

2° curso / 2° cuatr.
Grado Ing. Inform.
Doble Grado Ing.
Inform. y Mat.

Arquitectura de Computadores (AC)

Cuaderno de prácticas.

Bloque Práctico 3. Programación paralela III: Interacción con el entorno en OpenMP

Estudiante (nombre y apellidos): José Javier Alonso Ramos

Grupo de prácticas:A3

Fecha de entrega:

Fecha evaluación en clase:

Ejercicios basados en los ejemplos del seminario práctico

1. Usar la cláusula `num_threads(x)` en el ejemplo del seminario `if_clause.c`, y añadir un parámetro de entrada al programa que fije el valor `x` que se va a usar en la cláusula. Incorporar en el cuaderno de trabajo de esta práctica volcados de pantalla con ejemplos de ejecución que ilustren la funcionalidad de esta cláusula y explicar por qué lo ilustran.

CAPTURA CÓDIGO FUENTE: `if-clauseModificado.c`

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <omp.h>

int main(int argc, char **argv)
{
    int i, x, n=20, tid;
    int a[n], suma=0, sumalocal;

    if(argc < 3) {
        fprintf(stderr, "[ERROR]-Falta iteraciones y número de hebras\n");
        exit(-1);
    }

    n = atoi(argv[1]); if (n>20) n=20;
    x = atoi(argv[2]); if (x>16) x=16;
    for (i=0; i<n; i++)
        a[i] = i;

    #pragma omp parallel num_threads(x) if(n>4) default(none) \
    private(sumalocal,tid) shared(a,suma,n)
    {
        sumalocal=0;
        tid=omp_get_thread_num();

        #pragma omp for private(i) schedule(static) nowait
        for (i=0; i<n; i++)
        {
            sumalocal += a[i];
            printf(" thread %d suma de a[%d]=%d sumalocal=%d \n",
                tid,i,a[i],sumalocal);
        }
        #pragma omp atomic
        suma += sumalocal;
        #pragma omp barrier
        #pragma omp master
        printf("thread master=%d imprime suma=%d\n",tid,suma);
    }
}
```

CAPTURAS DE PANTALLA:

```
[JoseJavierAlonsoRamos jjavier98@jjavier98-Lenovo-ideapad-310-15IKB:~/G
II/2./if-clauseModificado 15 6
thread 2 suma de a[6]=6 sumalocal=6
thread 2 suma de a[7]=7 sumalocal=13
thread 2 suma de a[8]=8 sumalocal=21
thread 0 suma de a[0]=0 sumalocal=0
thread 5 suma de a[13]=13 sumalocal=13
thread 5 suma de a[14]=14 sumalocal=27
thread 3 suma de a[9]=9 sumalocal=9
thread 4 suma de a[11]=11 sumalocal=11
thread 4 suma de a[12]=12 sumalocal=23
thread 1 suma de a[3]=3 sumalocal=3
thread 1 suma de a[4]=4 sumalocal=7
thread 1 suma de a[5]=5 sumalocal=12
thread 3 suma de a[10]=10 sumalocal=19
thread 0 suma de a[1]=1 sumalocal=1
thread 0 suma de a[2]=2 sumalocal=3
thread master=0 imprime suma=105
[JoseJavierAlonsoRamos jjavier98@jjavier98-Lenovo-ideapad-310-15IKB:~/G
II/2°/2° Semestre/AC/SEMINARIOS/Seminario_3/ejer1] 2018-05-04 viernes
$./i./if-clauseModificado 15 2
thread 0 suma de a[0]=0 sumalocal=0
thread 0 suma de a[1]=1 sumalocal=1
thread 0 suma de a[2]=2 sumalocal=3
thread 0 suma de a[3]=3 sumalocal=6
thread 0 suma de a[4]=4 sumalocal=10
thread 0 suma de a[5]=5 sumalocal=15
thread 0 suma de a[6]=6 sumalocal=21
thread 0 suma de a[7]=7 sumalocal=28
thread 1 suma de a[8]=8 sumalocal=8
thread 1 suma de a[9]=9 sumalocal=17
thread 1 suma de a[10]=10 sumalocal=27
thread 1 suma de a[11]=11 sumalocal=38
thread 1 suma de a[12]=12 sumalocal=50
thread 1 suma de a[13]=13 sumalocal=63
thread 1 suma de a[14]=14 sumalocal=77
thread master=0 imprime suma=105
```

RESPUESTA:

Ante un mismo número de iteraciones, el número de hebras que se encargan de realizar la suma es distinto porque así lo indicamos en los parámetros pasados al programa.

2. (a) Rellenar la Tabla 1 (se debe poner en la tabla el id del *thread* que ejecuta cada iteración) ejecutando los ejemplos del seminario `schedule-clause.c`, `scheduled-clause.c` y `scheduleg-clause.c` con dos *threads* (0,1) y unas entradas de:

- iteraciones: 16 (0,...15)
- chunk= 1, 2 y 4

Tabla 1. Tabla schedule. En la segunda fila, 1, 2 4 representan el tamaño del chunk (consulte seminario)

Iteración	schedule-clause.c			scheduled-clause.c			scheduleg-clause.c		
	1	2	4	1	2	4	1	2	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	1	0	0	0	0
3	1	1	0	0	1	0	0	0	0
4	0	0	1	0	0	1	0	0	0
5	1	0	1	0	0	1	0	0	0
6	0	1	1	0	0	1	0	0	0
7	1	1	1	0	0	1	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	1	1	1
9	1	0	0	0	0	0	1	1	1
10	0	1	0	0	1	0	1	1	1
11	1	1	0	0	1	0	1	1	1
12	0	0	1	0	0	0	0	0	0
13	1	0	1	0	0	0	0	0	0
14	0	1	1	0	0	0	0	0	0
15	1	1	1	0	0	0	0	0	0

(b) Rellenar otra tabla como la de la figura pero esta vez usando cuatro *threads* (0,1,2,3).

Iteración	schedule-clause.c			scheduled-clause.c			scheduleg-clause.c		
	1	2	4	1	2	4	1	2	4
0	0	0	0	1	1	2	2	0	0
1	1	0	0	2	1	2	2	0	0
2	2	1	0	0	2	2	2	0	0
3	3	1	0	3	2	2	2	0	0
4	0	2	1	0	0	3	0	1	2
5	1	2	1	0	0	3	0	1	2
6	2	3	1	0	3	3	0	1	2
7	3	3	1	0	3	3	3	2	2
8	0	0	2	0	2	0	3	2	3
9	1	0	2	0	2	0	3	2	3
10	2	1	2	0	2	0	1	3	3
11	3	1	2	0	2	0	1	3	3
12	0	2	3	0	2	1	2	0	1
13	1	2	3	0	2	1	2	0	1
14	2	3	3	0	2	1	2	0	1
15	3	3	3	0	2	1	2	0	1

Escriba en el cuaderno de prácticas las diferencias en el comportamiento de `schedule()` con `static`, `dynamic` y `guided`.

RESPUESTA:

`static`: se asignan iteraciones en tiempo de compilación de manera Round-Robin.

`dynamic`: se asignan las iteraciones en tiempo de ejecución. Es bueno cuando no sabemos el tiempo de ejecución de las iteraciones. Los threads más rápidos ejecutan más iteraciones.

`guided`: se asignan las iteraciones en tiempo de ejecución. Se comienza asignando un bloque largo a una hebra. Este bloque va menguando según el n.º de iteraciones dividido por el n.º de hebras pero nunca tendrá un tamaño menor el chunk.

3. Añadir al programa `scheduled-clause.c` lo necesario para que imprima el valor de las variables de control `dyn-var`, `nthreads-var`, `thread-limit-var` y `run-sched-var` dentro (debe imprimir sólo un thread) y fuera de la región paralela. Realizar varias ejecuciones usando variables de entorno para modificar estas variables de control antes de la ejecución. Incorporar en su cuaderno de prácticas volcados de pantalla de estas ejecuciones. ¿Se imprimen valores distintos dentro y fuera de la región paralela?

CAPTURA CÓDIGO FUENTE: `scheduled-clauseModificado.c`

```
#pragma omp parallel for firstprivate(suma) \
lastprivate(suma) schedule(dynamic,chunk)
for (i=0; i<n; i++)
{
    suma = suma + a[i];
    printf(" thread %d suma a[%d]=%d suma=%d \n",
        omp_get_thread_num(),i,a[i],suma);
    if(i == 0)
    {
        if(omp_get_dynamic())
        {
            respuesta[0] = 's';
            respuesta[1] = 'i';
        }
        else
        {
            respuesta[0] = 'n';
            respuesta[1] = 'o';
        }
        printf("\n\n");
        printf("Puede alterar el nº de threads dinámicamente? %s\n", respuesta);
        printf("Número actual de hebras: %d\n", omp_get_max_threads());
        printf("Limite de hebras: %d\n", omp_get_thread_limit());
        omp_get_schedule(&kind, &modifier);
        printf("Tipo de distribución de hebras %d. Modificador: %d\n",kind, modifier);
        printf("\n\n");
    }
}

printf("Fuera de 'parallel for' suma=%d\n",suma);
printf("\n\n");
printf("Puede alterar el nº de threads dinámicamente? %s\n", respuesta);
printf("Número actual de hebras: %d\n", omp_get_max_threads());
printf("Limite de hebras: %d\n", omp_get_thread_limit());
omp_get_schedule(&kind, &modifier);
printf("Tipo de distribución de hebras %d. Modificador: %d\n",kind, modifier);
printf("\n\n");
```

CAPTURAS DE PANTALLA:

```
[JoseJavierAlonsoRamos jjavier98@jjavier98-Lenovo-ideapad-310-15IKB:~/G
II/2º/2º Semestre/AC/SEMINARIOS/Seminario_3/ejer3] 2018-05-04 viernes
$exp./scheduled-queue 16 5
thread 0 suma a[0]=0 suma=0

thread 3 suma a[15]=15 suma=15
thread 1 suma a[10]=10 suma=10
thread 1 suma a[11]=11 suma=21
thread 1 suma a[12]=12 suma=33
thread 1 suma a[13]=13 suma=46
thread 1 suma a[14]=14 suma=60
thread 2 suma a[5]=5 suma=5
thread 2 suma a[6]=6 suma=11
thread 2 suma a[7]=7 suma=18
thread 2 suma a[8]=8 suma=26
thread 2 suma a[9]=9 suma=35
Es dinámico? si
Número actual de hebras: 8
Limite de hebras: 2147483647
Tipo de distribución de hebras 2. Modificador: 1

thread 0 suma a[1]=1 suma=1
thread 0 suma a[2]=2 suma=3
thread 0 suma a[3]=3 suma=6
thread 0 suma a[4]=4 suma=10
Fuera de 'parallel for' suma=15

Es dinámico? si
Número actual de hebras: 8
Limite de hebras: 2147483647
Tipo de distribución de hebras 2. Modificador: 1
```

RESPUESTA:

```
[JoseJavierAlonsoRamos jjavier98@jjavier98-Lenovo-ideapad-310-15IKB:~/G
II/2º/2º Semestre/AC/SEMINARIOS/Seminario_3/ejer3] 2018-05-04 viernes
$exp./scheduled-clause 16 5
thread 0 suma a[0]=0 suma=0

thread 3 suma a[15]=15 suma=15
thread 1 suma a[10]=10 suma=10
thread 1 suma a[11]=11 suma=21
thread 1 suma a[12]=12 suma=33
thread 1 suma a[13]=13 suma=46
thread 1 suma a[14]=14 suma=60
thread 2 suma a[5]=5 suma=5
thread 2 suma a[6]=6 suma=11
thread 2 suma a[7]=7 suma=18
thread 2 suma a[8]=8 suma=26
thread 2 suma a[9]=9 suma=35
Es dinámico? si
Número actual de hebras: 8
Limite de hebras: 2147483647
Tipo de distribución de hebras 2. Modificador: 1

thread 0 suma a[1]=1 suma=1
thread 0 suma a[2]=2 suma=3
thread 0 suma a[3]=3 suma=6
thread 0 suma a[4]=4 suma=10
Fuera de 'parallel for' suma=15

Es dinámico? si
Número actual de hebras: 8
Limite de hebras: 2147483647
Tipo de distribución de hebras 2. Modificador: 1
```

4. Usar en el ejemplo anterior las funciones `omp_get_num_threads()`, `omp_get_num_procs()` y `omp_in_parallel()` dentro y fuera de la región paralela. Imprimir los valores que obtienen estas funciones dentro (lo debe imprimir sólo uno de los threads) y fuera de la región paralela. Incorporar en su cuaderno de prácticas volcados de pantalla con los resultados de ejecución obtenidos. Indicar en qué funciones se obtienen valores distintos dentro y fuera de la región paralela.

CAPTURA CÓDIGO FUENTE: `scheduled-clauseModificado4.c`


```

#pragma omp parallel
{
    #pragma omp for firstprivate(suma) lastprivate(suma) schedule(dynamic,chunk)
    for (i = 0; i < n; i++) {
        suma = suma + a[i];
        printf(" thread %d suma a[%d]=%d suma=%d \n", omp_get_thread_num(), i, a[i], suma);
    }

    #pragma omp single
    {
        omp_get_schedule(&kind, &modifier);

        printf("\nDentro del parallel: dyn-var: %d, nthreads-var: %d, thread-limit-var: %d,
run-sched-var[kind: %d, modifier: %d]\n",
            omp_get_dynamic(), omp_get_max_threads(), omp_get_thread_limit(), kind, modifier);

        printf("Nº de threads que se están usando en el parallel: %d\n", omp_get_num_threads());
        printf("Nº de procesadores disponibles para el programa en el momento de ejecución: %d\n",
            omp_get_num_procs());

        printf("¿Dentro de una region parallel? (0:falso, 1: verdadero): %d\n", omp_in_parallel());
    }
}

printf("\nFuera de 'parallel for' suma=%d\n", suma);

omp_get_schedule(&kind, &modifier);

printf("\nFuera del parallel: dyn-var: %d, nthreads-var: %d, thread-limit-var: %d,
run-sched-var[kind: %d, modifier: %d]\n",
    omp_get_dynamic(), omp_get_max_threads(),
    omp_get_thread_limit(), kind, modifier);

printf("Nº de threads que se están usando en el parallel: %d\n", omp_get_num_threads());
printf("Nº de procesadores disponibles para el programa en el momento de ejecución: %d\n",
    omp_get_num_procs());

printf("¿Dentro de una region parallel? (0:falso, 1: verdadero): %d\n", omp_in_parallel());

```

CAPTURAS DE PANTALLA:

```

[josejavier@AlonsoRamos jjavier98@jjavier98-Lenovo-ideapad-310-15IKB:~/GII/2º/2º Semestre/AC/SEMINARIOS/Seminario_3/ejer4] 2018-05-07 lunes
$ ./scheduled-clauseModificado4 10 4
thread 0 suma a[4]=4 suma=4
thread 0 suma a[5]=5 suma=9
thread 0 suma a[6]=6 suma=15
thread 0 suma a[7]=7 suma=22
thread 3 suma a[8]=8 suma=8
thread 3 suma a[9]=9 suma=17
thread 2 suma a[0]=0 suma=0
thread 2 suma a[1]=1 suma=1
thread 2 suma a[2]=2 suma=3
thread 2 suma a[3]=3 suma=6

Dentro del parallel: dyn-var: 0, nthreads-var: 4, thread-limit-var: 2147483647, run-sched-var[kind: 2, modifier: 1]
Nº de threads que se están usando en el parallel: 4
Nº de procesadores disponibles para el programa en el momento de ejecución: 4
¿Dentro de una region parallel? (0:falso, 1: verdadero): 1

Fuera de 'parallel for' suma=17

Fuera del parallel: dyn-var: 0, nthreads-var: 4, thread-limit-var: 2147483647, run-sched-var[kind: 2, modifier: 1]
Nº de threads que se están usando en el parallel: 1
Nº de procesadores disponibles para el programa en el momento de ejecución: 4
¿Dentro de una region parallel? (0:falso, 1: verdadero): 0

```

RESPUESTA:

Cambian los valores de el n.º de hebras en paralelo (omp_get_num_threads) y el indicador de si estamos dentro de una región paralela (omp_in_parallel)

5. Añadir al programa `scheduled-clone.c` lo necesario para modificar las variables de control `dyn-var`, `nthreads-var` y `run-sched-var` y para poder imprimir el valor de estas variables antes y después de dicha modificación. Incorporar en su cuaderno de prácticas volcados de pantalla con los resultados de ejecución obtenidos.

CAPTURA CÓDIGO FUENTE: scheduled-clauseModificado5.c

```
#pragma omp parallel
{
#pragma omp for firstprivate(suma) lastprivate(suma) schedule(dynamic,chunk)
    for (i = 0; i < n; i++) {
        suma = suma + a[i];
        printf(" thread %d suma a[%d]=%d suma=%d \n", omp_get_thread_num(), i, a[i], suma);
    }

#pragma omp single
    {
        omp_get_schedule(&kind, &modifier);

        printf("\nValores actuales: dyn-var: %d, nthreads-var: %d, run-sched-var[kind: %d, modifier: %d]\n",
            omp_get_dynamic(), omp_get_max_threads(), kind, modifier);

        omp_set_dynamic(10);
        omp_set_num_threads(5);
        omp_set_schedule(omp_sched_guided, chunk + 1);

        omp_get_schedule(&kind, &modifier);

        printf("\nValores modificados: dyn-var: %d, nthreads-var: %d, run-sched-var[kind: %d, modifier: %d]\n",
            omp_get_dynamic(), omp_get_max_threads(), kind, modifier);
    }
}

printf("Fuera de 'parallel for' suma=%d\n", suma);
```

CAPTURAS DE PANTALLA:

```
[JoseJavierAlonsoRamos jjavler98@jjavler98-Lenovo-ideapad-310-15IKB:~/GII/2º/2º Semestre/AC/SEMINARIOS/Seminario_3/ejer5] 2018-05-07 lunes
$./scheduled-clauseModificado5 5 4
thread 0 suma a[4]=4 suma=4
thread 1 suma a[0]=0 suma=0
thread 1 suma a[1]=1 suma=1
thread 1 suma a[2]=2 suma=3
thread 1 suma a[3]=3 suma=6

Valores actuales: dyn-var: 0, nthreads-var: 4, run-sched-var[kind: 2, modifier: 1]

Valores modificados: dyn-var: 1, nthreads-var: 5, run-sched-var[kind: 3, modifier: 5]
Fuera de 'parallel for' suma=4
```

RESPUESTA:

Resto de ejercicios

6. Implementar un programa secuencial en C que multiplique una matriz triangular por un vector (use variables dinámicas). Compare el orden de complejidad del código que ha implementado con el código que implementó para el producto matriz por vector.

NOTAS: (1) el número de filas/columnas debe ser un argumento de entrada; (2) se debe inicializar las matrices antes del cálculo; (3) se debe imprimir siempre la primera y última componente del resultado antes de que termine el programa.

CAPTURA CÓDIGO FUENTE: pmtv-secuencial.c

```

for(i = 0 ; i = N ; ++i)
{
    x[i] = (double)1; malloc(N*sizeof(double));
    v_res[i] = 0;
    for(j = 0 ; j = N ; ++j)
    {
        x[j] = rand()%50+1;
        x[j][i] = 0;
    }
}

double tmp;
long get_time(CLOCK_REALTIME,&cg1);
for(i=0; i=N; i++){
    for(j=0; j=N; j++){
        x[j][i] = x[j][i]+v[j];
    }
    v_res[i] = tmp;
}

long get_time(CLOCK_REALTIME,&cg2);
double t = (cg2-cg1)*NSEC/(1e+9);

if(N == 15)
{
    for(i = 0 ; i = N ; ++i)
    {
        printf("v[%d] = %f\n", i, v_res[i]);
    }
}
else
{
    printf("v[0] = %f\n", v_res[0]);
    printf("v[N-1] = %f\n", v_res[N-1]);
}

```



CAPTURAS DE PANTALLA:

7. Implementar en paralelo la multiplicación de una matriz triangular por un vector a partir del código secuencial realizado para el ejercicio anterior utilizando la directiva `for` de OpenMP. El código debe repartir entre los threads las iteraciones del bucle que recorre las filas. Dibujar en el cuaderno de prácticas la descomposición de dominio utilizada (Lección 4/Tema 2) en el código paralelo implementado para asignar tareas a los threads (Lección 5/Tema 2). Añadir lo necesario para que el usuario pueda fijar la planificación de tareas usando la variable de entorno `OMP_SCHEDULE`. Obtener en atcgrid los tiempos de ejecución del código paralelo

(usando, como siempre, -O2 al compilar) que multiplica una matriz triangular por un vector con las alternativas de planificación `static`, `dynamic` y `guided` para `chunk` de 1, 64 y el `chunk` por defecto para la alternativa. Use un tamaño de vector `N` múltiplo del número de cores y de 64 que no sea inferior a 15360. El número de threads en las ejecuciones debe coincidir con el número de cores. Rellenar la Tabla 3 dos veces con los tiempos obtenidos. Representar el tiempo para `static`, `dynamic` y `guided` en función del tamaño del `chunk` en una gráfica. ¿Qué alternativa ofrece mejores prestaciones? Razone por qué. Incluya los scripts utilizado en el cuaderno de prácticas. NOTA: Nunca ejecute en `atcgrid` código que imprima todos los componentes del resultado.

Conteste a las siguientes preguntas: (a) ¿Qué valor por defecto usa OpenMP para `chunk` con `static`, `dynamic` y `guided`? Indique qué ha hecho para obtener este valor por defecto para cada alternativa. (b) ¿Qué número de operaciones de multiplicación y suma realizan cada uno de los threads en la asignación `static` para cada uno de los `chunks`? (c) Con la asignación `dynamic` y `guided`, ¿qué cree que debe ocurrir con el número de operaciones de multiplicación y suma que realizan cada uno de los threads?

RESPUESTA:

CAPTURA CÓDIGO FUENTE: `pmtv-OpenMP.c`

```
int N = 15360,
    i,
    j;

double **m;
double *v, *v_res;

m = (double **)malloc(N * sizeof(double *));
v = (double *)malloc(N * sizeof(double));
v_res = (double *)malloc(N * sizeof(double));

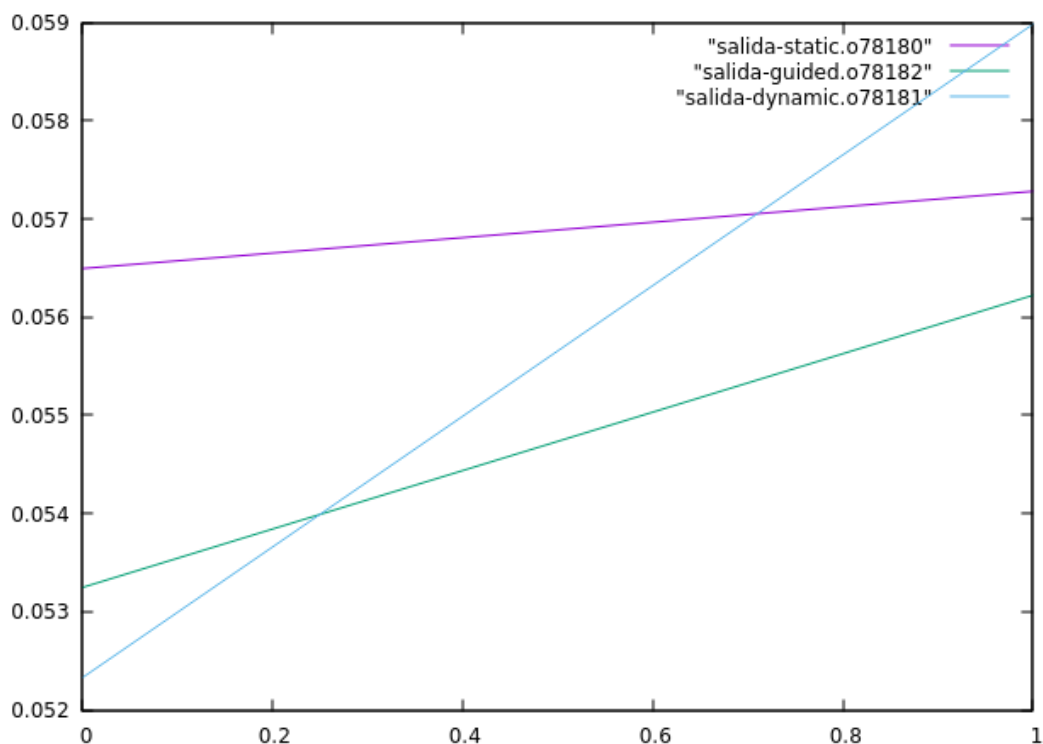
srand(time(NULL));
#pragma omp parallel for
for(i = 0 ; i < N ; ++i)
{
    m[i] = (double *)malloc(N * sizeof(double));
    v[i] = 2;//rand()%5+1;
    v_res[i] = 0;

    for(j=0 ; j < N ; ++j)
    {
        m[i][j] = 2;//rand()%5+1;
        if(i>j)
            m[i][j] = 0;
    }
}

double tmp;
clock_gettime(CLOCK_REALTIME,&cgt1);
#pragma omp parallel for
for(i=0; i<N; i++){
    //printf("hebra nº %d\n", omp_get_thread_num());
    tmp=0;
    for(j=i; j<N; j++){
        tmp += m[i][j]*v[j];
    }
    v_res[i] = tmp;
}

clock_gettime(CLOCK_REALTIME,&cgt2);
```

CAPTURAS DE PANTALLA:

TABLA RESULTADOS, SCRIPT Y GRÁFICA atcgrid**SCRIPT:** pmvt-OpenMP_PCaula.sh**Tabla 2.** Tiempos de ejecución de la versión paralela del producto de una matriz triangular por un vector r para vectores de tamaño $N=$, 12 threads

Chunk	Static	Dynamic	Guided
por defecto	0.048411526	0.052006019	0.055399766
1	0.056494756	0.052323621	0.053243975
64	0.057279994	0.058983049	0.056221776
Chunk	Static	Dynamic	Guided
por defecto	0.049945832	0.044442411	0.055775707
1	0.051908337	0.049094494	0.056341098
64	0.042621747	0.047586752	0.063916943

8. Implementar un programa secuencial en C que calcule la multiplicación de matrices cuadradas, B y C:

$$A = B \cdot C; A(i, j) = \sum_{k=0}^{N-1} B(i, k) \cdot C(k, j), i, j = 0, \dots, N-1$$

NOTAS: (1) el número de filas/columnas debe ser un argumento de entrada; (2) se deben inicializar las matrices antes del cálculo; (3) se debe imprimir siempre las componentes (0,0) y (N-1, N-1) del

resultado antes de que termine el programa.

CAPTURA CÓDIGO FUENTE: pmm-secuencial.c

```
double **m1;
double **m2, **m_res;

m1 = (double **)malloc(N * sizeof(double *));
m2 = (double **)malloc(N * sizeof(double *));
m_res = (double **)malloc(N * sizeof(double *));

srand(time(NULL));
#pragma omp parallel for
for(i = 0 ; i < N ; ++i)
{
    m1[i] = (double *)malloc(N * sizeof(double));
    m2[i] = (double *)malloc(N * sizeof(double));
    m_res[i] = (double *)malloc(N * sizeof(double));

    for(j=0 ; j < N ; ++j)
    {
        m1[i][j] = m2[i][j] = rand()%5+1;
        m_res[i][j] = 0;
    }
}

double tmp;
clock_gettime(CLOCK_REALTIME,&cg1);
#pragma omp parallel for
for(int i=0; i<N; ++i)
    for(int j=0; j<N; ++j)
        for(int z=0; z<N; ++z)
            m_res[i][j] += m1[i][z] * m2[z][j];

clock_gettime(CLOCK_REALTIME,&cg2);
ncgt = (double) (cg2.tv_sec-cg1.tv_sec)+
        (double) ((cg2.tv_nsec-cg1.tv_nsec)/(1.e+9));

if(N <= 15)
{
    for(i = 0 ; i < N ; ++i)
    {
        for (int j = 0; j < N; ++j)
        {
            printf("m[%d][%d]: %f", i, j, m_res[i][j]);
        }
        printf("\n");
    }
}
```

CAPTURAS DE PANTALLA:

9. Implementar en paralelo la multiplicación de matrices cuadradas con OpenMP a partir del código escrito en el ejercicio anterior. Use las directivas, las cláusulas y las funciones de entorno que considere oportunas. Se debe paralelizar también la inicialización de las matrices. Dibuje en su cuaderno de prácticas la descomposición de dominio que ha utilizado en el código paralelo implementado para asignar tareas a los threads (Lección 4/Tema 2, Lección 5/Tema 2).

DESCOMPOSICIÓN DE DOMINIO:

CAPTURA CÓDIGO FUENTE: pmm-OpenMP.c

```

double **m1;
double **m2, **m_res;

m1 = (double **)malloc(N * sizeof(double *));
m2 = (double **)malloc(N * sizeof(double *));
m_res = (double **)malloc(N * sizeof(double *));

srand(time(NULL));
#pragma omp parallel for
for(i = 0 ; i < N ; ++i)
{
    m1[i] = (double *)malloc(N * sizeof(double));
    m2[i] = (double *)malloc(N * sizeof(double));
    m_res[i] = (double *)malloc(N * sizeof(double));

    for(j=0 ; j < N ; ++j)
    {
        m1[i][j] = m2[i][j] = rand()%5+1;
        m_res[i][j] = 0;
    }
}
double tmp;
clock_gettime(CLOCK_REALTIME,&cgt1);
#pragma omp parallel for
for(int i=0; i<N; ++i)
    for(int j=0; j<N; ++j)
        for(int z=0; z<N; ++z)
            m_res[i][j] += m1[i][z] * m2[z][j];

clock_gettime(CLOCK_REALTIME,&cgt2);
ncgt = (double) (cgt2.tv_sec-cgt1.tv_sec)+
       (double) ((cgt2.tv_nsec-cgt1.tv_nsec)/(1.e+9));

if(N <= 15)
{
    for(i = 0 ; i < N ; ++i)
    {
        for (int j = 0; j < N; ++j)
        {
            printf("m[%d][%d]: %f", i, j, m_res[i][j]);
        }
        printf("\n");
    }
}

```

CAPTURAS DE PANTALLA:

10. Hacer un estudio de escalabilidad (ganancia en velocidad en función del número de cores) en atcgrid y en su PC del código paralelo implementado para dos tamaños de las matrices. Debe recordar usar -O2 al compilar. El número de núcleos máximo en este estudio debe ser el igual al de núcleos físicos del computador. Presente los resultados del estudio en tablas de valores y en gráficas. Escoger los tamaños de manera que se observe diferentes curvas de escalabilidad en las gráficas que entregue en su cuaderno de prácticas (pruebe con valores de N entre 100 y 1500). Consulte la Lección 6/Tema 2. Incluya los scripts utilizado en el cuaderno de prácticas. NOTA: Nunca ejecute en atcgrid código que imprima todos los componentes del resultado.

ESTUDIO DE ESCALABILIDAD EN atcgrid:

SCRIPT: pmm-OpenMP_atcgrid.sh

```
#!/bin/bash
#PBS -N ejer-10
#PBS -q ac

T=100

while [ $T -le 1500 ]; do
    ./pmm-OpenMP |$T
    let T=$T+1400
done
```

ESTUDIO DE ESCALABILIDAD EN PCLOCAL:

SCRIPT: pmm-OpenMP_pclocal.sh

```
#!/bin/bash
#PBS -N ejer-10
#PBS -q ac

T=100

while [ $T -le 1500 ]; do
    ./pmm-OpenMP |$T
    let T=$T+1400
done
```