

К. т. н. С. А. ШИЛО, Д. М. БЫЧКОВ, А. С. ГАВРИЛЕНКО

Украина, г. Харьков, Институт радиофизики
и электроники им. А. Я. Усикова
E-mail: shilo@ire.kharkov.ua

Дата поступления в редакцию
21.04 2003 г.

Оппонент к. ф.-м. н. Л. И. ШАРАПОВ
(Радиоастрономический институт,
г. Харьков)

АППАРАТУРНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ЗІР»

Комплекс разработан для системы, предназначенной для получения радиотепловых изображений человека в интересах охранных и таможенных служб.

Задачей проекта «Зір», выполняемого совместно НПП «Сатурн» и ИРЭ НАНУ, является создание СВЧ-радиометрической системы (РМС), предназначенной для получения радиотепловых изображений человека для использования охранными и таможенными службами.

В основу аппаратурно-программного комплекса первичной обработки данных положена концепция управления и последовательно-параллельной обработки потоков данных с использованием двух пространственно разнесенных микропроцессорных платформ при включении в их состав программируемых специализированных контроллеров. Такой подход обеспечивает гибкость управления режимами работы основных элементов комплекса обработки данных и возможность оперативной коррекции алгоритмов обработки и программных модулей, что особенно важно при отладке программного обеспечения в составе вновь разрабатываемой системы.

Обработку данных и управление системой «Зір» можно разделить на два основных процесса.

1. Сбор первичных данных и вычисление значений элементов массива текущего кадра изображения

в единицах шкалы радиояркихостных температур, выработка сигналов автоматического управления приводом антенны и другими аппаратурными элементами системы. Эти задачи реализуются посредством первой микропроцессорной платформы, интегрированной в основную аппаратурную стойку РМС в составе блока управления и сбора информации (БУСИ) и работающей под дистанционным внешним управлением.

2. Прием данных для текущего кадра изображения, оперативное формирование и визуализация изображений, оперативное управление режимами функционирования РМС посредством пользовательского интерфейса, а также вторичная обработка изображений с использованием набора специализированных алгоритмов (планируемая функция). Этот круг задач выполняется второй микропроцессорной платформой на базе персонального компьютера (ПК), образующей устройство визуализации (УВ) РМС с функциями рабочего места оператора.

Состав аппаратурных модулей, входящих в 1-й и 2-й процессорные наборы, приведен в **таблице**. Размещение устройств в составе системы предусматривает длину кабельных линий связи интерфейса RS-232 между БУСИ и УВ ~5 м и между БУСИ и АЦП2 (опрос термодатчиков в блоке калибратора) ~8 м. В пусковом и настройном режимах БУСИ может функционировать в режиме автономно работающего ПК. В этом случае к нему дополнительно

Блок управления и сбора информации (БУСИ)		Устройство визуализации (УВ)	
Устройство	Тип	Устройство	Тип
Модуль главного процессора	Am5×86-P75-S/ 133 MHz/256 kB/8 MB	Модуль главного процессора	Pentium K6-2+ +/450 MHz/512 kB/64 MB
Контроллер АЦП1	A-826 PG (16 каналов)	Контроллер видеопорта	SVGA 4Mb AGP S3 TRIO 3D/2X
Контроллер шагового двигателя	STEP-200	Монитор	15" SAMTRON 55E 0.24NI-LR
Контроллер последовательного порта	CH-114 NI (RS-232)	Контроллер последовательного порта	CH-114 NI (RS-232)
Преобразователь стандарта RS485—RS232	PCI-7520AR	—	—
Удаленный контроллер АЦП2 (расстояние 8 м)	I-7018 (8 каналов)	—	—

присоединяются стандартные внешние устройства — дисплей и клавиатура.

Поскольку в РМС изображение формируется из двух полукадров, соответствующих двум секторам обзора для 16-лучевой диаграммы направленности антенны, получаемых, соответственно, для двух разных первых гетеродинов приемника, — образуется 32 приемных канала с отличающимися характеристиками, в связи с чем радиометрическая обработка данных проводится независимо и параллельно для каждого из каналов. Первичной целью обработки является приведение текущих выходных отсчетов каналов РМС (столбцов формируемых изображений) к единой шкале радиояркостных температур. В результате становятся незначительными отличия в средних уровнях и размахе сигналов, а элементы изображения приводятся к единым уровням по яркости и контрастности, устраняются проблемы, связанные с временным дрейфом параметров каналов.

Расчет значений радиояркостных температур в канале осуществляется в рамках линейного приближения для выходной зависимости с учетом циклически получаемых калибровочных отсчетов для двух эталонных источников с известными уровнями излучения [1].

Функционирование БУСИ осуществляется под управлением специализированной программы, разработанной в среде Borland C++ и загружаемой в оперативную память с НЖМД БУСИ при включении радиометрической системы. Основные функции, выполняемые программой: управление режимом работы шагового двигателя (ШД) привода антенны, управление работой гетеродинов приемника, аналого-цифровое преобразование выходных сигналов приемника и управление параметрами его каналов, опрос цифрового термометра блока калибратора, опрос бинарных телеметрических датчиков РМС, первичная обработка данных, формирование и передача информационного пакета в устройство визуализации.

Функционально программа БУСИ взаимодействует с программируемыми контроллерами А-826РГ (16-канальный 16-разрядный АЦП, 2-канальный 12-разрядный ЦАП, 16 бинарных каналов ввода-вывода), С114Н1 (4-канальный скоростной контроллер последовательного порта), STEP-200 (2-канальный контроллер шаговых двигателей).

Программа осуществляет циклическое повторение структурных элементов, основными из которых являются следующие модули: 1) управления ШД привода антенны и выработки сигналов управления для 16-канального аналого-цифрового преобразователя и гетеродинов приемника; 2) вычисления эффективных температур излучения калибровочных нагрузок; 3) определения коэффициентов линейных зависимостей на выходах каналов; 4) вычисления радиояркостных температур элементов изображения; 5) вычисления значений сигналов группового управления коэффициентом усиления и смещения постоянной составляющей; 6) вычисления контрольных значений флуктуационной чувствительности для 32 каналов; 7) ввода/вывода/обмена.

Ядром программы БУСИ является модуль управления приводом антенны. В процессе сканирования на основе программно устанавливаемых параметров осуществляется последовательная генерация на первом выходе контроллера STEP-200 управляющих сигналов, воздействие которых на ШД привода обеспечивает качание вокруг своей оси диска с дифракционной решеткой — основного управляющего элемента антенны. Одновременная синхронная генерация на втором выходе контроллера STEP-200 последовательности импульсов запуска АЦП А-826РГ обеспечивает режим внешнего прерывания рабочей программы БУСИ и циклическое аналого-цифровое преобразование сигналов, присутствующих на шестнадцати выходах приемника. При этом для каждого полукадра изображения в оперативной памяти БУСИ проводится заполнение массивов входных данных — двухмерного массива цифровых отсчетов АЦП, соответствующего просматриваемым на этой фазе сканирования элементам поля наблюдения, а также массивов текущих значений калибровочных сигналов.

Управление ШД привода («прямое» и «обратное» движение) осуществляется только вследствие программно заданного числа шагов. Такой режим обеспечивает высокую точность повторения положений лучей антенны от цикла к циклу, поскольку внешние датчики позиционирования не оказывают влияния на работу привода. В случае нарушения работы привода возникает неравенство числа шагов ШД на «прямой» и «обратной» фазах движения, в результате чего цикл движения диска завершается не в заданной точке. Это приводит к срабатыванию одного из датчиков положения, что, в свою очередь, прерывает ход рабочей программы и переводит ее в фазу начальной установки антенны, после чего положение диска антенны восстанавливается, а устройство управления ШД входит в нормальный режим.

Фазы калибровки РМС соответствуют верхнему положению диаграммы направленности антенны (ДНА) в секторе углов сканирования. В моменты калибровки привод останавливается на 50 мс (по 2 положения ДНА в 2 полукадрах), и на интервале калибровочных измерений ДНА остается неподвижной. При этом для каждого из калибровочных положений ДНА в 16 каналах проводится регистрация 4 независимых временных отсчетов с последующим их усреднением, что снижает дисперсию калибровочных значений.

Интенсивность шумового излучения калибровочных нагрузок РМС, выраженная в единицах температурной шкалы, зависит от средних термодинамических температур излучающих поверхностей нагрузок, а также от распределения термодинамических температур по этим поверхностям. Указанные распределения температур циклически измеряются посредством удаленного 8-канального АЦП2, выполняющего функции электронного термометра, и передаются в БУСИ, где фиксируются в его оперативной памяти в виде текущих значений температур (6 датчиков для «горячей» калибровочной нагрузки и 2 — для «холодной»). В результате, в соответствии с выбранным размещением 32 лучей РМС по калибровочным нагрузкам и

получаемым текущим распределением температуры по каждой из этих калибровочных нагрузок, для каждого из 32 каналов методом «взвешивания» значений по группе датчиков рассчитывается своя пара текущих значений эффективной температуры излучения калибраторов. Получаемые 64 калибровочных значения дополнительно усредняются по нескольким циклам сканирования за счет выполнения операций рекурсивной цифровой низкочастотной фильтрации.

На основе полученных калибровочных данных в каждом цикле сканирования в БУСИ производится вычисление коэффициентов зависимостей «антенная температура — выходной уровень напряжения» для каждого из 32 радиометрических каналов и расчет значений радиоярких температур для элементов поля наблюдения. Помимо этого, БУСИ формирует групповые сигналы управления коэффициентом усиления и уровнем постоянной составляющей выходных аналоговых сигналов. Целью операции является настройка динамического диапазона сигналов на выходах радиометрических каналов, обеспечивающая наилучшее использование разрядной сетки АЦП. Проведение подобных оперативных регулировок позволяет уменьшить уровень шумов квантования при аналого-цифровом преобразовании, а также отказаться от термостабилизации элементов приемно-усилительного тракта.

После завершения цикла вычислений БУСИ, соответствующего обработке данных для одного кадра изображения, сформированный первичный двумерный массив значений радиоярких температур излучения для элементов поля наблюдения, а также вспомогательные и телеметрические данные, несущие информацию о параметрах устройств РМС,

«сжимаются» в объеме и направляются в устройство визуализации. Скорость передачи данных составляет 115 кбит/с.

Рабочая программа устройства визуализации разработана в среде программирования "LabView 5,0". Работа УВ предусмотрена в двух режимах — «основном» (последовательное формирование изображений, их отображение на экране дисплея УВ и фоновая архивация на магнитном носителе в виде файлов первичных данных) и «дополнительном» (просмотр записанных файлов изображений). Работа УВ осуществляется в автоматическом режиме и не требует участия оператора, за исключением моментов изменения режима работы РМС. Управление работой УВ и РМС в целом осуществляется посредством изменения состояния функциональных клавиш, переключателей и других органов управления в окнах интерфейса с помощью манипулятора, либо нажатием функциональных клавиш клавиатуры. Основное окно интерфейса содержит три поля выдачи изображений: 1) текущего кадра; 2) усредненного по 2, 4, 6, либо 8 предыдущим кадрам; 3) обработанного специализированным модулем обработки (планируемая функция).

В качестве специализированной обработки планируется подключение подпрограмм повышения пространственного разрешения на основе методов инверсной фильтрации, а также подпрограмм автоматического обнаружения инородных предметов на теле человека.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Hersman M. S., Poe G. A. Sensitivity of total power radiometer with periodical absolute calibration // IEEE Trans. on Microwave Theory and Tech.— 1981.— Vol. 29, N 1,— P. 32—40.

К. ф.-м. н. В. А. КОМЯК, к. т. н. С. А. ШИЛО

Украина, г. Харьков, Институт радиопрофики и электроники
им. А. Я. Усикова
E-mail: shilo@ire.kharkov.ua

Дата поступления в редакцию
21.04 2003 г.

Оппонент к. ф.-м. н. Л. И. ШАРАПОВ
(Радиоастрономический ин-т, г. Харьков)

РАДИОТЕПЛОВАЯ СКАНИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОЖАРНЫХ СЛУЖБ АВИАЦИОННОЙ ОХРАНЫ ЛЕСОВ

Рассматриваются возможности построения авиационной сканирующей радиометрической системы СВЧ-диапазона. Приведены достижимые параметры и функциональные особенности системы.

Занимаемые лесом значительные площади, низкая плотность населения в лесных районах, труднодоступность и труднопроходимость лесных массивов делают авиационную охрану лесов одним из приоритетных направлений.

Авиационная охрана лесов основана на использовании авиационных средств и методов предупреждения, обнаружения и тушения лесных пожаров. На авиационную охрану возложены следующие основные виды работ [1]:

— авиационное патрулирование с целью своевременного обнаружения лесных пожаров, наблюдения за действующими пожарами, а также оповещения органов наземной охраны об их возникновении, распространении и необходимых мерах по борьбе с огнем;

— тушение лесных пожаров силами работников авиационной службы, доставляемых к местам пожаров на самолетах и вертолетах;

— высадка парашютистов или десантников-пожарных для организации борьбы с лесными пожарами силами работников предприятий, проводящих работы в лесу, и местного населения;

— перевозка на самолетах и вертолетах к действующим лесным пожарам противопожарного снаряжения и продуктов питания, а также представителей наземной лесной охраны и привлеченных рабочих;

— оказание помощи командам, работающим на пожаре, путем сбрасывания воды или химикатов на кромку огня и перед ней с борта летательного аппарата.