

А. С. ГАВРИЛЕНКО, Д. М. БЫЧКОВ

Украина, г. Харьков, Центр радиофизического зондирования Земли
им. А. И. Калмыкова
E-mail: shilo@ire.kharkov.ua

Дата поступления в редакцию
22.04 2003 г.

Оппонент к. ф.-м. н. В. А. СОЛОДОВНИК
(ИРЭ им. А. Я. Усикова, г. Харьков)

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВЫХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДОПЛЕРОВСКОГО РАДИОЛОКАТОРА ОБЗОРА ЛЕТНОГО ПОЛЯ

Данные обрабатываются и отображаются на мониторе в виде радиолокационного изображения местности с метками движущихся целей.

Современный уровень развития автоматизации и вычислительной техники позволяет полностью автоматизировать процесс обработки, анализа и использования выходной радиолокационной информации. Однако общий контроль радиолокационной обстановки и принятие окончательного решения (диспетчерская функция) по-прежнему принадлежат оператору. Эффективность работы системы "радиолокатор — оператор" во многом зависит от устройства отображения радиолокационной информации.

В данной работе представлены результаты экспериментальной разработки устройства отображения информации для доплеровской радиолокационной станции обзора летного поля (ДРЛС ЛП).

Устройство отображения представляет собой аппаратно-программный комплекс, выполняющий функции приема данных с выхода цифрового блока обработки сигналов с селекцией движущихся целей (БОС), вторичной обработки данных радиолокационного обзора местности, визуализации и архивации выходной информации. Кроме перечисленных функций, в устройстве отображения реализованы интерактивные функции оперативного контроля и управления приемопередающей аппаратурой и аппаратурой первичной цифровой обработки ДРЛС ЛП.

Тип развертки изображения — индикатор кругового обзора [1, с. 197].

Устройство отображения построено на базе персонального компьютера (ПК), имеющего следующую конфигурацию:

- материнская плата типа SOLTEK KT266A 75DRV2 3DDR (ATX) с процессором AMD-K7-1400/266 Athlon ThunderBird и оперативной памятью DDR 128Mb PC266;
- жесткий диск типа 20.4 Gb WD 7200;
- видеоконтроллер типа SVGA 32Mb RADEON VE AGP;
- монитор типа 17"/0.20/SAMSUNG 757 DFX 1600×1200.

Структура радиолокатора предполагает вынос на значительные расстояния (сотни метров) приемопередающей аппаратуры и аппаратуры первичной циф-

ровой обработки сигналов от рабочего места оператора. Поток данных, передаваемых между устройством отображения и БОС, может достигать 32 Мбит/с. Поэтому для обеспечения функции ввода/вывода в конфигурацию ПК устройства отображения включена сетевая карта PCI Fast Ethernet 100 Mbps.

Программное обеспечение системы отображения радиолокационной информации функционирует под операционной системой Windows 95/98 и разработано в среде LabWiev.

Структура входных данных

На вход устройства отображения данные с выхода БОС поступают в полярной антенной системе координат (ПАСК) с началом координат "дальность—азимут", совпадающим с точкой размещения антенной системы. Данные кругового обзора местности поступают в виде периодической последовательности выборок, имеющей строчно-кадровую структуру.

Каждая строка данных состоит из 800 выборок по дальности. Шаг выборок 7,5 метров. Выборка описывается одним байтом, в котором закодированы скорость цели (три бита) и амплитуда сигнала от этой цели (пять бит). Номер выборки в строке определяет дальность от антенны до цели.

Строки данных объединяются в кадр. Кадр данных соответствует одному полному обороту антенны при круговом обзоре. Номер строки в кадре определяет пеленг антенны. Начало кадра совпадает с условным нулевым азимутом. Шаг дискретизации по азимуту составляет 0,144°.

Каждая строка кадра передается по сети Ethernet двумя сетевыми пакетами по 540 байт. Сетевой пакет включает в себя заголовок и информационный блок. Заголовок пакета содержит данные для синхронизации и данные телеметрии о работе антенны, приемопередатчика и БОС радиолокатора.

В байте информационного блока сетевого пакета содержится информация об амплитуде отраженного сигнала и скорости цели.

Алгоритм обработки данных

Результатом обработки данных является радиолокационное изображение местности (светоплан) с наложенными на него метками движущихся объектов. Основные операции обработки данных и их взаимосвязь показаны на рис. 1.

Данные от БОС поступают в устройство отображения по сети Ethernet со скоростью 0,25 кадр/с. В

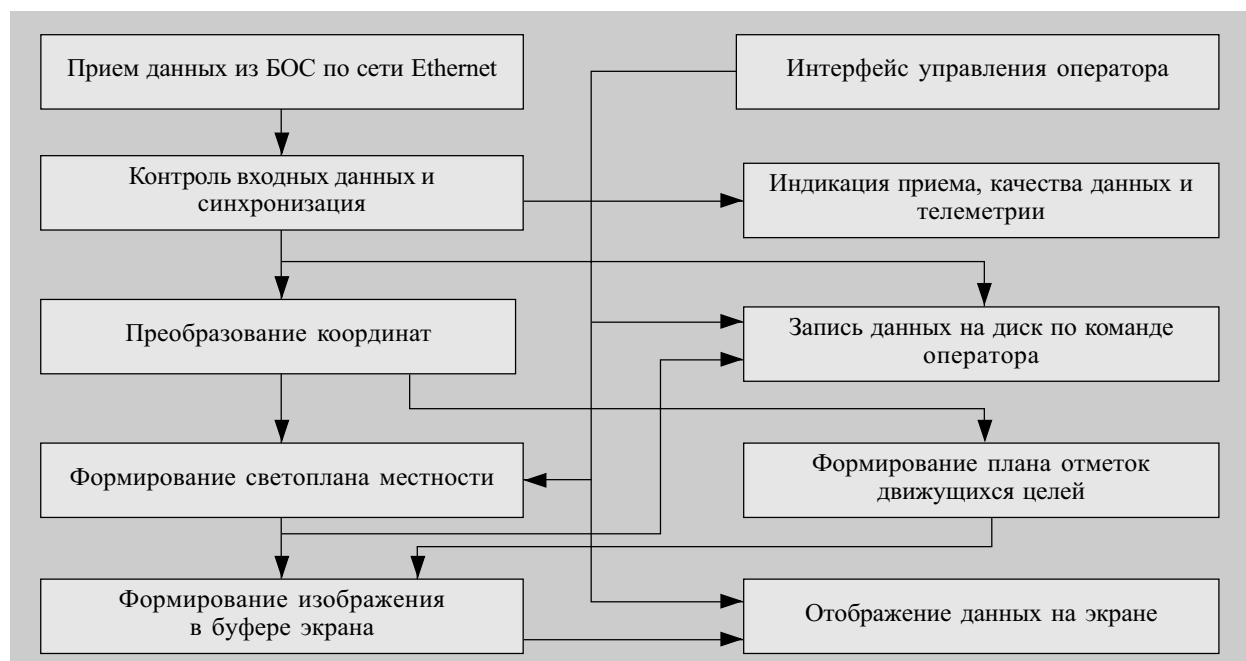


Рис. 1. Алгоритм обработки данных в системе отображения радиолокационной информации

процессе приема данных производится контроль потери сетевых пакетов и корректировка в случае сбоев. Из поступающего потока данных выделяется информационная часть и запоминается в виде массива исходных данных $CadrIN [N, M]$ (N — азимут, M — дальность).

Число строк в кадре может изменяться от кадра к кадру. Величина отклонения числа строк в кадре от среднего значения определяется нестабильностью скорости вращения антенной системы и асинхронностью частоты вращения антенны и частоты запуска передатчика.

Компенсация нестабильности числа строк в кадре может быть осуществлена двумя способами:

- при наличии резерва по производительности процессора устройства отображения — методом пересчета шага дискретизации по азимуту и координат для каждого кадра;

- при отсутствии вычислительного резерва у процессора корректируется число строк в кадре до заданного значения методом округления — лишние строки отбрасываются, а недостающие восстанавливаются размножением строк.

Коррекция методом округления позволяет применять табличные преобразования координат и, тем самым, в значительной степени сокращать время обработки данных.

Кроме этого, в модуле контроля и синхронизации выполняется анализ телеметрической информации. Результат анализа передается в буфер экранной памяти для визуальной индикации работы антенной системы, приемопередатчика и БОС.

Входной массив $CadrIN [N, M]$ преобразуется в экранный массив $ScreenOut [X, Y]$, который содержит радиолокационные данные в экранной прямоугольной системе координат (ЭПСК). Максимальные значения X и Y определяются числом точек, которое

содержит радиолокационное изображение, выводимое на экран (1600×1600). Экранный массив хранится в буферном ОЗУ экрана и представляет собой результирующее изображение отметок движущихся целей, наложенных на светоплан местности.

Получению результирующего экранного массива $ScreenOut [X, Y]$ предшествуют следующие подготовительные операции: преобразование координат, формирование светоплана местности, формирование плана меток движущихся целей.

Преобразование координат

Трансформация данных из ПАСК в ЭПСК выполняется по известным соотношениям [2, с. 59] и характеризуется тем, что для сохранения равного масштаба изображения по обеим осям исходные данные подвергаются прореживанию или размножению по азимуту в зависимости от дальности. Однако если при формировании изображения светоплана потеря данных из-за прореживания допустима, то при формировании изображения меток движущихся целей допускать потерю данных нельзя. Поэтому преобразования координат при формировании светоплана и преобразования координат при формировании плана меток выполняются по разным методикам.

В результате операции преобразования координат вычисляются две таблицы адресов — $A [X, Y]$ и $B [N, M]$.

Таблица $A [X, Y]$ содержит относительные адреса ячеек (n, m) массива $CadrIN [N, M]$, из которых выбираются данные для формирования светоплана местности $LayOut [X, Y]$. Таблица $B [N, M]$ содержит относительные адреса ячеек (x, y) массива $LayTrg [X, Y]$, в которые помещаются данные из ячеек (n, m) для формирования плана меток движущихся целей.

Формирование светоплана местности

Операция формирования светоплана местности выполняется по команде оператора и включает в себя

построение на экране радиолокационной карты неподвижных объектов местности. После окончания выполнения операции сформированное изображение светоплана сохраняется на жестком диске в отдельном служебном файле и используется при дальнейшей работе основной программы. При отсутствии радиолокационных контрастов, позволяющих осуществлять визуальную привязку светоплана к местности, возможна замена файла светоплана файлом электронной карты местности.

Формирование светоплана местности выполняется по следующему алгоритму.

1. Из массива $A [X, Y]$ по адресам (x, y) выбираются относительные адреса (n, m) .

2. Из входного массива $CadrIN [N, M]$ по адресам (n, m) выбираются и заносятся в массив $LayOut [X, Y]$ по адресу (x, y) данные об амплитуде сигнала нулевого доплеровского фильтра (канал неподвижных целей). При наличии в отсчете по адресу (n, m) признака движущейся цели амплитуда текущего отсчета принимается равной амплитуде соседнего по номеру отсчета дальности, у которого отсутствует признак движущейся цели. Таким образом, в массиве $LayOut [X, Y]$ размером 1600×1600 элементов формируется текущее изображение светоплана местности.

Данные очередных входных кадров обрабатываются аналогично предыдущему и полученные изображения светоплана усредняются. Количество кадров, участвующих в формировании усредненного изображения светоплана, определяется оператором. На усредненное изображение светоплана накладываются изображение окружностей равной дальности и изображение меток азимута.

Формирование плана отметок целей

План отметок движущихся целей формируется (обновляется) один раз на один полный оборот антенной системы радиолокатора. При формировании плана отметок обрабатываются амплитуды выходных сигналов семи доплеровских фильтров. Формирование плана отметок целей выполняется по следующему алгоритму.

1. Из текущего массива $CadrIN [N, M]$ выбираются и сортируются элементы с признаком движущейся цели. Элементы объединяются в семь групп по номерам доплеровских фильтров. В каждой группе элементы сортируются по возрастанию амплитуды.

2. Согласно относительным адресам таблицы $B [N, M]$ для отсортированных данных в массиве $LayTrg [X, Y]$ формируется изображение условного знака (отметки) движущейся цели.

При наличии в группах нескольких движущихся целей, имеющих одинаковые относительные адреса (x, y) , в массиве $LayTrg [X, Y]$ формируется изображение отметки цели, у которой выше приоритет. Распределение целей по приоритетам следующее: 1 — максимальная скорость, 2 — максимальная амплитуда отраженного сигнала.

При отсутствии признака движущейся цели в элементе массива $CadrIN [N, M]$ в выходной массив $LayTrg [X, Y]$ по адресу (x, y) записывается ноль. Условные знаки идентификации цели выбираются из таблицы шаблонов. Шаблоны отметок движущейся

цели, идентифицирующие скорость и амплитуду, генерируются в начале работы устройства и хранятся в оперативной памяти.

Таким образом, после анализа всех элементов исходного массива $CadrIN [N, M]$ формируется план отметок движущихся целей, который хранится в массиве $LayTrg [X, Y]$.

Особенности отображения данных радиолокационного обзора

Основное требование к отображению — обеспечение надежной визуальной идентификации отметки движущейся цели на фоне светоплана и привязка ее к местности. В результате компьютерного моделирования и экспертной оценки при разработке программного обеспечения были определены конфигурационные, цветовые и информационные характеристики отметки, наиболее полно удовлетворяющие этим требованиям.

Для отображения светоплана выбрана черно-белая полутоновая палитра с 32 яркостными градациями серого. Цвет фона меток целей выбран желтый, цифровая информация меток — черного цвета, форма отметки — квадрат. Квадрат отметки комбинируется из двух прямоугольников размером 13×26 элементов. На верхнем прямоугольнике отображается числовая информация о скорости цели — номер доплеровского фильтра (число от 1 до 7), на нижнем — относительный уровень сигнала на выходе соответствующего доплеровского фильтра (число от 1 до 32). Разделение отметки на две половины позволило сократить количество генерируемых шаблонов отметок в памяти компьютера с 224 до 32.



Рис. 2. Фрагмент светоплана местности с отметками движущихся целей

Точками в центре квадрата и на серединах его сторон обозначено перекрестье, центр которого совпадает с истинным положением движущейся цели на светоплане местности. Пример радиолокационного изображения местности с отметками движущихся целей на экране монитора показан на рис. 2.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Справочник по радиолокации. Т. 3. Радиолокационные устройства и системы / Под ред. А. С. Виницкого. — М.: Сов. радио, 1978.
2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. — М.: Наука, 1984.