

## ИМИТАЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТЫ

К. И. Дизендорф, Г. А. Середин (Ижевск)

Разрабатываемая бортовая система самолета содержит блок, отображающий электронную карту в реальном времени. В первоначальном варианте блок содержал один процессор, управляющий обработкой и отображением. Но его производительность не обеспечивает достаточно быстрого изменения изображения. Поэтому было решено увеличить число процессоров в блоке, распределив работу между ними. Необходимо определить минимальный количественный состав схемы (число процессоров и распределение работы между ними) для достаточно быстрой прорисовки карты.

Блок отображения построен на базе 32-х разрядного сигнального процессора DSP (Digital Signal Processor) фирмы Analog Devices *ADSP-21065L SHARC* с производительностью 180 MFLOPS (миллионов операций в секунду со значениями с плавающей запятой в идеальном случае). Так как процессор настроен на треть от номинальной вычислительной мощности, то реальная производительность – 60 MFLOPS (время выполнения одной операции  $17 \cdot 10^{-9}$  сек.). Для памяти SDRAM среднее время доступа DSP к произвольной ячейке – 60 нс ( $6 \cdot 10^{-8}$  сек.).

В состав электронной карты входят паспорт, содержащий информацию о районе (под районом здесь подразумевается некоторая местность на Земле в виде географической карты), классификатор объектов карты, листы – сами объекты в виде последовательности координат. Один лист хранит информацию о местности размера  $75 \times 75$  км и содержит от 1000 до 30000 различного вида объектов. Объекты задаются точками на карте (от 8 до 178). Электронная карта хранится в виде файлов на внешнем носителе.

Область местности отображается в одном из трех масштабов 10 км (1 лист), 75 км (4 листа) или 150 км (6 листов). Время отображения области для однопроцессорного варианта блока составляет: для 10 км – 0,3–0,4 сек., для 75 км – 1,1–1,2 сек., для 150 км – 1,6–1,7 сек.

Процесс построения области состоит из следующих этапов:

1. определение листов, попадающих в область отображения;
2. чтение объектов, лежащих на этих листах из файлов, и их обработка для определения местоположения;
3. прорисовка объектов в видеопамати.

В процессе построения области этап 1 выполняется один раз, а этапы 2 и 3 выполняются для каждого объекта. Исходя из этого, процесс был разделен на две части: этапы 1, 2 и этап 3. Этапы 1 и 2 занимают 40–45% времени построения области, а этап 3 – 55–60%. Предполагается, что каждая часть выполняется своей группой процессоров. Для передачи данных между этими группами служит кэш размером 8 Кб, который работает по принципу «первый пришёл – первый ушёл». Среднее время доступа DSP к произвольной ячейке кэша (память SRAM) – 15 нс ( $15 \cdot 10^{-9}$  сек.). Однако DSP менее производителен, поэтому время доступа к кэшу соответствует времени быстрого действия DSP ( $17 \cdot 10^{-9}$  сек.). В каждой группе есть главный процессор, который отслеживает начало/конец области, чтобы данные разных областей не попадали на одну картинку. Этап 1 полностью возлагается на главный процессор первой группы.

В качестве критерия качества использовалось время построения области. Приемлемой величиной было выбрано время отображения около 1 сек. Если время окажется меньше, то это даст возможность разработчикам обратить внимание на качество изображения.

Для исследования эффективности различных по количеству процессоров блоков отображения были построены модели одно- и многопроцессорной системы. Однопроцессорная модель предназначалась для проверки адекватности модели, так как однопроцессорная схема уже была реализована аппаратно.

При построении моделей были использованы следующие предположения:

1. время построения области состоит из двух слагаемых: первое – постоянное, второе – пропорционально числу листов в области;
2. разброс времени построения области (примерно 0,1 с) линейно зависит от числа объектов;
3. описание объекта занимает в кэше место, пропорциональное числу точек, описывающих объект;
4. время чтения/записи объекта в кэш пропорционально времени доступа к кэшу и числу точек, описывающих объект;
5. одновременное чтение и запись в кэш невозможно.

Время построения одной области заносилось в таблицу. Моделирование продолжалось до тех пор, пока относительное отклонение среднего значения от предыдущего не сохранялось менее  $10^{-3}$  в течение обработки 10 областей.

Этап 1 не может быть разделен между процессорами, поэтому нужно из первого слагаемого (смотри предположение 1) выделить время, приходящееся на этот этап. Так как постоянное слагаемое составляет примерно 0,04 сек., то этап 1 не может длиться дольше этой величины. Однако измерить длительность этапа 1 не представляется возможным. Поэтому для каждой конфигурации было проведено два прогона: один при нулевом времени первого этапа, а второй – при максимально возможном. В качестве результата бралось большее время.

В процессе исследования было проведено моделирование однопроцессорной, двухпроцессорной (схема 1+1) и трехпроцессорной (схема 2+1) систем. Первое слагаемое означает количество процессоров, выполняющих первую часть обработки, а второе – вторую часть. Схема 1+2 не рассматривалась, так как второй этап быстрее первого, следовательно, это не приведет к улучшению результата.

Результаты моделирования вынесены в таблицу 1.

Таблица 1

#### Среднее время работы моделей одно-, двух- и трехпроцессорных систем

масштаб	1 процессор	схема 1+1		схема 2+1		
	среднее время	среднее время	экономия времени (1+1):1	среднее время	экономия времени (2+1):(1+1)	экономия времени (2+1):1
10км	0,352	0,225	36,08%	0,175	22,22%	50,28%
75км	1,131	0,694	38,64%	0,519	25,22%	54,11%
150км	1,651	1,006	39,06%	0,748	25,68%	54,71%

Из приведенных данных видно, что использование двух процессоров дает весьма хорошие результаты.