

Universidad Nacional de San Agustín



Estructura de Datos Avanzados **TEMA: QuadTree**

Laboratorio Grupo B

Docente:

FRANKLIN LUIS ANTONIO CRUZ GAMERO

Realizado por:

Edwar Jhoel Vargas Herhuay
Fabian Vladimir Florez Aguilar
Luis Angel Bustamente Torres

Arequipa – Perú

2021

Metodología

1. Definición

Un quadtree es una estructura de datos de árbol en la que cada nodo interno tiene exactamente cuatro hijos. Los cuádriceps son el análogo bidimensional de los octrees y se utilizan con mayor frecuencia para dividir un espacio bidimensional subdividirlo recursivamente en cuatro cuadrantes o regiones. Los datos asociados con una célula de hoja varían según la aplicación, pero la celda de hoja representa una "unidad de información espacial interesante"

Se utiliza para representar el espacio de 2 dimensiones. Encuentra aplicaciones importantes en gráficos por computadora donde se utiliza para representar relaciones entre objetos en un espacio 2D. Quadrees también se puede utilizar para la compresión de imágenes, donde cada nodo interno tiene 4 hijos y almacena el promedio de sus hijos.

Al igual que un árbol binario divide un espacio de 1 dimensión en dos segmentos, un quadtree subdivide el espacio en cuatro cuadrantes con cada cuadrante representado por un nodo.

2. Algoritmo

Existen 3 tipos de nodos

- **Nodo de punto:** Se utiliza para representar un punto. Es siempre un nodo hoja.
- **Nodo vacío:** Se utiliza como nodo hoja para representar que no existe ningún punto en la región que representa.
- **Nodo de región:** Este es siempre un nodo interno. Se utiliza para representar una región.

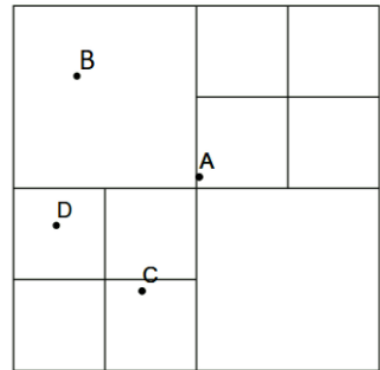
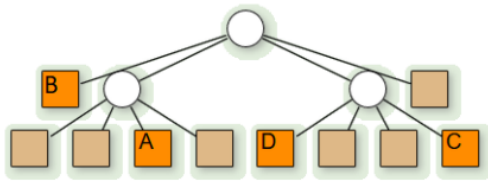
Un nodo de región siempre tiene 4 nodos secundarios que pueden ser un nodo de punto o un nodo vacío.

3. Operaciones de un Quadtree

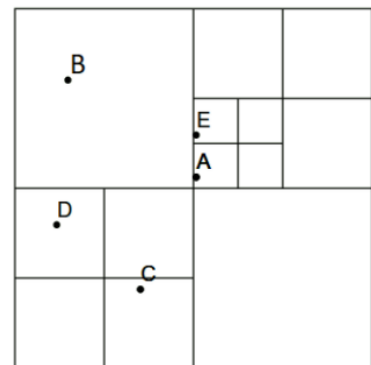
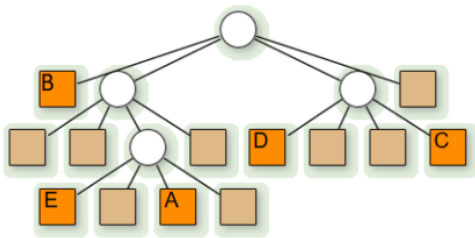
a. Función de Insertar

Las funciones insertar se utilizan para insertar un nodo en un árbol cuádruple existente. Esta función primero comprueba si el nodo dado está dentro de los límites del quad actual. Si no es así, entonces inmediatamente cesamos la inserción. Si está dentro de los límites, seleccionamos el hijo apropiado para contener este nodo en función de su ubicación.

Esta función es $O(\log N)$ donde N es el tamaño de la distancia.



↓ Insert E



b. Funcion de busqueda

La función de búsqueda se utiliza para localizar un nodo en el quad dado. También se puede modificar para devolver el nodo más cercano al punto dado. Esta función se implementa tomando el punto dado, comparándolo con los límites de los cuádri-ceps secundarios y recursando.

Esta función es $O(\log N)$ donde N es el tamaño de la distancia.

4. Quad Tree



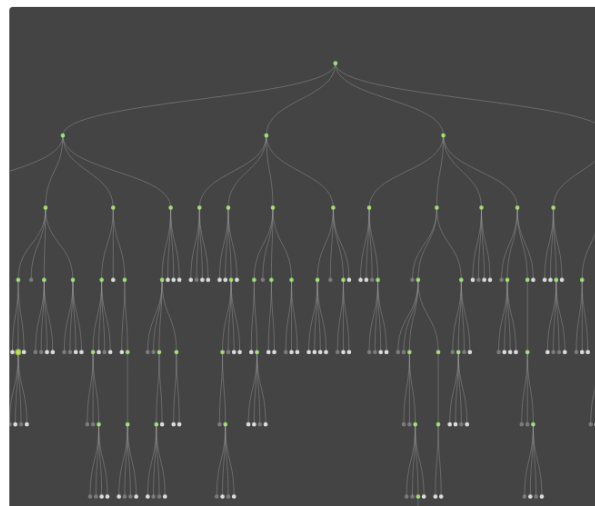
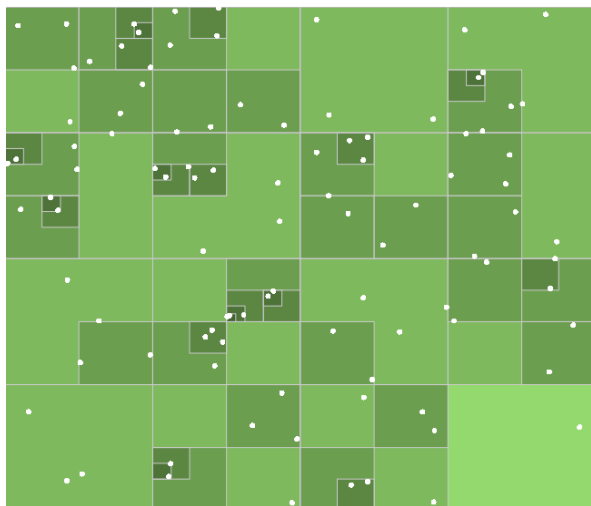
¿Qué observamos?

- Cada nodo verde representa un *rectángulo* en un espacio.
- Cada nodo blanco representa un *punto* en ese mismo espacio.
- Los nodos verdes pueden tener hasta *cuatro hijos*, ya sean blancos o verdes. Estos hijos están contenidos dentro del rectángulo que representa el nodo verde.
- (Los nodos grises representan vacantes, lugares para niños que aún no están ocupados).

¿Por qué cuatro hijos?

Por definición, un quadtree es un árbol en el que cada nodo tiene como máximo cuatro hijos. Las implementaciones de Quadtree, como las de D3 (fuente), aseguran que a medida que se agregan puntos al árbol, los nodos se reorganizan de tal manera que ninguno de ellos tenga más de cuatro hijos.

A continuación se muestra el gráfico del quadtree y el mapa de los puntos y rectángulos que representa de nuevo, uno al lado del otro para que pueda ver cómo se relacionan entre sí.



Resultados

Tipos

Los Quadrees pueden clasificarse según el tipo de datos que representan, incluidas áreas, puntos, líneas y curvas. Los Quadrees también pueden clasificarse según si la forma del árbol es independiente del orden en el que se procesan los datos. Los siguientes son tipos comunes de quadrees.

Región quadtree

El árbol cuádruple de la región representa una partición del espacio en dos dimensiones al descomponer la región en cuatro cuadrantes iguales, subcuadrantes, etc., con cada nodo hoja que contiene datos correspondientes a una subregión específica. Cada nodo del árbol tiene exactamente cuatro hijos o no tiene hijos (un nodo hoja). La altura de los cuadrantes que siguen esta estrategia de descomposición (es decir, subdividir subcuadrantes siempre que haya datos interesantes en el subcuadrante para los que se desee un mayor refinamiento) es sensible y depende de la distribución espacial de áreas interesantes en el espacio que se está descomponiendo. La región quadtree es un tipo de trie.

Puede usarse un árbol cuádruple de región con una profundidad de n para representar una imagen que consta de $2n \times 2n$ píxeles, donde cada valor de píxel es 0 o 1. El nodo raíz representa la región de la imagen completa. Si los píxeles de cualquier región no son completamente 0 o 1, se subdivide. En esta aplicación, cada nodo hoja representa un bloque de píxeles que son todos 0 o 1. Tenga en cuenta los ahorros potenciales en términos de espacio cuando estos árboles se utilizan para almacenar imágenes; las imágenes

suelen tener muchas regiones de tamaño considerable que tienen el mismo valor de color en todas partes. En lugar de almacenar una gran matriz en 2-D de cada píxel de la imagen, un árbol cuádruple puede capturar la misma información, potencialmente muchos niveles de división más altos que las celdas de tamaño de resolución de píxel que de otro modo requeriríamos. La resolución del árbol y el tamaño general están delimitados por los tamaños de píxeles e imágenes.

También se puede usar un árbol cuádruple de región como una representación de resolución variable de un campo de datos. Por ejemplo, las temperaturas en un área pueden almacenarse como un árbol cuádruple, con cada nodo de hoja almacenando la temperatura promedio sobre la subregión que representa.

Si se utiliza un árbol cuádruple de región para representar un conjunto de datos de puntos (como la latitud y longitud de un conjunto de ciudades), las regiones se subdividen hasta que cada hoja contiene como máximo un único punto.

Punto quadtree

El quadtree de puntos [3] es una adaptación de un árbol binario utilizado para representar datos puntuales bidimensionales. Comparte las características de todos los quadtrees, pero es un verdadero árbol, ya que el centro de una subdivisión siempre está en un punto. A menudo es muy eficiente para comparar puntos de datos ordenados bidimensionales, que generalmente operan en tiempo $O(\log n)$. Vale la pena mencionar los cuadrantes puntuales por su integridad, pero han sido superados por árboles k-d como herramientas para la búsqueda binaria generalizada. [4]

Los cuarteles de puntos se construyen de la siguiente manera. Dado el siguiente punto para insertar, buscamos la celda en la que se encuentra y la agregamos al árbol. El nuevo punto se agrega de manera que la celda que lo contiene se divide en cuadrantes por las líneas verticales y horizontales que lo atraviesan. En consecuencia, las celdas son rectangulares pero no necesariamente cuadradas. En estos árboles, cada nodo contiene uno de los puntos de entrada.

Dado que la división del plano se decide por el orden de inserción del punto, la altura del árbol es sensible y depende del orden de inserción. Insertar en un orden "incorrecto" puede llevar a un árbol de altura lineal en el número de puntos de entrada (en cuyo punto se convierte en una lista vinculada). Si el

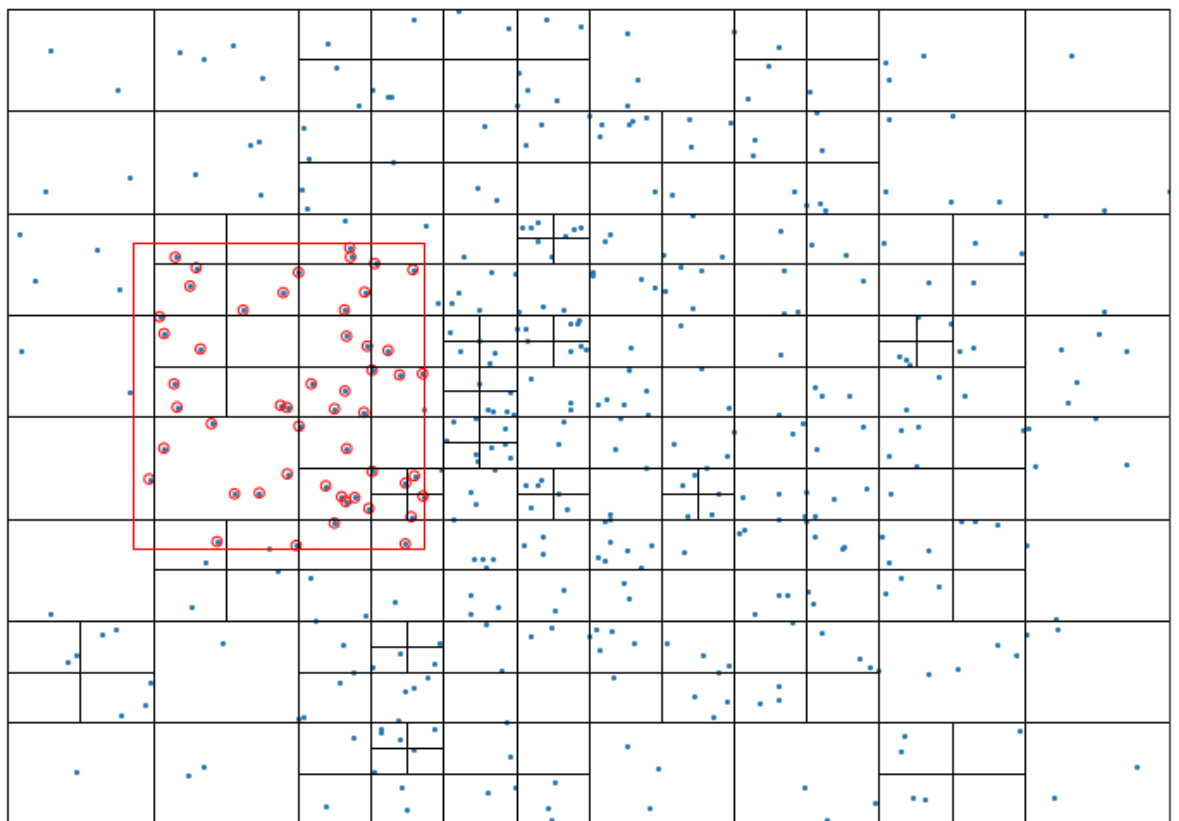
conjunto de puntos es estático, se puede realizar un procesamiento previo para crear un árbol de altura equilibrada.

Estructura de nodo para un quadtree de puntos

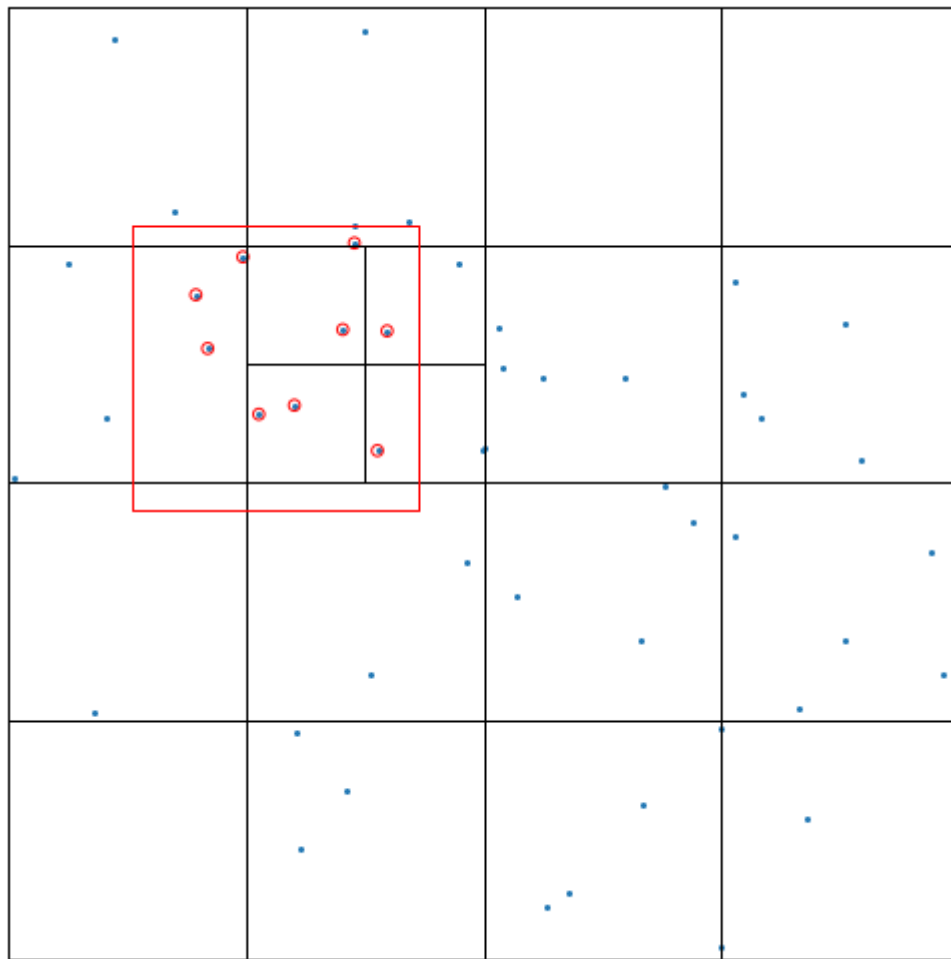
Un nodo de un árbol cuádruple de puntos es similar a un nodo de un árbol binario, con la principal diferencia de que tiene cuatro punteros (uno para cada cuadrante) en lugar de dos ("izquierda" y "derecha") como en un árbol binario ordinario. Además, una clave generalmente se descompone en dos partes, refiriéndose a las coordenadas xey. Por tanto, un nodo contiene la siguiente información:

- cuatro punteros: quad ["NW"], quad ["NE"], quad ["SW"] y quad ["SE"]
- punto; que a su vez contiene:
 - llave; generalmente expresado como coordenadas x, y
 - valor; por ejemplo un nombre

Con 500 puntos aleatorios y un área de búsqueda cuadrado de 150 por lado.



Con 50 puntos.



Conclusiones

Los quadrees constituyen una interesante alternativa a los métodos habituales de representación digital de regiones. Su principal desventaja es que no son invariantes a los desplazamientos; dos regiones que sólo se diferencian por una traslación pueden tener quadrees muy diferentes. Por tanto, la correspondencia de formas a partir de los quadrees no es sencilla. Sin embargo, en otros aspectos tienen muchas ventajas potenciales.

Proporcionan una representación compacta y fácil de construir a partir de la cual se pueden calcular eficazmente las propiedades estándar de las regiones. En efecto, son "matrices de resolución variable" en las que los detalles se representan sólo cuando están disponibles, sin que ello suponga una necesidad de almacenamiento excesivo para las partes en las que faltan detalles. Esperamos que este artículo haya llamado la atención sobre las ventajas de los quadrees como estructuras de datos para su posible uso en sistemas de información cartográfica digital.

Discusiones

El quadtree es una estructura jerárquica de datos espaciales. Es un árbol en el que cada nivel corresponde a un refinamiento del espacio considerado. Aunque en hay muchos tipos de quadtrees y los quadtrees pueden generalizarse a cualquier dimensión 1, la idea es siempre una descomposición recursiva del espacio que nos ayuda a almacenar sólo la información importante o interesante sobre el espacio. En esta discusión nos centraremos en los quadtrees de 2 dimensiones.

Normalmente, el espacio considerado es un cuadrado normalizado para ser el cuadrado unitario y se encuentra en el plano euclidiano bidimensional. Comenzamos creando un nodo raíz para el árbol. La raíz representa el cuadrado unitario. Al igual que el nodo raíz, cada nodo del árbol corresponde a un área del plano. Decimos que un nodo del árbol representa una célula. Cada nodo interno se subdivide a su vez en cuatro cuadrantes (normalmente cuadrados) siempre que haya datos interesantes en la celda para la que se desea un mayor refinamiento, pero potencialmente limitado a un tamaño de resolución predefinido. Cada nodo de la hoja del árbol corresponde a una celda que no se subdivide más. Los datos de datos asociados a una celda de hoja varían según la aplicación, pero la célula de hoja representa una "unidad de información espacial información espacial". La altura de los quadtrees que siguen esta estrategia de descomposición es sensible y depende de la distribución espacial de las celdas interesantes

References

Cuateros Explicacion. (n.d.). Una explicación interactiva de los cuáteros. (jimkang.com)

Quad Tree - GeeksforGeeks. (n.d.). Quad Tree - GeeksforGeeks

Quadtrees - an overview. (n.d.). Quadtrees - an overview

Quadtree - Wikipedia. (n.d.). Quadtree - Wikipedia