

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Campus Central - Departamento de Computación
Programación paralela y distribuida
Miguel Novella

Javier Hernández - 19202
Randy Venegas - 18341
Marco Ramírez -19588



Proyecto No. 3

1 de junio de 2023

Índice

Introducción	3
Algoritmo de Hough	3
Cuerpo	4
Bitácora de pruebas	4
Con memoria global únicamente	5
Capturas de la memoria global únicamente	5
Tabla de mediciones de tiempo	6
Con memoria constante y global	7
Capturas de la memoria constante y global	7
Tabla de mediciones de tiempo	10
Con memoria compartida	12
Capturas de la memoria compartida	12
Tabla de mediciones de tiempo	14
Uso de memoria global	15
Uso de memoria constante	16
Uso de memoria compartida	17
Conclusiones / Recomendaciones	18
Apéndice	18
Bibliografía	19
Actividades	20

Introducción:

Algoritmo de Hough

En el presente trabajo, se implementó un algoritmo capaz de detectar líneas rectas en una imagen en blanco y negro y pintarlas o resaltarlas de otro color, para ello, utilizamos la transformada de Hough.

El algoritmo de Hough es una técnica utilizada en el ámbito del análisis de imágenes, la visión por computadora y el procesamiento de imágenes digitales para extraer características. Su propósito principal es detectar líneas complicadas en fotografías, pero ha sido adaptado para identificar formas más complejas como círculos y cuadriláteros. Este algoritmo se fundamenta en dos conceptos fundamentales: la imagen de bordes y el espacio de Hough (Duque & Ospina, 2004).

Una imagen de bordes se obtiene mediante la aplicación de un algoritmo de detección de bordes. Estos algoritmos se diseñan para identificar los cambios abruptos de brillo o intensidad en una imagen, con el objetivo de localizar los contornos presentes. La imagen generada a través de este proceso es luego utilizada como entrada en el algoritmo de transformación de Hough (Rojas, Sanz & Arteaga, 2008).

El espacio Hough es un plano bidimensional que utiliza un eje horizontal para representar la pendiente de una recta y un eje vertical para representar el intercepto de una línea en la imagen de bordes. En la imagen de bordes, una línea puede expresarse mediante la ecuación $y = mx + b$. Cada punto en la imagen de bordes se traduce en un punto en el espacio de Hough, y un punto de borde en la imagen puede estar relacionado con un número infinito de líneas que pasan por él, lo que se traduce en una línea en el espacio Hough (DIAZ & ARCEO, 2018).

Cuerpo

Bitácora de pruebas

- Con memoria global únicamente
 - Capturas

Con imagen runway.pgm

```
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0008939520 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0009267200 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0009134080 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0009021440 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0009195520 s
```

```

PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0009052160 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0009134080 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0008898560 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0009113600 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0009041920 s

```

Con cuadrosHough.pgm

```

PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\cuadrosHough.pgm
Calculation mismatch at : 956 1 0
Calculation mismatch at : 957 1 0
Calculation mismatch at : 958 2 0
Calculation mismatch at : 959 1 0

```

```

Calculation mismatch at : 5762 958 954
Calculation mismatch at : 5850 904 900
Calculation mismatch at : 5851 964 959
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0003686400 s

```

```

Calculation mismatch at : 5851 904 959
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0003543040 s

```

```

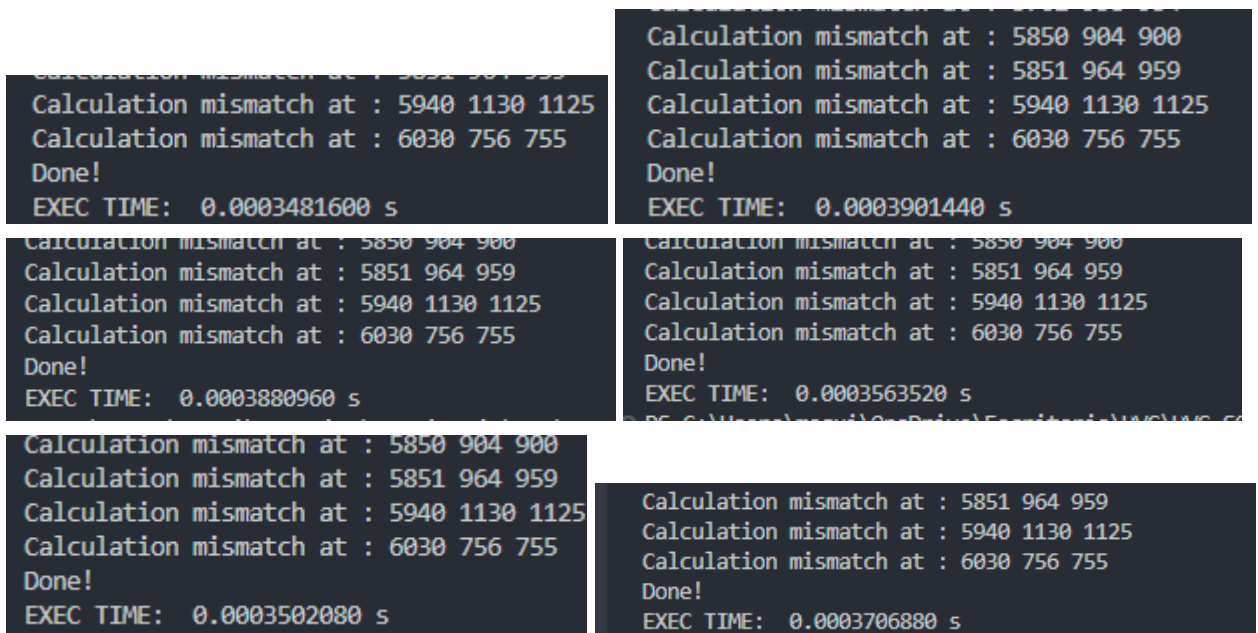
Calculation mismatch at : 5851 964 959
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0003553280 s

```

```

Calculation mismatch at : 5851 904 959
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0003614720 s

```



- Tabla con mediciones de tiempo

Con imagen runway.pgm

Iteración	Tiempo (ms)
1	0.0008939520
2	0.0009267200
3	0.0009134080
4	0.0009021440
5	0.0009195520
6	0.0009052160
7	0.0009134080
8	0.0008898560
9	0.0009113600
10	0.0009041920

Con cuadrosHough.pgm

Iteración	Tiempo (s)
1	0.0003686400
2	0.0003543040
3	0.0003553280
4	0.0003614720
5	0.0003481600
6	0.0003901440
7	0.0003880960
8	0.0003563520
9	0.0003502080
10	0.0003706880

- Con memoria constante
 - Capturas

Con imagen runway.pgm

```
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0012820480 s
```



```
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0008949760 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0008847360 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0008878080 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
EXEC TIME: 0.0022046721 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0008837120 s
```

```

PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0008867840 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0029962239 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3>
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0014725120 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0008990720 s

```

Con cuadrosHough.pgm

```

PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\cuadrosHough.pgm
Calculation mismatch at : 956 1 0
Calculation mismatch at : 957 1 0
Calculation mismatch at : 958 2 0
Calculation mismatch at : 959 1 0
Calculation mismatch at : 960 1 0
Calculation mismatch at : 1042 6 1
Calculation mismatch at : 1043 14 6
Calculation mismatch at : 1044 22 12

```

```

Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0003573760 s

```

```

Calculation mismatch at : 5851 964 959
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0003635200 s

```

```

Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0003471360 s

```

```

Calculation mismatch at : 5851 964 959
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0003645440 s

```

```

Calculation mismatch at : 5851 964 959
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0003747840 s

```

```

Calculation mismatch at : 5851 964 959
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0003563520 s

```

```
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0003553280 s
```

```
Calculation mismatch at : 5850 904 900
Calculation mismatch at : 5851 964 959
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0003665920 s
```

```
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0003573760 s
```

```
Calculation mismatch at : 5851 964 959
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0003604480 s
```

- Tabla con mediciones de tiempo

Con imagen runway.pgm

Iteración	Tiempo (s)
1	0.0012820480
2	0.0008949760
3	0.0008847360
4	0.0008878080
5	0.0022046721
6	0.0008837120
7	0.0008867840
8	0.0029962239
9	0.0014725120
10	0.0008990720

Con cuadrosHough.pgm

Iteración	Tiempo (s)
1	0.0003573760
2	0.0003635200
3	0.0003471360
4	0.0003645440
5	0.0003747840
6	0.0003563520
7	0.0003553280
8	0.0003665920
9	0.0003573760
10	0.0003604480

- Con memoria compartida
 - Capturas

Con imagen runway.pgm

```
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0003215360 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0003256320 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0003225600 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0003246080 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0003215360 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
```

```

PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0003246080 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0003205120 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0003205120 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0003246080 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0003235840 s

```

Con cuadrosHough.pgm

```

PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\cuadrosHough.pgm
Calculation mismatch at : 956 1 0
Calculation mismatch at : 957 1 0
Calculation mismatch at : 958 2 0
Calculation mismatch at : 959 1 0

```

```

Calculation mismatch at : 5851 964 959
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0000778240 s

```

```

Calculation mismatch at : 5851 964 959
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0000788480 s

```

```

Calculation mismatch at : 5851 964 959
Calculation mismatch at : 5851 964 959
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0000778240 s

```

```

Calculation mismatch at : 5851 964 959
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0000788480 s

```

```

Calculation mismatch at : 5851 964 959
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0000788480 s

```

```

Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0000788480 s

```

```

Calculation mismatch at : 5851 964 959
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0000768000 s

```

```

Calculation mismatch at : 5851 964 959
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0000768000 s

```

```

Calculation mismatch at : 5851 964 959
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0000778240 s

```

```

Calculation mismatch at : 5851 964 959
Calculation mismatch at : 5940 1130 1125
Calculation mismatch at : 6030 756 755
Done!
EXEC TIME: 0.0000778240 s

```

- Tabla con mediciones de tiempo

Con imagen runway.pgm

Iteración	Tiempo (s)
1	0.0003215360
2	0.0003256320
3	0.0003225600
4	0.0003246080
5	0.0003215360
6	0.0003246080
7	0.0003205120
8	0.0003205120
9	0.0003246080
10	0.0003235840

Con cuadrosHough.pgm

Iteración	Tiempo (s)
1	0.0000778240
2	0.0000788480
3	0.0000778240
4	0.0000788480
5	0.0000788480
6	0.0000788480
7	0.0000768000
8	0.0000768000
9	0.0000778240
10	0.0000778240

Uso de memoria global:

Cálculo de xCoord y yCoord

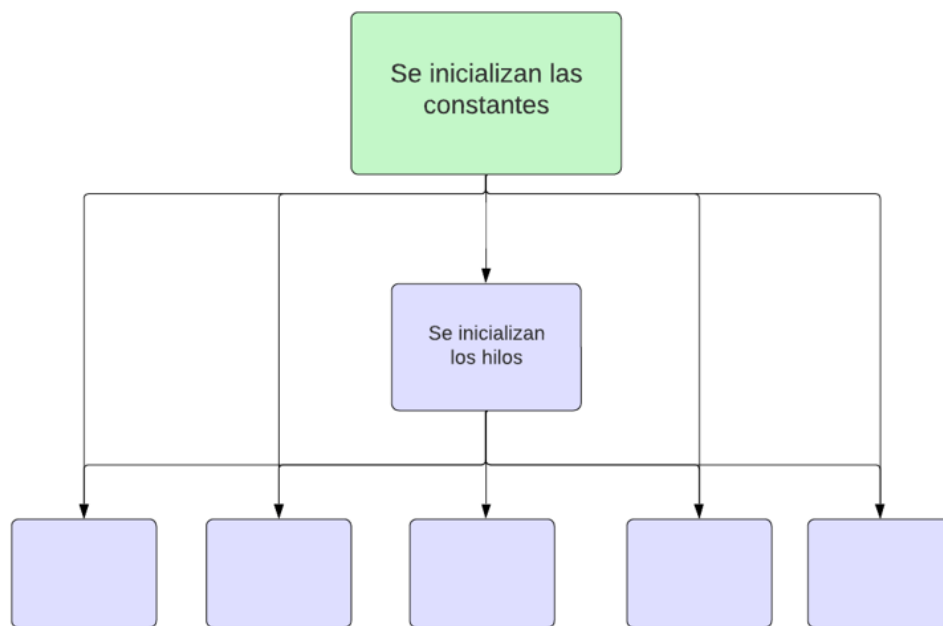
El kernel de la llamada es responsable de ejecutar la lógica del algoritmo en la versión de la CPU. Este kernel opera en cada píxel de la imagen, y cada píxel está identificado por un número global de hilo. Para ajustar las coordenadas al marco de referencia del centro de la imagen, se realiza una resta en la coordenada X y una suma en la coordenada Y. Esto se debe a que el algoritmo considera el centro de la imagen como el centro del plano.

Dado que hay un hilo por píxel de la imagen, la operación módulo w aplicada al identificador global de un píxel nos da la coordenada en X del hilo, mientras que la operación glold/w nos da la coordenada en Y. Por ejemplo, si tenemos un hilo con el identificador $w+1$, las operaciones nos darían las siguientes coordenadas: $((w+1)\%w, (w+1)/w) = (1, 1)$, que es la coordenada correcta del píxel en el plano.(Kyrki,2019)

Uso de memoria constante:

Memoria Constante en la versión de la Transformación de Hough

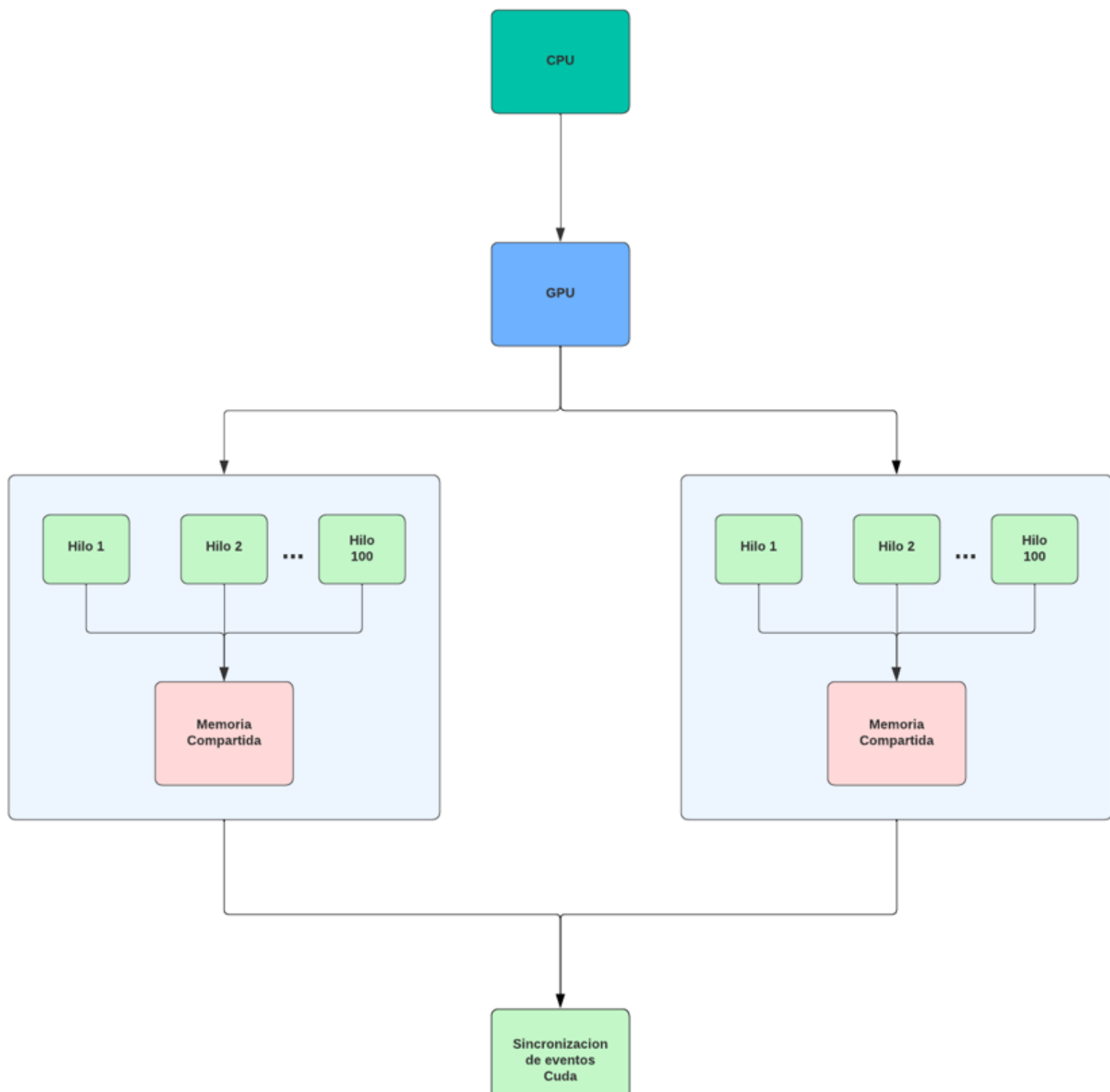
El fenómeno se puede apreciar claramente en los resultados obtenidos. Si analizamos el promedio de las ejecuciones utilizando memoria global, obtendremos aproximadamente 0.0009090496 , mientras que al utilizar memoria constante, el promedio es de 0.0011918971. Al examinar los datos y sus desviaciones estándar, se puede observar que los resultados son precisos, es decir, se acercan al promedio. Además, hay un punto que se destaca en el diagrama general de flujo con la memoria global cuando se comunica en ambas direcciones con cada thread, mientras que la memoria constante solo envía información a los hilos, esto abre las puertas a que sea más efectivo al momento de solicitar la información.



Uso de memoria compartida:

Memoria Compartida en la versión de la Transformación de Hough

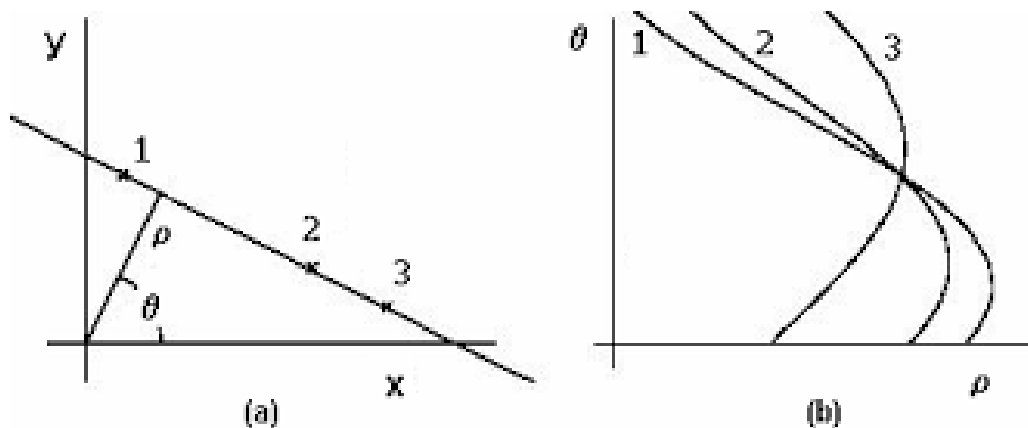
En la versión de la Transformación de Hough que utiliza memoria compartida, todos los hilos dentro de cada bloque acceden a un mismo espacio de memoria. Esto significa que comparten la información almacenada en dicha memoria. Gracias a esta configuración, se logró obtener tiempos de ejecución más rápidos en comparación con las otras dos versiones.(Kyrki,2019)



Conclusiones / Recomendaciones

- El rendimiento del algoritmo puede verse influenciado tanto positiva como negativamente por el uso de memoria compartida, y esto depende de las dimensiones de las imágenes con las que se está trabajando.
- Es posible optimizar la Transformada de Hough utilizando memoria constante y compartida.
- Es recomendable evaluar los algoritmos utilizando imágenes de diferentes dimensiones, con el fin de observar cómo afectan las dimensiones de la imagen a los distintos algoritmos.
- El trabajo en computación paralela se beneficia de manera significativa con el uso de memoria constante, especialmente en las localidades que solo permiten operaciones de lectura.

Apéndice



En el caso de la transformada de Hough para la gráfica A es detectar líneas rectas con tres puntos y un ángulo ρ en un diagrama, la idea principal es representar cada línea posible en el espacio de parámetros (ρ, θ) . Aquí, ρ es la distancia perpendicular desde el origen al punto más cercano de la línea y θ es el ángulo formado por la línea y el eje x .

Para explicarlo con más detalle, consideremos los tres puntos dados en un plano. Estos puntos se pueden considerar como puntos de una línea recta. La transformada de Hough busca encontrar la línea que mejor se ajuste a estos puntos. y en la figura b se ve el espacio paramétrico representado en la gráfica.(Ospina,2002)

Link al video explicativo: <https://youtu.be/SD-bUuSn1o0>

Bibliografía

Duque, J. P. U., & Ospina, E. (2004). IMPLEMENTACIÓN DE LA TRANSFORMADA DE HOUGH PARA LA DETECCIÓN DE LÍNEAS PARA UN SISTEMA DE VISIÓN DE BAJO NIVEL. *Scientia et technica*, 1(24), 79-84.

Rojas, T. V., Sanz, W., & Arteaga, F. (2008). Sistema de visión por computadora para la detección de objetos esféricos a través de la transformada de Hough. *Revista Ingeniería UC*, 15(1), 77-87.

DIAZ, L. E. N., & ARCEO, L. E. C. (2018). Algoritmo rápido de la transformada de Hough para detección de líneas rectas en una imagen.

Kyrki, V., Ikonen, J., Porras, J., & Kaelviaeinen, H. A. (2019, October). Parallel image processing for line detection in shared-memory and distributed environments. In *Intelligent Robots and Computer Vision XIX: Algorithms, Techniques, and Active Vision* (Vol. 4197, pp. 89-97). SPIE.

OSPINA Emmanuel y URREA Juan Pablo. "Implementación de la transformada de Hough para la detección de líneas para un sistema de visión de bajo nivel". Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Trabajo de Grado. 2002.

Actividades

HOUGH GLOBAL

Trabajando con el código base hough.cu, realice las siguientes tareas:

- 1. Compile y corra el programa con la versión CUDA que usa memoria Global únicamente. Revise el Makefile y ajústelo de ser necesario. Deberá completar los elementos faltantes relativos a CUDA en el kernel o en el main.

- a. Cálculo de la fórmula para crear el gloID en el kernel. Consulte la llamada al kernel para deducir usando la configuración (geometría) del grid de esa llamada.

```
// Calculo global ID
int gloID = blockIdx.x * blockDim.x + threadIdx.x;
```

- b. Hace falta la liberación de memoria al final del programa. Agreguela para las variables utilizadas.

```
// Liberacion de memoria
cudaFree((void *)d_Cos);
cudaFree((void *)d_Sin);
cudaFree((void *)d_in);
cudaFree((void *)d_hough);
free(h_hough);
free(cpuht);
free(pcCos);
free(pcSin);
cudaDeviceReset();
```

- 2. Incorpore medición de tiempo de la llamada al kernel mediante el uso de CUDA events. Para esto consulte la documentación y ejemplos en el siguiente sitio de Nvidia:

- a. <https://developer.nvidia.com/blog/how-implement-performance-metrics-cuda-cc/>

```
cudaEvent_t start, stop;
```

```
// Creación de eventos
CUDA_CHECK_RETURN(cudaEventCreate(&start));
CUDA_CHECK_RETURN(cudaEventCreate(&stop));
// Registrar el evento de inicio
CUDA_CHECK_RETURN(cudaEventRecord(start, 0));
// Llamada al kernel
GPU_HoughTran<<<blockNum, 256>>>(d_in, w, h, d_hough, rMax, rScale, d_Cos, d_Sin);
// Registrar el evento de finalización
CUDA_CHECK_RETURN(cudaEventRecord(stop, 0));
// Sincronizar los eventos
CUDA_CHECK_RETURN(cudaEventSynchronize(stop));
// Calcular el tiempo transcurrido
CUDA_CHECK_RETURN(cudaEventElapsedTime(&time, start, stop));
```

```
printf("EXEC TIME: %.10f s \n", time / 1000.0);
```

- 3. Podemos ver que en el kernel se calcula xCoord y también yCoord. Explique en sus palabras que se está realizando en esas operaciones y porque se calcula de tal forma.
 - Dentro del kernel del código proporcionado, se realizan cálculos para obtener las coordenadas xCoord y yCoord correspondientes a cada hilo. Estos valores representan las coordenadas relativas del píxel asociado a dicho hilo en relación con el centro de la imagen. El cálculo de xCoord se realiza restando el valor del índice de columna (gloID % w) al centro de la imagen (xCent), el cual se obtiene dividiendo el ancho de la imagen (w) entre 2. De esta manera, se determina la posición relativa en el eje horizontal (x) del píxel con respecto al centro de la imagen. Por otro lado, el cálculo de yCoord se realiza restando el valor del índice de fila (gloID / w) al centro de la imagen (yCent). Para obtener yCent, se divide el índice global (gloID) por el ancho de la imagen (w), redondeando hacia

abajo. De esta forma, se obtiene la posición relativa en el eje vertical (y) del píxel con respecto al centro de la imagen. El motivo de calcular las coordenadas de esta manera es considerar el centro de la imagen como el origen (0,0) y calcular las coordenadas en relación con dicho centro. Esto simplifica los cálculos en el proceso de transformada de Hough, donde se determina la contribución de cada píxel a los valores acumulativos en el espacio de Hough. Entonces, concluimos que los cálculos de xCoord y yCoord se emplean para determinar la posición relativa de cada píxel en relación con el centro de la imagen, lo cual resulta fundamental para implementar correctamente la transformada de Hough.

```
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0008939520 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0009267200 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0009134080 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0009021440 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UVG\UVG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0009195520 s
```

- 4. Ya que estamos en temas de Computer Vision, acá aplica fuertemente el dicho de “una imagen vale más que mil palabras”. Modifique el programa y adicione como salida una imagen (.jpg o .png) con las líneas detectadas (Es decir, la imagen de entrada con las líneas dibujadas a color encima de la imagen blanco y negro). Para no dibujar todas las líneas posibles, dibuje solamente aquellas cuyo “peso” sea mayor a un Threshold arbitrario (i.e.: dibujas aquellas cuyo peso > threshold, o bien dibujar aquellas cuyo peso > promedio de pesos + 2 stdvs, etc).



HOUGH CONSTANTE

- 5. Modifique el programa anterior para incorporar memoria Constante. Recuerde que en la Transformada usamos funciones trigonométricas de los ángulos a evaluar para cada pixel. Estas operaciones son costosas. Realice los siguientes cambios en el main del programa:
 - a. Cambie la declaración de las variables `d_Cos` y `d_Sin` hechas en memoria Global mediante `cudaMalloc` y declare las equivalentes referencias usando memoria Constante con `__constant__`. Refiérase a la información previa de memoria Constante. Estas referencias deben crearse fuera del main en el encabezado del programa para que tengan un scope global.

```
// Usar memoria constante para la tabla de senos y cosenos
// inicializarlo en main y pasarlo al device
__constant__ float d_Cos[degreeBins];
__constant__ float d_Sin[degreeBins];
```

- b. Recuerde que ahora las referencias a `d_Cos` y `d_Sin` son globales. Ya no es necesario pasarlas como argumentos al kernel.
 - Al usar memoria Constante, la forma de trasladar datos del host al device cambia. Modifique los respectivos enunciados para trasladar los valores precalculados de `cos(rad)` y `sin(rad)` del host a la memoria Constante del device usando `cudaMemcpyToSymbol`.

```
// Eventualmente volver memoria global
cudaMemcpyToSymbol(d_Cos, pcCos, sizeof(float) * degreeBins);
cudaMemcpyToSymbol(d_Sin, pcSin, sizeof(float) * degreeBins);
```

- 6. Compile y ejecute la nueva versión del programa usando memoria Global y Constante. Registre en su bitácora los tiempos para la nueva versión usando CUDA events.

```
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UMG\UMG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0012820480 s
```

- 7. En un párrafo describa cómo se aplicó la memoria Constante a la versión CUDA de la Transformada. Incluya sus comentarios sobre el efecto en el tiempo de ejecución. Incluya un diagrama funcional o conceptual del uso de la memoria (entradas, salidas, etapa del proceso).
 - a. En caso no hayan visto mejora, a que se puede deber? Investigue sobre memoria Constante en CUDA y comente al respecto.
 - Respuesta:
El efecto de utilizar memoria constante en la actividad 6 fue mejorar el rendimiento de la versión CUDA de la transformada de Hough. Al almacenar los valores de coseno y seno en la memoria constante, se evita la necesidad de acceder repetidamente a los mismos valores desde la memoria global, lo que reduce la latencia de memoria y mejora la eficiencia de la ejecución del kernel.

El tiempo de ejecución se ve beneficiado por el uso de memoria constante, ya que se reduce la carga de datos desde la memoria global y se aprovecha la alta velocidad de acceso a la memoria constante. Esto puede resultar en una ejecución más rápida del kernel y, por lo tanto, en una reducción del tiempo total de ejecución del programa.

HOUGH COMPARTIDA

- 8. Modifique el programa anterior para incorporar memoria Compartida. Considere que la memoria Compartida es accesible únicamente a los hilos de un mismo bloque. Realice los siguientes cambios y/o ajustes:

- a. Defina en el kernel un locID usando los IDs de los hilos del bloque.

```
int locID = threadIdx.x;
```

- b. Defina en el kernel un acumulador local en memoria compartida llamado localAcc, que tenga $\text{degreeBins} * \text{rBins}$ elementos.

```
for (i = locID; i < degreeBins * rBins; i += blockDim.x)
    localAcc[i] = 0;
```

- c. Inicialice a 0 todos los elementos de este acumulador local. Recuerde que la memoria Compartida solamente puede manejarse desde el device (kernel).
 - d. Incluya una barrera para los hilos del bloque que controle que todos los hilos hayan completado el proceso de inicialización del acumulador local.

```
__shared__ int localAcc[degreeBins * rBins];

for (i = locID; i < degreeBins * rBins; i += blockDim.x)
    localAcc[i] = 0;

__syncthreads();
```

- e. Modifique la actualización del acumulador global acc para usar el acumulador local localAcc. Para coordinar el acceso a memoria y garantizar que la operación de suma sea completada por cada hilo, use una operación de suma atómica.

```
if (pic[gloID] > 0)
{
    for (int tIdx = 0; tIdx < degreeBins; tIdx++)
    {
        float r = xCoord * d_Cos[tIdx] + yCoord * d_Sin[tIdx];
        int rIdx = (r + rMax) / rScale;
        atomicAdd(localAcc + (rIdx * degreeBins + tIdx), 1);
    }
}
```

- f. Incluya una segunda barrera para los hilos del bloque que controle que todos los hilos hayan completado el proceso de incremento del acumulador local.

```
__syncthreads();
```

- g. Agregue un loop al final del kernel que inicie en locID hasta $\text{degreeBins} * \text{rBins}$. Este loop sumará los valores del acumulador local localAcc al acumulador global acc.

```
for (i = locID; i < degreeBins * rBins; i += blockDim.x)
    atomicAdd(acc + i, localAcc[i]);
```

- 9. Compile y ejecute la nueva versión del programa usando memoria Global, Compartida y Constante. Registre en su bitácora los tiempos para la nueva versión usando CUDA events.


```

PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UMG\UMG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0003215360 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UMG\UMG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0003256320 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UMG\UMG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0003225600 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UMG\UMG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0003246080 s
PS C:\Users\maqui\OneDrive\Escritorio\UMG\UMG S9\Computacion Paralela y Distribuida\Proyecto3> .\hough.exe .\runway.pgm
Calculation mismatch at : 1803 1446 1445
Calculation mismatch at : 1893 1506 1507
Calculation mismatch at : 5931 1653 1654
Calculation mismatch at : 6021 1816 1815
Calculation mismatch at : 6104 1642 1641
Calculation mismatch at : 6194 1586 1587
Done!
EXEC TIME: 0.0003215360 s

```

- 10. En un párrafo describa cómo se aplicó la memoria compartida a la versión CUDA de la Transformada. Incluya sus comentarios sobre el efecto en el tiempo de ejecución. Incluya un diagrama funcional o conceptual del uso de la memoria (entradas, salidas, etapa del proceso).
- Respuesta:
En la implementación usando memoria Global, Compartida y Constante hecho visto en la actividad 9, cada hilo de ejecución se encarga de procesar un píxel de la imagen de entrada. Los hilos dentro de un bloque cooperan para calcular los valores de los acumuladores correspondientes a sus píxeles en la memoria compartida. Al finalizar este cálculo, se realiza una sincronización para asegurar que todos los hilos del bloque han terminado.

El uso de memoria compartida reduce el número de accesos a la memoria global, que es más costoso en términos de tiempo de ejecución. Al tener los datos necesarios en la memoria compartida, se aprovecha la alta velocidad y baja latencia de esta memoria compartida, lo que resulta en una mejora significativa en el rendimiento del algoritmo de la Transformada de Hough. La reducción de los accesos a memoria y la mayor eficiencia en el acceso a los datos contribuyen a disminuir el tiempo de ejecución total del programa.