
УДК 004.93

Слияние потоковых видеоизображений на процессоре NeuroMatrix
NM6403

(Merging video on NM6403 NeuroMatrix processor)

О.С.Попова
E-mail: opopova@module.ru
НТЦ «Модуль», г. Москва

Аннотация

Рассматривается задача слияния изображений, поступающих от различных источников. Подобное слияние имеет место, например, при совмещении карты и аэрофотографии. Описывается алгоритм, реализованный с учетом особенностей внутренней структуры процессора NeuroMatrix NM6403. Предложенная реализация обеспечивает слияние потоков изображений в реальном масштабе времени при сохранении информативности исходных изображений.

Annotation

The problem of merging video (stream of images) taken from different sources is considered. Such merging is takes place, for example, when a map and a photo of an earth surface area taken from the air have to be put together. The algorithm that has been realized considering the peculiarities of the architecture of NM6403 processor is described. The offered realization provides merging video in the real time and doesn't decrease the self-descriptiveness of the original images.

Один из путей повышения информативности изображений связан со слиянием изображений, получаемых различными приемными устройствами.

Вопрос слияния представляется одним из актуальных в области обработки изображений и потоков изображений [2,3,4,5]. При этом для каждого алгоритма учитывается специфика области применения и ограничения, связанные с ней.

Пусть исходные изображения синхронизированы в пространстве. Тогда основные требования к процедуре слияния сводятся к максимальному сохранению деталей исходных изображений и обеспечению возможности практической реализации слияния потоков видеоизображений в реальном масштабе времени.

В настоящей работе вопросы реализации слияния потоков видеоизображений рассматриваются применительно к использованию аппаратной платформы на базе процессора NeuroMatrix NM6403. Анализируются три возможных варианта слияния:

8 бит (GrayScale) + 8 бит(Grayscale) = 8 бит(GrayScale)

8 бит (GrayScale) + 16 бит(5R 6G 5B) = 16 бит(5R 6G 5B)

16 бит(5R 6G 5B) +16 бит(5R 6G 5B) = 16 бит(5R 6G 5B)

Тут под GrayScale подразумевается 8-и битное изображение, имеющее 256 градаций серого цвета. Под RGB – цветное изображение, состоящее из красной(R), зеленой(G) и синей(B) составляющих (каналов). В данном случае используется 16-и битное (5R;6G;5B) представление цветных изображений.

В настоящее время актуальны изображения TrueColor, предполагающие 8-и битную кодировку каждого из цветов. Однако на практике в целях упрощения аппаратной реализации зачастую используются 16 битные RGB изображения. Переход от 24-битных изображений TrueColor к 16-битным RGB изображениям связан с уменьшением числа значащих бит каждого из цветов по сравнению с исходным, с 8 до 5 бит. Поэтому одна из задач настоящей работы связана с подтверждением того, что при слиянии изображений, связанном с указанным уменьшением разрядности, детали используемых изображений в значительной мере сохраняются. Потребности практической аппаратной реализации определяют также необходимость оценки времени, требуемого для реализации слияния отдельного кадра.

Для решения указанных задач было разработано программное обеспечение, реализующее слияние. Это позволило произвести визуальную оценку качества полученных в результате слияния изображений и получить замеры времени работы разработанных алгоритмов при их реализации на специализированной аппаратуре на базе процессора NM6403.

Для иллюстрации полученных результатов в данном случае используются фотография участка земной поверхности и карта соответствующего участка местности (Рисунок 1 и Рисунок 2). Эти изображения использовались при представлении как в GrayScale, так и в RGB вариантах.



Рисунок 1. Фотография земной поверхности



Рисунок 2. Карта земной поверхности

Под цифровой обработкой изображения в реальном масштабе времени понимается обработка очередного полученного кадра во время получения следующего. Если рассматривать стандартное телевизионное изображение, кадры которого идут с

частотой (темпом) 25 Гц, то на обработку одного кадра отводится не более 40 мкс. Эта величина включает в себя не только собственно вычисления, но и все дополнительные действия, связанные с копированием данных, синхронизацией различных процессов и т.п.

Общая концепция алгоритма – слияние путем сложения битов 2-х изображений с яркостью, уменьшенной в 2 раза, – была выбрана эвристически, как наиболее простая с вычислительной точки зрения.

Так как рассматривается 3 возможные комбинации входных изображений, то имеет смысл проанализировать 3 группы алгоритмов:

- Алгоритм №1 для слияния 8бит + 8бит=8бит.
- Алгоритм №2 для слияния 8бит+16бит=16бит. Ниже будут рассмотрены его две модификации, обозначенные как №2-1 и №2-2.
- Алгоритм №3 для слияния 16 бит+16 бит=16 бит.

Наиболее сложной оказалась реализация Алгоритма №2. При этом рассматривались следующие варианты совмещения Grayscale и RGB изображений:

1. Полная замена содержимого одного из каналов RGB изображения битами Grayscale изображения. В этом случае наиболее четкий результат получался при замене содержимого красного канала. Но полученное изображение оказалось неприемлемо с точки зрения цветовой гаммы, поэтому этот подход далее не рассматривался.

2. Сложение содержимого одного из каналов RGB изображения с битами Grayscale изображения при делении яркости каждого из складываемых каналов пополам – Алгоритм №2-1

3. Сложение содержимого всех каналов RGB с битами Grayscale изображения при делении яркости каждого из складываемых каналов пополам – Алгоритм №2-2.

Описанные выше алгоритмы были реализованы на PC с целью визуальной оценки качества получаемых изображений. Ниже показаны преобразования, осуществляемые для каждой точки изображений (входных – обозначенных как «Вход1» и «Вход2» и выходных – «Выход»)

Алгоритм №1: $\text{Выход}[i] = \text{Вход2}[i]/2 + \text{Вход1}[i]/2$

Алгоритм №2: при совмещении 8 бит серого изображения урезаются до 5 бит за счет отбрасывания младших бит:

Алгоритм №2.1 добавляет 5 бит серого изображения к 5 битам красного(R) канала:

$$\begin{aligned} \text{Выход}[i2] &= \text{Вход2}[i2] && // \text{ канал G} \\ \text{Выход}[i2+1] &= \text{Вход2}[i2+1]/2 + \text{Вход1}[i]/2 && // \text{ канал R} \\ \text{Выход}[i2+2] &= \text{Вход2}[i2+2] && // \text{ канал B} \end{aligned}$$

Наилучший результат был получен при использовании для суммирования красного канала. Если при слиянии выбрать отличный от красного канал, то изображение получается трудно воспринимаемым с точки зрения цвета (при выборе канала В) или фотоснимок практически невиден за картой (при выборе канала G).

Алгоритм №2.2 добавляет 5 бит серого изображения к 5 битам синего, зеленого и красного каналов:

$$\begin{aligned} \text{Выход}[i] &= \text{Вход2}[i2]/2 + \text{Вход1}[i]/2 && // \text{ канал G} \\ \text{Выход}[i+1] &= \text{Вход2}[i2+1]/2 + \text{Вход1}[i]/2 && // \text{ канал R} \\ \text{Выход}[i+2] &= \text{Вход2}[i2+2]/2 + \text{Вход1}[i]/2 && // \text{ канал B} \end{aligned}$$

Хотя при этом алгоритме изображение получается более натуральных цветов, но на надписи зеленого цвета становятся менее резкими и разборчивыми. Этот алгоритм требует наложения ограничения на цветовую гамму сливаемых изображений.

Алгоритм №3:

$$\begin{aligned} \text{Выход}[i1] &= \text{Вход1}[i1]/2 + \text{Вход2}[i2]/2 && // \text{ канал G} \\ \text{Выход}[i1+1] &= \text{Вход1}[i1+1]/2 + \text{Вход2}[i2+1]/2 && // \text{ канал R} \\ \text{Выход}[i1+2] &= \text{Вход1}[i1+2]/2 + \text{Вход2}[i2+2]/2 && // \text{ канал B} \end{aligned}$$

При реализации указанных алгоритмов на процессоре NM6403, основным критерием оценки следует считать способность обработки потока изображений в темпе его поступления от ТВ камеры.

Для описания реализации на процессоре NM6403 алгоритмы можно разделить по производимым действиям на 2 типа: алгоритмы для случая, когда в слиянии участвует пара изображений одинаковой разрядности (Алгоритм №1 и Алгоритм №3) и когда в слиянии участвует пара изображений разной разрядности. (Алгоритм №2-1 и Алгоритм №2-2). Причем алгоритмы первого типа являются подтипом алгоритмов второго типа.

Для первого случая при реализации на процессоре NM6403 используется блок маскирования с командами mask (наложение маски) и shift (циклический сдвиг) и

векторное арифметико-логическое устройство (АЛУ). Во втором - необходимо преобразование данных к одной разрядности (т.е. преобразование GrayScale изображения в RGB), которое на процессоре NM6403 удобно производить с помощью матрицы, используемой в качестве коммутатора, перераспределяющего биты входного потока. С матрицей связана пара регистров, определяющих ее разбиение на столбцы и строки. Выбор оптимального разбиения позволяет максимально использовать возможности перенаправления потока входных битов, что в свою очередь влияет на скорость работы алгоритма. После прохода через матрицу, данные становятся одинаковой разрядности, и для окончательной обработки к ним применяются действия по схеме, аналогичной случаю один.

Экспериментальные результаты, полученные при использовании памяти SRAM (статическая разделяемая память) устройства BM1¹ (на базе процессора NM6403), показали, что предложенные реализации алгоритмов позволяют производить на BM1 слияние изображения формата 1024x768 во всех рассмотренных вариантах с частотой 25 кадров/сек.

Визуальная оценка качества полученных результатов проводилась по критериям четкости и цветовой гаммы изображения.

Рисунок 3 показывает результат слияния по Алгоритму №1. При этом яркость обоих изображений была одинаковой.

Несмотря на усечение разрядности исходных изображений в ходе слияния, визуальный анализ результатов слияния показывает, что предложенные алгоритмы позволяют в значительной степени сохранить существенные детали исходных изображений.

В зависимости от поставленной задачи, путем варьирования яркостей изображений можно добиться эффекта подчеркивания (выделения) одного из сливаемых изображений.

¹ <http://www.module.ru/ruproducts/dspmod/bm1-r.shtml>



Рисунок 3. Результат слияние пары 8-битных изображений.

Стоит, однако, заметить, что при слиянии по Алгоритму №2-2 требуется наложение ограничений на цветовую гамму изображений. Так при использовании карты местности в качестве одного из изображений предпочтительны надписи черного или красного цвета, т.к. в противном случае они становятся трудно различимы.

Таким образом, проведенные исследования показали:

Несмотря на усечение разрядности изображений, полученные результаты достаточно хорошо воспринимаются зрительно, иллюстрируя тот факт, что предложенные алгоритмы позволяют в значительной степени сохранить детали исходных изображений.

В настоящей реализации использовались половинные яркости обоих изображений, что обеспечивает универсальность алгоритмов слияния. При наличии информации a'_{prio_i} о соотношении яркостей исходных изображений, ее целесообразно использовать при настройке алгоритмов, что позволит повысить качество получаемых изображений (снизить потери информации, неизбежные при снижении разрядности представления изображений).

Алгоритмы, реализованные на базе процессора NeuroMatrix NM6403 позволяют осуществлять на устройстве VM1 совмещение изображения формата 1024x768 во всех рассмотренных вариантах с частотой порядка 25 кадров/сек.

² <http://www.aicomunity.org/reports/Inex/ImageSuperposition/ImageSuperposition.php?fid=64>

³ <http://www.russian-robotics.ru/combination.htm>

⁴ Совмещение изображений О.Ю. Аксенов. Цифровая обработка сигналов. № 3, 2005, стр. 51-55

⁵ Быстрые алгоритмы распознавания и совмещения изображений, основанные на модулярных вариантах М.В. Асонов, В.Г. Лабунец, Е.В. Лабунец, R. Lenz. Век радио: Перспективные пути развития антенных систем космической связи, теории управления и распознавания образов: Сб. науч. тр. / Отв. ред. Н.И. Черных. Ред. кол.: акад. А.Ф. Богомолов, акад. Н.Н. Красовский, акад. В.Г. Лабунец, к.т.н. Б.С. Соболев, д.т.н. В.И. Гусевский (отв. секретарь). ИММ УрО РАН. - Екатеринбург, 1996. - 296 с.