

# Исследование вопроса

пока я выложу свои изыскания. если появятся альтернативы - сделаем разные странички, или секции - как будет удобнее.

## План

1. Найти hotspots
2. Сравнить их относительный вклад во время работы
3. Наметить пути оптимизации

## Hotspots

Профилировал gcc/gcov. Для этого патчил Makefile (cd src ; patch -p1 Makefile-profiling.patch):

```
diff -ruN src-org/Makefile src1/Makefile
--- src-org/Makefile 2007-09-17 17:43:08.000000000 +0400
+++ src1/Makefile 2007-10-31 22:58:53.000000000 +0300
@@ -59,14 +59,14 @@
 CINC      = -I$(SRC_DIR)
 CDEFS     =
 COBJ      = -c -o$(OBJ_DIR)/$@
-CDEFOPT   = -O2
+CDEFOPT   = -g -pg -fprofile-arcs -ftest-coverage
 COPT      =
-CFLAGS    =
+CFLAGS    = -O3
 CFLAGS_ALL = $(CFLAGS) $(CINC) $(CDEFS) $(CDEFOPT) $(CPROC) $(CPLAT)

 LD        = g++
 LDPLAT   =
-LDFLAGS   =
+LDFLAGS   = -g -pg -ax -fprofile-arcs -ftest-coverage
 LDOUTOPT = -o "$(OUT_DIR)/$(BENCHMARK)"
 LIBS     = -lm -lc
 LIBS_ALL = $(LIBS)
```

Результаты (./sunset -cfg ../input/Sample01.cfg) - основное:

```
- :
729:!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
- : 730:!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!! Water surface modelling
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
- :
731:!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
- : 732:*/
```

```
247782400: 733:         for(t = 0; t < NKMAX; t++)
-: 734:         {
240217600: 735:             OT = flOmega[t] * flTime;
240217600: 736:             KX1 = flK[t] * flDecartX[i][j];
240217600: 737:             KY1 = flK[t] * flDecartY[i][j];
-: 738:
7927180800: 739:             for(l = 0; l < iAngleHarmNum; l++)
-: 740:             {
7686963200: 741:                 iSinIndex1 = t * iAngleHarmNum + l;
-: 742:
flArgSin[currentthread].aptr[iSinIndex1] = OT -
-: 743:                 KX1 * flAzimuthCosFi[l] - KY1 *
flAzimuthSinFi[l] +
7686963200: 744:                 flRandomPhase[t*iAngleHarmNum +
l];
-: 745:                 } /* end for l */
-: 746:             } /* end for t */
-: 747:
7564800: 748:             pFlTmp = flArgSin[currentthread].aptr;
-: 749:
-: 750:             #pragma ivdep
7753920000: 751:             for(t=0; t<iWaveMeshSize; t++)
7746355200: 752:                 pFlTmp[t] = (float)sinf(pFlTmp[t]);
-: 753:
-: 754:             /* initialize the values of derivation */
7564800: 755:             flDerivX = 0.0f;
7564800: 756:             flDerivY = 0.0f;
-: 757:
-: 758:             /* dot product to compute derivation */
7753920000: 759:             for(t = 0; t < iWaveMeshSize; t++)
-: 760:             {
7746355200: 761:                 flDerivX += pFlTmp[t] *
flAmplitudeX[t];
7746355200: 762:                 flDerivY += pFlTmp[t] *
flAmplitudeY[t];
-: 763:             }
-: 764:
```

Интерпретация: алгоритм проходит по всем точкам изображения (7564800 действий). Для прообраза каждой точки изображения, находящегося на поверхности воды рассчитывается  $iWaveHarmNum * iAngleHarmNum$  дополнительных значений (во всех примерах -  $32*32 == 1024$ ). Это - аргументы синусов, сами синусы и скалярные произведения амплитуд на эти синусы (7746355200 действий).

Начальное время на моей машине: 45.457/кадр

## Вклад во время

закомментировал блок целиком:

```
diff -ruN src-org/sunset.cpp src1/sunset.cpp
--- src-org/sunset.cpp 2007-09-16 12:04:44.000000000 +0400
+++ src1/sunset.cpp 2007-10-31 23:34:04.000000000 +0300
@@ -730,6 +730,11 @@
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!! Water surface modelling !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
*/
+
+       /* initialize the values of derivation */
+       flDerivX = 0.0f;
+       flDerivY = 0.0f;
+
+#if 0
+
+       for(t = 0; t < NKMAX; t++)
+       {
+           OT = flOmega[t] * flTime;
@@ -751,17 +756,13 @@
+       for(t=0; t<iWaveMeshSize; t++)
+           pFlTmp[t] = (float)sinf(pFlTmp[t]);
-
-       /* initialize the values of derivation */
-       flDerivX = 0.0f;
-       flDerivY = 0.0f;
-
-       /* dot product to compute derivation */
-       for(t = 0; t < iWaveMeshSize; t++)
-       {
-           flDerivX += pFlTmp[t] * flAmplitudeX[t];
-           flDerivY += pFlTmp[t] * flAmplitudeY[t];
-       }
-
+#endif
+
+       /* Near horizont area correction */
+       flDerivX *= P2;
+       flDerivY *= P2;
```

Время: 1.225/кадр.

1. Оставил только расчет аргументов. Время: 4.771/кадр.
2. Оставил только расчет скалярного произведения. Время: 2.436/кадр.

Результат: основное время уходит в тригонометрию, затем – в генерацию аргументов, затем – в скалярное произведение.

## Пути оптимизации

### Очевидные шаги

1. включить опенмп, заготовки которого уже есть в коде (: (ускорение пропорционально количеству вычислительных ядер)
2. очень много математики. однако нет ни специальных значений аргументов, ни проверок matherr, ничего такого. Включить на полную оптимизацию математических вызовов. (ускорение до 35.943/кадр или ~ в 1.2 раза)

```
diff -ruN src-org/Makefile src/Makefile
--- src-org/Makefile 2007-09-17 17:43:08.000000000 +0400
+++ src/Makefile 2007-10-23 22:11:17.000000000 +0400
@@ -59,14 +59,14 @@
CINC      = -I$(SRC_DIR)
CDEFS     =
COBJ      = -c -o$(OBJ_DIR)/$@
-CDEFOPT  = -O2
+CDEFOPT  = -g -pg -fprofile-arcs -ftest-coverage
COPT      =
-CFLAGS   =
+CFLAGS   = -O3 -ffast-math -ffinite-math-only -fno-math-errno -funsafe-
math-optimizations -fno-trapping-math -march=prescott -fopenmp
CFLAGS_ALL = $(CFLAGS) $(CINC) $(CDEFS) $(CDEFOPT) $(CPROC) $(CPLAT)

LD        = g++
LDPLAT   =
-LDFLAGS  =
+LDFLAGS  = -g -pg -ax -fprofile-arcs -ftest-coverage -fopenmp
LDOUTOPT  = -o "$(OUT_DIR)/$(BENCHMARK)"
LIBS     = -lm -lc
LIBS_ALL = $(LIBS)
```

### Менее очевидные шаги

#### Использование Math Kernel Library

[Math Kernel Library\(Описание\)](#)

- библиотека в основном хорошо реализует матричные операции;

#### Использовать Intel C Compiler

[Компилятор\(Описание\)](#)

- должен позволить автоматически использовать SIMD команды (SSE, SSE2...) для оптимизации вычислений в основном в циклах;
- возможно подскажет где что можно ещё распараллелить;

## Использование Intel Performance Primitives

### Intel Performance Primitives(Описание)

- как заявляется производительность растёт в том числе и за счёт оптимизации библиотеки под различные модели процессоров;
- можно попробовать использовать оттуда не только тригонометрию но и функции работы с изображениями 2D;

P.S. Менеджер проекта этой библиотеки из Нижнего Новгорода откуда и сам sunset :)

Для тригонометрии в hotspot 2 использовал ippsSin.

```
diff -ruN src-org/Makefile src1/Makefile
--- src-org/Makefile      2007-09-17 17:43:08.000000000 +0400
+++ src1/Makefile        2007-11-02 00:49:53.000000000 +0300
@@ -56,19 +56,19 @@
 CC          = gcc
 CPLAT       =
 CPROC       =
-CINC        = -I$(SRC_DIR)
+CINC        = -I$(SRC_DIR) -I/opt/intel/ipp/5.2/ia32/include
 CDEFS       =
 COBJ        = -c -o$(OBJ_DIR)/$@
-CDEFOPT     = -O2
+CDEFOPT     = -g -pg -fprofile-arcs -ftest-coverage
 COPT        =
-CFLAGS      =
+CFLAGS      = -O3 -ffast-math -ffinite-math-only -fno-math-errno -funsafe-
math-optimizations -fno-trapping-math -march=prescott
 CFLAGS_ALL = $(CFLAGS) $(CINC) $(CDEFS) $(CDEFOPT) $(CPROC) $(CPLAT)

 LD          = g++
 LDPLAT     =
-LDFLAGS     =
+LDFLAGS     = -g -pg -ax -fprofile-arcs -ftest-coverage -
L/opt/intel/ipp/5.2/ia32/sharedlib
 LDOUTOPT   = -o "$(OUT_DIR)/$(BENCHMARK)"
-LIBS        = -lm -lc
+LIBS        = -lm -lc -lippcore -lippvm -lguid
 LIBS_ALL   = $(LIBS)

endif
diff -ruN src-org/sunset.cpp src1/sunset.cpp
--- src-org/sunset.cpp    2007-09-16 12:04:44.000000000 +0400
+++ src1/sunset.cpp       2007-11-02 00:34:38.000000000 +0300
```

```
@@ -45,6 +45,7 @@
#include <omp.h>
#endif
#include "sunset.h"
+#include <ippvm.h>

#define MIN(x,y)    (((x) < (y)) ? (x) : (y))
#define MAX(x,y)    (((x) < (y)) ? (y) : (x))
@@ -747,9 +748,10 @@

        pFlTmp = flArgSin[currentthread].aptr;

-        #pragma ivdep
-        for(t=0; t<iWaveMeshSize; t++)
-            pFlTmp[t] = (float)sinf(pFlTmp[t]);
+        ippsSin_32f_A21(pFlTmp,pFlTmp,iWaveMeshSize);
+        //#pragma ivdep
+        //for(t=0; t<iWaveMeshSize; t++)
+        //    pFlTmp[t] = (float)tab_sinf(pFlTmp[t]);

        /* initialize the values of derivation */
        flDerivX = 0.0f;
```

Результат - 10.044/кадр, 0.7% отличий. Понижение точности до 11 бит дает 9.139/кадр, 1% отличий. Однако, по-простецки с openmp оно дружить не захотело - segfault.

From:  
<http://wiki.osll.ru/> - **Open Source & Linux Lab**

Permanent link:  
[http://wiki.osll.ru/doku.php/etc:common\\_activities:intel\\_students\\_cup:tour2?rev=1194022805](http://wiki.osll.ru/doku.php/etc:common_activities:intel_students_cup:tour2?rev=1194022805)

Last update: **2008/01/03 02:32**

