Arquitectura de Sistemas

Práctica 6: Hebras II

Gustavo Romero López

Updated: 20 de febrero de 2019

Arquitectura y Tecnología de Computadores

Objetivos

- Seguir practicando con la programación multihebra.
- Introducción a la optimización.
- Implementar una versión multihebra de una biblioteca de matrices que mejore la velocidad de procesamiento frente a la versión secuencial.

Optimización

- mejor algoritmo
  - menos operaciones/operaciones más rápidas
  - mejor acceso a datos e instrucciones
- mejor implementación
- balance mejor algoritmo/mejor optimización
  - ¿paralelizar fibonacci? $\Longrightarrow$ no
  - ¿quicksort para ordenar 3 elementos? $\Longrightarrow$ no
- análisis de rendimiento
  - mejorar todo $\Longrightarrow$ perdidad de tiempo/esfuerzo
  - descubir cuellos de botella $\Longrightarrow$ si!!!

- Instrumentalizar: modificar código para evaluar su rendimiento.
  - ¿te gusta hacerlo a mano?
- `gprof`: instrumentalización automática (`gcc`).
  1. compilar con la opción: `-pg`.
  2. al ejecutar se crea `gmon.out`.
  3. analizar las estadísticas con: `gprof ejecutable`.
- `valgrind`: conjunto de herramientas para estudiar la gestión de memoria, fallos en las hebras y analizar rendimiento.
  - no requiere instrumentalización pero la ejecución es lenta.
- `oprofile`: analizador que funciona con ayuda del núcleo.
  - no requiere instrumentalización y la ejecución es rápida.
- `perf`: analizador que funciona con ayuda del núcleo.
  - no requiere instrumentalización y la ejecución es rápida.

Ejemplos

- ordenar vectores:

```
bubblesort(v.begin(), v.end());
quicksort(v.begin(), v.end());
parallel::sort(v.begin(), v.end());
```

- producto escalar de 2 matrices cuadradas:

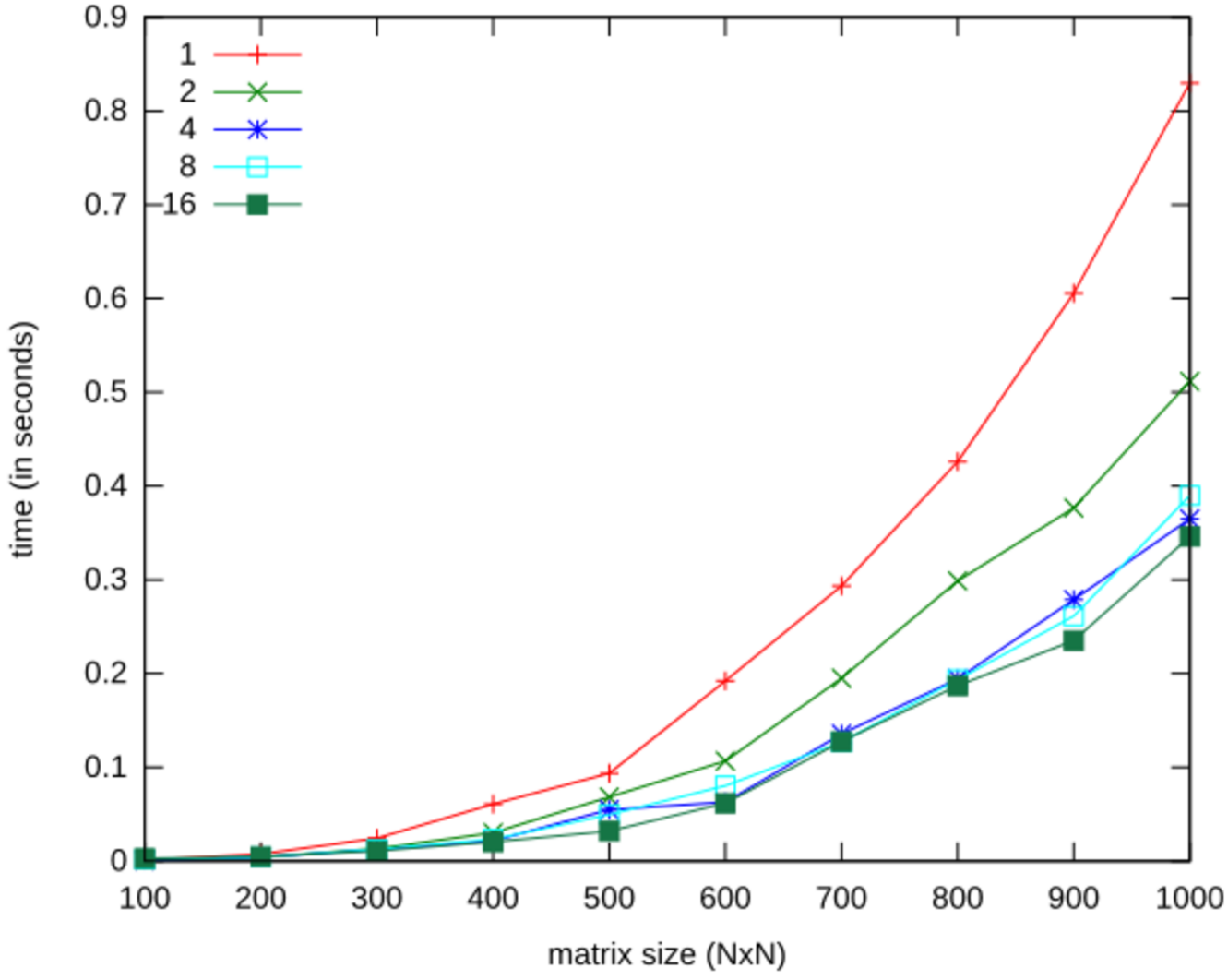
```
for (int i = 0; i < N; ++i)
  for (int j = 0; j < N; ++j)
    for (int k = 0; k < N; ++k)
      s[i][j] += v1[i][k] * v2[k][j];

for (int i = 0; i < N; ++i)
  for (int k = 0; k < N; ++k)
    for (int j = 0; j < N; ++j)
      s[i][j] += v1[i][k] * v2[k][j];
```

Test: biblioteca multihebra para matrices cuadradas

- Implementar una versión multihebra de los programas que puede descargar desde: `http://pccito.ugr.es/~gustavo/as/practicas/06` llamados `matrix.h` y `matrix.cc`.
- Los programas `matrix.h` y `matrix.cc` son una versión monohebra de una biblioteca de operaciones sobre matrices.
- Modifique sólo `matrix.h` de forma que utilice varias hebras para acelerar los cálculos realizados en `matrix.cc`.
- No modifique `matrix.cc` para que los resultados puedan ser comparables con las versiones del resto de sus compañeros.
- Con `make all` generará un gráfico que comparativo de la ejecución de su programa con diferente número de procesadores.
- Para que el makefile funcione correctamente en el directorio sólo debe estar él mismo junto a los ficheros `matrix.h` y `matrix.cc`.

Paralelización sobre una máquina de 4 núcleos



matrix.h

```
//------------------------------------------------------------------------------
// matrix.h
//------------------------------------------------------------------------------

#ifndef MATRIX_H
#define MATRIX_H

//------------------------------------------------------------------------------

#include <iostream>
#include <vector>

//------------------------------------------------------------------------------

extern unsigned THREAD; // number of threads from matrix.cc

//------------------------------------------------------------------------------

template<typename _t>
std::ostream& operator<<(std::ostream& os, const std::vector<_t>& v)
{
  os << '<';
  for (auto i: v)
    os << i << ' ';
  return os << '>';
```

```
}

//-----------------------------------------------------------------------------

template<typename _t> class matrix: public std::vector<std::vector<_t>>
{
public:
  matrix(unsigned __size = 0, _t __t = _t()):
    std::vector<std::vector<_t>>(__size, std::vector<_t>(__size, __t)) {}

  template<class _rng> void random(_rng& __rng)
  {
    for (auto& i: *this)
      for (auto& j: i)
        j = __rng();
  }

  void transpose()
  {
    for (unsigned i = 0; i < this->size(); ++i)
      for (unsigned j = i + 1; j < this->size(); ++j)
        std::swap((*this)[i][j], (*this)[j][i]);
  }

  matrix& operator+=(const matrix& m)
  {
```

matrix.h III

```
  for (unsigned i = 0; i < this->size(); ++i)
    for (unsigned j = 0; j < this->size(); ++j)
      (*this)[i][j] += m[i][j];
  return *this;
}

matrix& operator-=(const matrix& m)
{
  for (unsigned i = 0; i < this->size(); ++i)
    for (unsigned j = 0; j < this->size(); ++j)
      (*this)[i][j] -= m[i][j];
  return *this;
}

matrix& operator*=(const matrix& m)
{
  matrix r(m.size(), 0);
  for (unsigned i = 0; i < this->size(); ++i)
    for (unsigned j = 0; j < this->size(); ++j)
      for (unsigned k = 0; k < this->size(); ++k)
        r[i][j] += (*this)[i][k] * m[k][j];
  this->swap(r);
  return *this;
}

friend std::ostream& operator<<(std::ostream& os, const matrix& m)
```

matrix.h IV

```
  {
    for (auto& i: m)
    {
      os << "[ ";
      for (auto& j: i)
        os << j << ' ';
      os << "]" << std::endl;
    }
    return os;
  }
};

//-------------------------------------------------------------------------

template<typename _t>
matrix<_t> operator+(const matrix<_t>& __x, const matrix<_t>& __y)
{
  matrix<_t> __r = __x;
  __r += __y;
  return __r;
}

template<typename _t>
matrix<_t> operator-(const matrix<_t>& __x, const matrix<_t>& __y)
{
  matrix<_t> __r = __x;
```

```
  __r -= __y;
  return __r;
}

template<typename _t>
matrix<_t> operator*(const matrix<_t>& __x, const matrix<_t>& __y)
{
  matrix<_t> __r = __x;
  __r *= __y;
  return __r;
}

//-----------------------------------------------------------------------------

#endif // MATRIX_H

//-----------------------------------------------------------------------------

// Local Variables:
// mode:C++
// End:
```

matrix.cc I

```
//------------------------------------------------------------------------------
// matrix.cc
// info: http://www.boost.org/doc/libs/1_55_0/doc/html/program_options.html
//       http://www.radmangames.com/programming/how-to-use-boost-program_options
//------------------------------------------------------------------------------

#include <chrono>
#include <functional>
#include <iostream>
#include <random>
#include <sstream>
#include <stdexcept>

#include <boost/program_options.hpp>

#include "matrix.h"

namespace po = boost::program_options;

//------------------------------------------------------------------------------

unsigned N = 10;       // number of rows and columns
unsigned THREAD = 1;   // number of threads
bool verbose = false; // verbose output
```

matrix.cc II

```
//------------------------------------------------------------------------------

void work()
{
  std::default_random_engine generator(N);
  std::uniform_int_distribution<int> distribution(0, 9);
  auto rng = std::bind(distribution, generator);

  auto t1 = std::chrono::high_resolution_clock::now();

  matrix<int> a(N);
  a.random(rng);

  if (verbose)
    std::cout << "a = " << std::endl << a;

  matrix<int> t(a);
  t.transpose();

  if (verbose)
    std::cout << "t = " << std::endl << t;

  matrix<int> s(a);
  s *= s;

  if (verbose)
```

matrix.cc III

```
    std::cout << "s = " << std::endl << s;

  matrix<int> o(N, 1);

  if (verbose)
    std::cout << "o = " << std::endl << o;

  a = a * t + s - o;

  auto t2 = std::chrono::high_resolution_clock::now();

  if (verbose)
    std::cout << "a = " << std::endl << a << std::endl;

  std::cout << "tiempo: " << std::chrono::duration_cast<std::chrono::nanoseconds>(t2
       - t1).count()
           << " ns" << std::endl;

}

//--------------------------------------------------------------------------

void parser(int argc, char *argv[])
{
  po::options_description desc("program options");
```

matrix.cc IV

```
  desc.add_options()
    ("help,h", "help message")
    ("number,n", po::value<unsigned>(&N)->default_value(10), "number of rows and
         columns")
    ("threads,t", po::value<unsigned>(&THREAD)->default_value(1), "number of threads
         ")
    ("verbose,v", "verbose output")
  ;

  po::variables_map vm;
  po::store(po::parse_command_line(argc, argv, desc), vm);
  po::notify(vm);

  if (vm.count("help"))
    throw desc;

  if (vm.count("verbose"))
    verbose =  true;
  else
    verbose = false;
}

//-----------------------------------------------------------------------------

int main(int argc, char *argv[])
{
```

```
  try
  {
    parser(argc, argv);
    work();
  }
  catch (po::options_description& desc)
  {
    std::cout << desc;
  }
  catch (std::exception& e)
  {
    std::cerr << argv[0] << ": " << e.what() << std::endl;
    return 1;
  }
}

//-----------------------------------------------------------------------------

// Local Variables:
// mode:C++
// End:
```