabajar con matrices de adyacencia (que era la estructura que recibíamos para la situación problema). Realmente, su implementación es voraz ya que inicia desde un nodo y añade aristas de menor peso que conectan nodos dentro y fuera del MST hasta que toda la red esté conectada. Este algoritmo es particularmente eficiente con matrices de adyacencia, donde su complejidad es $O(V^2)$.

Problema 2: Optimización de Ruta de Entrega usando Programación Dinámica (Problema del Viajero/ TSP)

Para hallar la ruta más corta que visita todos los puntos de la red y regresa al inicio, se emplea una aproximación de programación dinámica que minimiza la prueba exhaustiva de combinaciones. La estrategia divide el problema en subproblemas más pequeños y almacena los resultados intermedios en una tabla dinámica. Esto optimiza el cálculo de la ruta y reduce la complejidad frente a métodos de fuerza bruta.

Problema 3: Maximización de Flujo de Datos usando Ford-Fulkerson

Para optimizar el flujo de datos entre dos nodos específicos, se implementó el algoritmo de Ford-Fulkerson, adecuado para la problemática de alta demanda. Este método identifica la capacidad residual entre nodos para maximizar la transmisión de datos. Su complejidad depende de la capacidad máxima y el número de aristas, pero es eficiente en redes con alta demanda de transmisión.

Criterios de Selección de Algoritmos

Los algoritmos se seleccionaron en función de su eficiencia y su compatibilidad con diferentes tipos de grafos y mayormente con los problemas que se nos iban presentando. Kruskal fue elegido por su menor complejidad en grafos densos. Sin embargo, Prim fue considerado dado a que trabajamos con matrices de adyacencia lo que facilitaba la implementación gracias a la naturaleza del propio algoritmo. Para el problema del vendedor ambulante, se optó por programación dinámica, que reduce el tiempo de ejecución en comparación con métodos ineficientes. Ford-Fulkerson se implementó para el cálculo eficiente del flujo máximo de datos, necesario en nodos de alta demanda.

Complejidad de los Algoritmos

Cada algoritmo tiene una complejidad que refleja su eficiencia en el contexto específico de la red. Kruskal presenta una complejidad de $O(E \log E)$, Prim tiene $O(V^2)$ con matrices de adyacencia, el TSP con programación dinámica presenta menor complejidad frente a métodos de fuerza bruta, y Ford-Fulkerson depende de la capacidad máxima y las aristas.

Resultados y Conclusiones

Los algoritmos seleccionados demostraron su efectividad al resolver sus respectivas problemáticas, optimizando tanto la conectividad como la eficiencia de la red. La implementación de Kruskal logró reducir la fibra óptica necesaria para conectar las colonias. La programación dinámica aplicada al problema del vendedor ambulante evitó la búsqueda exhaustiva de rutas. Ford-Fulkerson resultó ser una estrategia efectiva para maximizar el flujo de datos en nodos críticos. En conclusión, las estrategias algorítmicas empleadas contribuyeron a mejorar la infraestructura de red en la población, logrando reducir costos y aumentar la conectividad. Futuros proyectos podrían explorar adaptaciones de estos algoritmos para obtener aún mayor eficiencia.

Referencias

colaboradores de Wikipedia. (2020, November 16). Algoritmo de Kruskal. Wikipedia, La Enciclopedia Libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Algoritmo_de_Kruskal

Nieto, A. (2011, October 20). 5.3 arbol de expansión minima algoritmo de prim [Slide show]. SlideShare. <https://es.slideshare.net/slideshow/53-arbol-de-expansin-minima-algoritmo-de-prim/9801571>

GeeksforGeeks. (2023, January 31). Traveling Salesman Problem (TSP) implementation. GeeksforGeeks. <https://www.geeksforgeeks.org/traveling-salesman-problem-tsp-implementation/>

GeeksforGeeks. (2023b, June 1). FordFulkerson Algorithm for maximum Flow Problem. GeeksforGeeks. https://www.geeksforgeeks.org/ford-fulkerson-algorithm-for-maximum-flow-problem/?ref=header_outind