Основы OpenMP

Nikita Panov
(nikita.v.panov@intel.com)

i-lab
Лаборатория НГУ-Интел

OpenMP: Что это?

- **Стандарт, позволяющий распараллеливать вычисления на системах с общей памятью.**

- **Преимущества:**
  - **Простота использования.**
  - **Переносимость.**
  - **Низкие накладные расходы.**
  - **Поддержка параллелизма по данным.**

Синтаксис

Compiler directives:

- C/C++
  - #pragma omp *directive [clause, …]*
- Fortran
  - !$OMP *directive [clause, …]*
  - C$OMP *directive [clause, …]*
  - *$OMP *directive [clause, …]*

Параллельное исполнение

Parallel Regions

Основная конструкция OpenMP

#pragma omp parallel

```
#pragma omp parallel
{
   printf( “hello world from thread %d of %d\n”,
                omp_get_thread_num(),
                omp_get_num_threads() );
}
```

Параллельное исполнение

- Итак, большинство конструкций OpenMP – это дерективы компилятора
- Основная конструкция OpenMP это omp parallel [something]

Serial Program:

```
void main()
{
   double Res[1000];

   for(int i=0;i<1000;i++) {
         do_huge_comp(Res[i]);
   }
}
```

Parallel Program:

```
void main()
{
   double Res[1000];
#pragma omp parallel for
   for(int i=0;i<1000;i++) {
         do_huge_comp(Res[i]);
   }
}
```

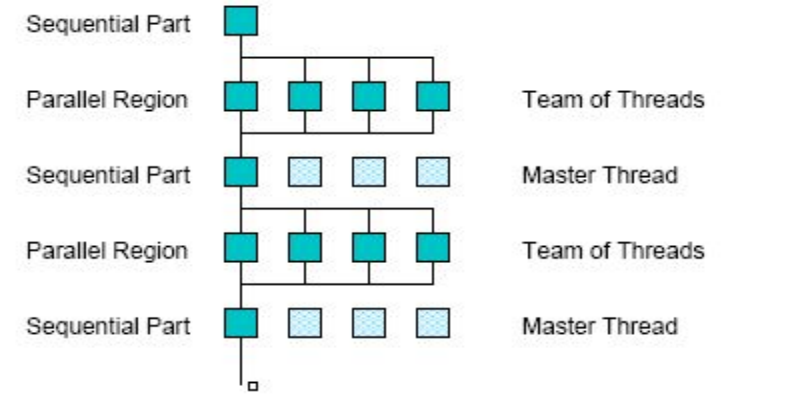
OpenMP подход к параллелизму

- OpenMP основано на модели разделяемой памяти.
- Вычислительная задача распределяется на потоки.
  - Переменные могут быть
    - **общими для всех потоков;**
    - **или каждый поток работает со своей независимой копией.**
- Неосторожное или неправильное использование переменных может привести к неверной работе распараллеленной программы.

OpenMP подход к параллелизму

Модель fork-join

- Исполнение программы начинается в одном потоке (master thread).
- Далее следует конструкция OpenMP
  Основной поток создает параллельные потоки.
- После завершения параллельной секции
  Ожидается завершение всех параллельных потоков.
- Основной поток продолжает исполнение.



i-lab
Лаборатория НГУ-Интел

Основные конструкции OpenMP

#pragma omp for

Каждый поток получает свою порцию работы – data parallelism.

#pragma omp section

Каждая такая секция будет исполняться в отдельном потоке – functional parallelism.

#pragma omp single

Последовательное (не параллельное) исполнение участка программы. Только один поток исполнит этот код.

OpenMP sections

```
#pragma omp sections [ clause [ clause ] ... ] new-line
{
[#pragma omp section new-line ]
structured-block1
[#pragma omp section new-line
structured-block2 ]
...
}
```

OpenMP sections

Functional Parallelism

```
#pragma omp parallel
#pragma omp sections nowait
{
      thread1_work();
#pragma omp section
      thread2_work();
#pragma omp section
      thread3_work();
#pragma omp section
       thread4_work();
}
```

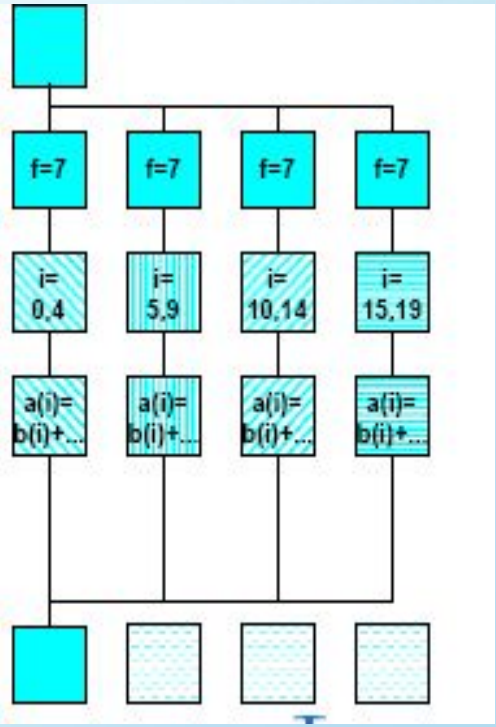
OpenMP for directive

`#pragma omp for` [clause [clause] ...

Непосредственно следующий за директивой цикл будет исполнен параллельно (будет разделён по данным между исполнителями).

OpenMP for directive

```
#pragma omp parallel private(f)
{
    f=7;
#pragma omp for
      for (i=0; i<20; i++)
      a[i] = b[i] + f * (i+1);
} /* omp end parallel */
```



OpenMP for directive

Возможны следующие модификаторы:

- `private(` list `);`
- `reduction(` operator`:` list `);`
- `schedule(` type [, chunk] `);`
- `nowait` (для `#pragma omp for`).

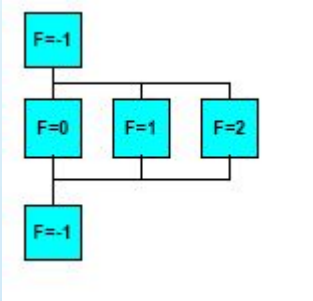
В конце цикла `for` происходит синхронизация, если не указана директива `nowait`.

`schedule` указывает, как итерации распределятся среди потоков (поведение по умолчанию зависит от реализации).

Переменные в OpenMP

`private ( list )`

Будут созданы уникальные локальные копии перечисленных переменных.



`shared ( list )`

Потоки разделяют одну переменную.

`firstprivate ( list )`

Создаются локальные переменные, инициализированные значением из основного потока.

`lastprivate ( list )`

После завершения последней итерации значение переменной копируется в переменную основного потока.

…

По умолчанию все переменные `shared`, кроме локальных переменных в вызываемых функциях и счётчиков цикла.

Пример

```
int x;
x = 0;                          // Initialize x to zero

#pragma omp parallel for firstprivate(x)   // Copy value
            // of x
                                    // from master
for (i = 0; i < 10000; i++) {
    x = x + i;
}
printf( “x is %d\n”, x );   // Print out value of x

/* Actually needs lastprivate(x) to copy value back out to master */
```

OpenMP schedule clause

Разбиение итераций цикла по потокам или «диспетчеризация»

`schedule( type [ , chunk ] )`

`type` может принимать следующие значения:

`static:` Статическая диспетчеризация. Каждый поток получает фиксированное количество итераций.

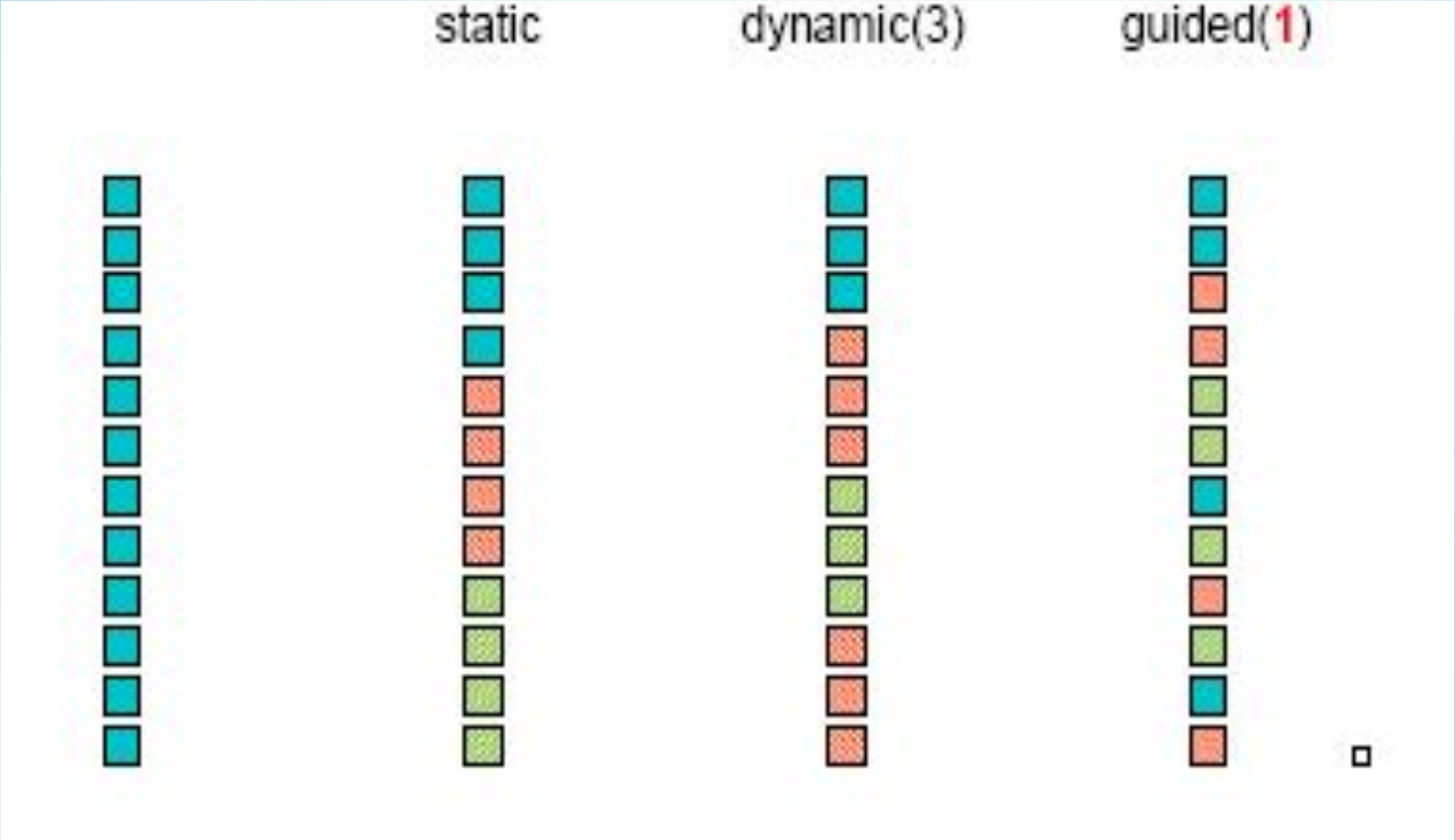
`dynamic:` Динамическая диспетчеризация.

`guided:` Фактически, постепенно уменьшающееся количество итераций.

`runtime:` Тип диспетчеризации определяется в момент исполнения, в зависимости от значения переменных окружения.

Loop scheduling

(планирование выполнения итераций цикла)



Основные функции OpenMP

```
int omp_get_num_threads(void);

int omp_get_thread_num(void);
```

…

http://www.openmp.org/

Синхронизация в OpenMP

Неявная синхронизация происходит в начале и конце любой конструкции `parallel`

(до тех пор, пока не указана директива nowait).

Синхронизация в OpenMP

critical – критическая секция. Не может исполняться одновременно несколькими потоками.

atomic – специальная версия критической секции для атомарных операций (таких, как запись переменной).

barrier – точка синхронизации всех потоков.

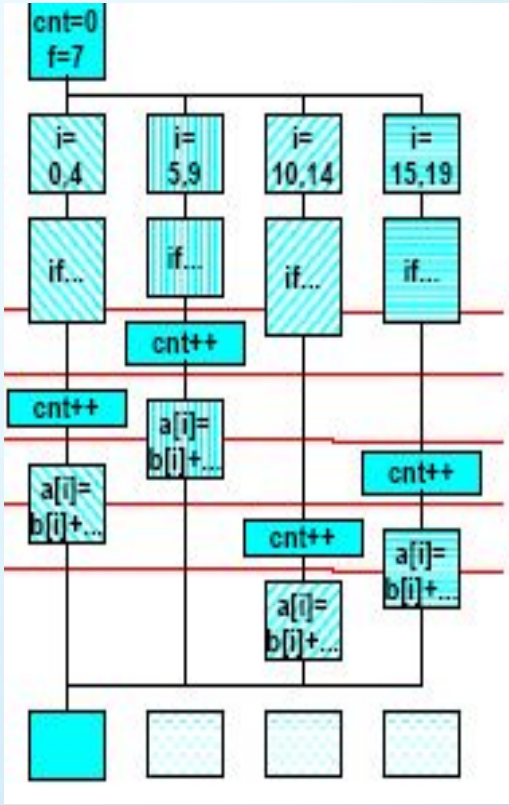
ordered – последовательное исполнение.

master – только основной поток исполняет следующий код.

…

OpenMP critical

```
cnt = 0;
f=7;
#pragma omp parallel
{
#pragma omp for
    for (i=0; i<20; i++) {
     if (b[i] == 0) {
                #pragma omp critical
          cnt ++;
     } /* endif */
    a[i] = b[i] + f * (i+1);
    } /* end for */
} /*omp end parallel */
```



Полная информация

OpenMP Homepage: http://www.openmp.org/

Introduction to OpenMP - tutorial from WOMPEI 2000 (link)
Writing and Tuning OpenMP Programs on Distributed Shared Memory Machines (link)

R.Chandra, L. Dagum, D. Kohr, D. Maydan, J. McDonald, R. Menon:
Parallel programming in OpenMP.
Academic Press, San Diego, USA, 2000, ISBN 1-55860-671-8

R. Eigenmann, Michael J. Voss (Eds):
OpenMP Shared Memory Parallel Programming.
Springer LNCS 2104, Berlin, 2001, ISBN 3-540-42346-X

Спасибо за внимание!