

Алгоритм функции калибровки оцифрованных сигналов для улучшения качества изображения.

Н. И. Солина

Информатизация процессов формирования открытых систем на основе СУБД, САПР, АСНИ и систем искусственного интеллекта: Материалы 2-й Межд. науч.-техн. конф. — Вологда: ВоГТУ, 2003.

Блок микропроцессорного прибора (МП) (нейропроцессор NM6403 (L1879VM1)) применяется в тепловизионном приборе (ТВП), использующем матричное болометрическое фотоприемное устройство формата 320×240 фоточувствительных элементов. Блок МП обрабатывает оцифрованный сигнал для улучшения качества изображения и выдачи последнего на индикаторное устройство с помощью программы, прописанной в ПЗУ. В процесс обработки входит функция калибровки. Программа, запускающая функцию калибровки, написана на языке Си для нейропроцессора NM6403, а все вспомогательные функции — на языке ассемблера для нейропроцессора NM6403. Все арифметические и логические операции над кадрами производятся на векторном АЛУ нейропроцессора NM6403 и выполняются над наборами 64-разрядных слов [1]. За один такт может быть выполнена операция над 32 64-разрядными словами [1]. По этой причине были написаны вспомогательные функции «суммирования кадров», «усреднения накопленных кадров», «накопления кадров», «отбраковки по СКО», «отбраковки по плохой чувствительности» и т.д.

Калибровка — корректирование неоднородности чувствительности, причиной возникновения которой может быть разброс характеристик фоточувствительных элементов [2].

Калибровка является подготовительной функцией, при выполнении которой определяются параметры улучшения качества изображения с оптической системы, а также дефектные элементы матрицы ТВП и их исправление. Такими параметрами являются поправочные коэффициенты. Получаемое с фоточувствительной матрицы изображение зачастую бывает сильно искаженным из-за разброса характеристик фоточувствительных элементов; так

же на матрице могут присутствовать «битые» элементы (испорченные физически). Попадаются сбойные элементы, чувствительность которых близка к нулю или чувствительностью большей, чем это необходимо. По этой причине изображение, выводимое на экран, будет испорчено появлением точек и полос. Для элементов, чья чувствительность близка к нулю, цвет точек будет черным, а для элементов с большими коэффициентами чувствительности — светлыми.

В программе калибровка проводится по двум температурным точкам и состоит из следующих этапов:

- калибровка по низкой температуре;
- калибровка по высокой температуре.

Калибровка по низкой температуре («холодная калибровка») проводится для отбраковки дефектных элементов матрицы по среднему отклонению значений кодов и математическому ожиданию (МО), для построения таблицы неисправностей и для исключения появления на изображении объектов с температурой более низкой, чем та, при которой производится холодная калибровка.

Калибровка по высокой температуре («горячая калибровка») проводится для отбраковки дефектных элементов матрицы — по среднему отклонению значений кодов (СКО) и по плохой чувствительности, для уточнения таблицы неисправностей и для формирования области памяти для аппаратной или программной реализации исправления значений «дефектных» элементов.

Все элементы матрицы не одинаковы по своим физическим характеристикам и, чтобы матрица выдавала одинаковые значения для областей изображения с одинаковой яркостью, проводят горячую калибровку. В ходе горячей калибровки находят поправочные коэффициенты, с помощью которых доводят значения, выдаваемые каждым элементом матрицы, до правильных.

Калибровка по высокой температуре проводится после завершения калибровки по низкой температуре.

Во время работы процедуры холодной калибровки производится обработка 356 кадров, что составляет 6 порций накопления кадров. Во всех порциях накопления, кроме второй, участвует по 68 кадров (4+64 кадра). Во второй порции количество кадров составляет 16 и используется для расчета СКО. Первая порция накопления кадров используется для расчета МО. Третья порция — для вычисления первоначальных усредненных значений кадров для расчета поправочных коэффициентов холодной калибровки b_{ij} в четвертой порции. В четвертой, пятой и шестой порциях рассчитывается b_{ij} .

Накопление кадров в первой, третьей, четвертой, пятой и шестой порциях происходит по следующей схеме. Сначала производится накопление первых 4 кадров с помощью функции «суммирование кадров». При выполнении этой функции значения кодов пикселей из входного массива суммируются со значениями кодов аналогично расположенных пикселей из области памяти ранее накопленных кадров. Затем осуществляется усреднение первых 4 накопленных кадров функцией «Усреднение кадров». Полученное значение используется в качестве «начального» в накоплениях 64 кадров и их усреднении методом фильтрации. Во второй порции накопления, состоящей из 16 кадров, вычисляется значение СКО по четырем кадрам и записывается в область накопления, после чего производится усреднение и результат суммируется с данными предыдущих расчетов («0» — для первого суммирования) в области памяти, выделенной под СКО. Данная операция производится четыре раза, затем снова выполняется операция усреднения по СКО.

Расчет поправочных коэффициентов b_{ij} производится поэтапно:

1. Используются значения, полученные во время расчета четвертой порции накопления кадров. Они складываются с усредненными значениями, полученными при расчете третьей порции. Результат усредняют.

2. Значения из пятой порции суммируют со значениями, полученными на первом этапе, и усредняют.

3. Значения из шестой порции накопления кадров суммируют со значениями, полученными на предыдущем шаге, и опять усредняют. Данные результаты являются значениями коэффициентов b_{ij} , для коррекции кодов всех поступающих кадров.

Рассчитанные поправочные коэффициенты b_{ij} записываются в область памяти. После расчета коэффициентов b_{ij} выполняется отбраковка элементов матрицы по СКО и по МО, в результате которой в области памяти, отведенной под хранение «дефектных» элементов, в местах расположения неисправных элементов записываются коды «FFFF». Затем формируются таблицы поправочных коэффициентов и дефектных элементов для обеспечения аппаратной корректировки кодов кадров с учетом коэффициентов b_{ij} .

Во время работы горячей калибровки производится обработка 220 кадров, что составляет 4 порции накопления кадров. Во всех порциях накопления, кроме второй, участвует по 68 кадров. Во второй порции количество кадров составляет 16 и, так же как и для холодной калибровки, используется для аналогичного расчета СКО. Первая порция накопления кадров используется для расчета МО. Третья порция — для вычисления первоначальных усредненных значений кадров для расчета k_{ij} в четвертой порции. В четвертой порции накопления кадров рассчитывается k_{ij} .

Накопление кадров в первой, третьей, четвертой порциях аналогично расчету, производимому для холодной калибровки. Отличие состоит в отбраковке элементов: оно производится после расчета СКО для горячей калибровки. Производится отбраковка элементов матрицы по плохой чувствительности и по СКО, т.е. в таблице неисправностей кодом «FFFF» отмечаются неисправные элементы. Производится переформирование таблицы поправочных коэффициентов и дефектных элементов в области памяти для обеспечения аппаратной корректировки кодов кадров с учетом коэффициентов b_{ij} ,

k_{ij} в режиме штатной работы. После этого перед расчетом коэффициентов k_{ij} проводится программная коррекция кодов кадров с учетом b_{ij} .

Расчет k_{ij} :

1. Проводится предварительный расчет k_{ij} . Значения, полученные во время расчета четвертой порции накопления кадров, складываются с усредненными значениями, полученными при расчете третьей порции. Результат усредняют.

2. Проводится окончательный расчет поправочных коэффициентов k_{ij} . Вначале определяется среднее значение поправочных коэффициентов, затем находятся неисправные элементы кадра и корректируются значения поправочных коэффициентов k_{ij} по условию $\frac{k_{ij\text{cp}}}{4} < k_{ij} < 2 \times k_{ij\text{cp}}$.

Рассчитанные поправочные коэффициенты k_{ij} записываются в отведенную для них область памяти. После расчета коэффициентов k_{ij} производится корректировка коэффициентов b_{ij} с учетом полученных значений коэффициентов k_{ij} . Снова производится формирование таблиц поправочных коэффициентов и дефектных элементов в области памяти для обеспечения аппаратной корректировки кодов кадров с учетом коэффициентов b_{ij} , k_{ij} в режиме штатной работы. Формируются три области памяти, в которых содержится информация о неисправных элементах, методах коррекции выдаваемых ими значений (интерполяция или замена) и информация об исправных элементах, участвующих в устранении неисправностей. Сформированные области переписываются затем в ОЗУ ИМ (интерфейсного модуля).

1. «Базовое программное обеспечение процессора NM6403. NeuroMatrixNM6403. Описание языка ассемблера» Научно-технический центр «Модуль». 1999 г.

2. «Тепловизор на основе «смотрящей» матрицы из $CD_{0.2} HG_{0.8} Te$ формата 128×128 ». К.О. Болтарь, Л.А. Бовина, Л.Д. Сиганов, В.И. Стафеев, И.С. Гибин, В.М. Малеев. www.vimi.ru/applphys/appl-99/99-2/99-2-6r.htm

УДК 004.932:004.383.8

ББК 22.183.49

РАСЧЕТ ПОПРАВОЧНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ В РЕЖИМЕ КАЛИБРОВКИ ПО НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ НА НЕЙРОПРОЦЕССОРЕ NM6403 (Л1879ВМ1).

Н. И. Солина

Труды 4-й Международной конференции молодых учёных и студентов «Актуальные проблемы современной науки». Естественные науки. Часть 17 Секции: информатика, вычислительная техника и управление. Самара, 2003.

Калибровка по низкой температуре проводится для отбраковки дефектных элементов матрицы по среднему отклонению значений кодов и математическому ожиданию, для построения таблицы неисправностей и определения поправочных коэффициентов b_{ij} для исправления дефектных элементов.

Для определения поправочных коэффициентов b_{ij} в режиме калибровки по низкой температуре была написана программа «Расчет поправочных коэффициентов b_{ij} » на ассемблере для нейропроцессора MN6403 (Л1879ВМ1).

В программе рассматривается формат тепловизионного кадра — 240 строк по 320 элементов в строке. Для определения значений коэффициентов b_{ij} используют 272 кадра: четыре порции накопления по 68 кадров в каждой.

Значение коэффициентов b_{ij} определяется по формуле:

$$b_{ij} = \mu \cdot \mu \cdot \left(\frac{a'_{ij} + aa'_{ij}}{2} \right), \quad (1)$$

где a'_{ij} — усредненные значения первых 68 накопленных кадров, aa'_{ij} — усредненные значения вторых 68 накопленных кадров.

Накопление производится следующим образом.

Вначале суммируются первые 4 кадра, полученное значение усредняется и используется в дальнейшем как начальное для функции накопления 64 кадров методом фильтрации.

Данный метод заключается в накоплении кадров путем фильтрации с помощью инерционного звена:

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij} - aa_{ij}}{2^q} + aa_{ij}, \quad (2)$$

где a'_{ij} — коды текущего кадра, aa'_{ij} — коды предыдущего накопленного кадра. Величина q (время накопления кадров) определяет количество накопленных кадров. Для 64 кадров q равняется 6.

Деление на 64 осуществляется на векторном процессоре. Векторный процессор (ВП) представляет собой специализированный матричный узел нейропроцессора NM6403 (Л1879ВМ1) и используется для выполнения

операций умножения с накоплением, арифметических и логических операций, маскирования, функций активации над векторами и матрицами.

Операция умножения с накоплением называется также еще и взвешенным суммированием и записывается следующим образом [1]:

$$Z_i = Y_i + \sum_{j=1, N} X_j W_{ij}, \quad (i = 1, \mathbf{K}, M; j = 1, \mathbf{K}, N), \quad (3)$$

Где Z_i — элемент выходного вектора, X_j — элемент данных, поступающих на вход операционного узла ВП, Y_i — частичная сумма, накопленная на предыдущем шаге взвешенного суммирования, W_{ij} — весовой коэффициент, расположенный в соответствующей ячейке рабочей матрицы процессора, M — количество столбцов рабочей матрицы, N — количество строк рабочей матрицы.

Рабочая матрица — операционный узел, в котором осуществляется операция умножения с накоплением. Рабочая матрица имеет два входа X и Y . На эти входы подаются данные, расположенные во внешней памяти, либо во внутренних буферах (ram, data, afifo) работающих по принципу FIFO. В рабочую матрицу предварительно загружаются весовые коэффициенты. Данные, поступающие на вход X умножаются на ячейки матрицы и суммируются в пределах столбца. Данные с входа Y добавляются к результату операции умножения со сложением, выполненной над данными входа X (см. формулу (3)).

Матрица весов для деления на 64:

```
Matr_64: long[8] = (0000000000000000h1,
                   0000000000000001h1,
                   0000000000000000h1,
                   0000000000010000h1,
                   0000000000000000h1,
                   0000000100000000h1,
                   0000000000000000h1,
                   0001000000000000h1);
```

Регистр, определяющий границы разбиения матрицы на строки $sb = 00C300C300C300C3h1$ (64 бита представляются как 6, 10, 6, 10, 6, 10, 6, 10 — битовые элементы). Регистр, определяющий границы разбиения матрицы на столбцы $nb1 = 80008000h$ (по 4 16-битовых элемента).

Загрузка матрицы для деления на 64 на языке ассемблера для NM6403:

```
ar0 = Matr_64;
rep 8 wfifo = [ar0++], ftw, wtw;
```

где ftw — теневая матрица, wtw — рабочая матрица, $wfifo$ — буфер весовых коэффициентов. Теневая матрица — устройство, используемое для ускорения закачки весовых коэффициентов в рабочую матрицу. В теневую матрицу можно подкачивать новую порцию весовых коэффициентов параллельно с тем, как рабочая матрица участвует в операции умножения с накоплением.

Фрагмент программы накопления методом фильтрации на языке ассемблера NM6403, реализованный по формуле (2):

```

<L1>
rep 32 ram = [ar1++]; //В Ram находятся коды
текущего кадра
rep 32 data = [ar4++] with ram - data; // aij-aij
rep 32 with vsum, afifo, 0; // (aij-aij)/(64)
if > delayed goto L1 with gr0--;
rep 32 data = [ar2++] with afifo + data; // (aij-aij)/(64)+aij
rep 32 [ar3++] = afifo; //Результат (aij-
aij)/(64)+aij помещается в память.

```

Для расчета поправочных коэффициентов b_{ij} используется четыре порции накопления, рассчитанные по формуле (2). Первая порция нужна для значений a'_{ij} , вторая порция — для aa'_{ij} (см. формулу (1)), затем проводится усреднение. Полученный результат будет использоваться в качестве a'_{ij} на следующем этапе вычислений b_{ij} , где в качестве aa'_{ij} будет выступать третья порция накопления по 68 кадрам. Опять повторяются вычисления по формуле (1). Теперь новый результат будет использоваться в качестве a'_{ij} , а четвертая порция — aa'_{ij} . Операция деления на 2 при расчете поправочных коэффициентов b_{ij} выполняется с использованием циклического сдвига кодов на один бит вправо. Перед операцией деления в рабочую матрицу загружаются весовые коэффициенты $[ar0] = 0FFFFFFEFFFFEh1$;

Данные весовые коэффициенты накладываются в виде маски на результат сложения двух накоплений, хранящийся в буфере afifo и сдвигаются на один бит вправо:

```
rep 32 data=[ar0] with mask data, shift afifo, 0; // afifo => (a'ij + aa'ij)/2=bij
```

Все вычисления, проводимые на ВП, являются целочисленными.

По полученным результатам формируется таблица поправочных коэффициентов для обеспечения аппаратной корректировки кодов кадров с учетом коэффициентов b_{ij} .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «Базовое программное обеспечение процессора NM6403. NeuroMatrixNM6403. Описание языка ассемблера». Научно-технический центр «Модуль». 1999 г.