

文章编号: 0258-7025(2003)10-0909-03

激光成像雷达数字信号预处理技术

王海虹, 王 骐, 陆 威, 李 琦, 尚铁梁

(哈尔滨工业大学可调谐激光技术国家级重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要 研究了激光成像雷达的信号预处理技术, 采用分区存储方法实现实时成像显示技术, 系统采用距离选通技术, 减少了数据处理量, 应用处理器芯片 ADSP21060, 提高了系统信息处理能力。

关键词 雷达工程; 成像雷达; 信号预处理; 正交采样

中图分类号 TN 957.51 文献标识码 A

Laser Imaging Radar Digital Signals Pre-processing Technology

WANG Hai-hong, WANG Qi, LU Wei, LI Qi, SHANG Tie-liang

(National Key Laboratory of Tunable Laser Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang 150001, China)

Abstract In this paper, the signal pre-processing and real-time imaging techniques were studied. By partitioned access method the real-time laser radar imaging was realized. The data processing was reduced using range strobing grating and the system information processing ability was improved by using ADSP21060 processor chip.

Key words radar engineering; laser imaging radar; signal pre-process; quadrature sampling

数字信号预处理器是激光成像雷达的重要组成部分, 它对每帧像素进行加工。数据吞吐量大, 要求很高的处理速度, 这是预处理器的一个重要特点^[1]。预处理器在系统中的位置如图 1 所示。

1 数字信号预处理系统组成

在激光成像雷达中, 探测器输出的光外差信号经放大后, 与两个位相差为 90° 的本振信号进行正交混频, 输出两路低频中频信号, 分别送给 A/D 转换器进行采样。数字信号预处理是完成 A/D 转换后正交采样 I 、 Q 两路数据的接收及处理, 来提取目标信号强度、距离及速度参数。

2 数字信号预处理原理

为考核预处理功能模块, 将获得的原始图像经接口电路计算机显示及存储, 图 2 为信息预处理流程。

2.1 正交采样处理

采用正交采样可保持信号的多普勒信息, I 、 Q 两路的数据可表示为

$$\begin{aligned} V_I(i) &= V(i) \cdot \sin(\omega_d t + \phi) \\ V_Q(i) &= V(i) \cdot \cos(\omega_d t + \phi) \end{aligned} \quad (1)$$

经快速傅里叶变换(FFT)处理, 还可获得目标的多普勒频率 ω_d , 由此可进一步获取目标的速度信息。

$$\text{由 } V_I^2(i) + V_Q^2(i) = V(i)^2 \quad (2)$$

得回波信号峰值, 降低因单路采样带来的采样损失。

2.2 距离选通

为减少数据率, 本系统采用距离选通。若探测距离为 3 km, 每帧的数据量为 1 Mbytes。即使采用高档的 DSP 芯片也很难完成实时图像处理。为此, 本系统采用距离选通技术, 若距离波门为 120 m, 8 个距离单元时, 数据处理量降为 40 Kbytes/帧, 采用 ADSP21060 应可实时处理图像。图 3 给出距离波门的工作原理和过程。

收稿日期: 2002-04-18; 收到修改稿日期: 2002-12-30

作者简介: 王海虹(1970—), 女, 哈尔滨工业大学光电子重点实验室助理研究员, 主要从事雷达信号处理器系统研究。E-mail: hit_whh@yahoo.com.cn

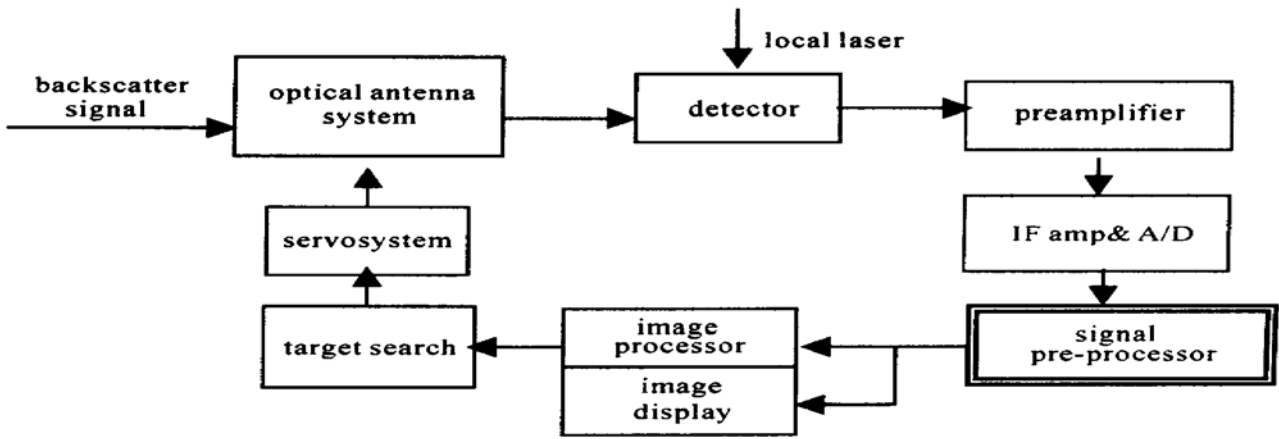


图 1 信号预处理器在系统中的位置

Fig. 1 Signal pre-processor in the system

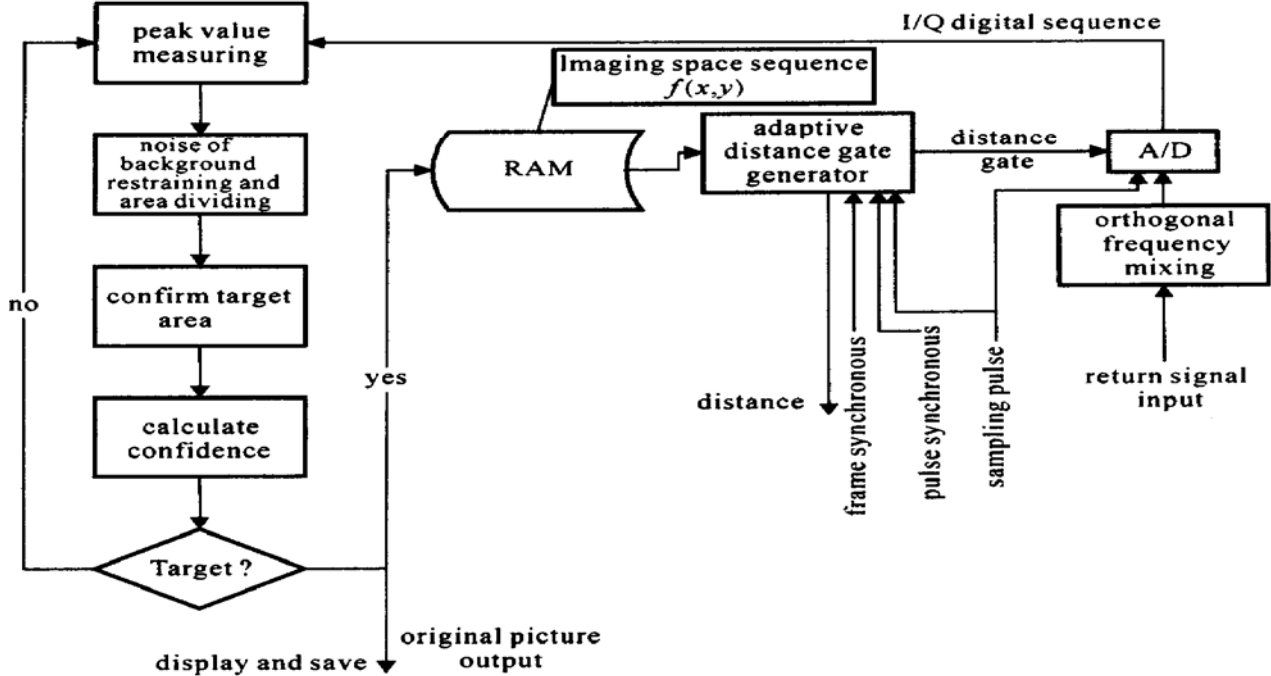


图 2 信息预处理流程

Fig. 2 Information pre-processing flow

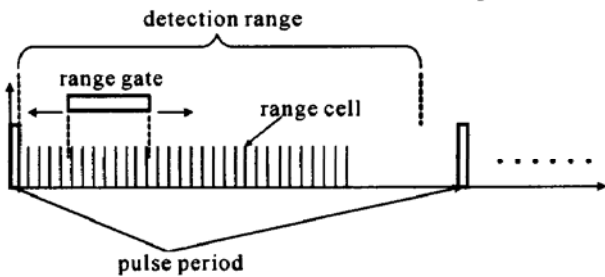


图 3 距离选通

Fig. 3 Range strobing gate

2.3 目标信息的提取

在图像预处理过程中,提取目标的距离信息,有

利于图像识别率的提高。2.2 节论述了距离波门的工作原理及过程,可以看出通过计算距离波门的位置,就能给出目标的粗略位置。

一帧信号中,距离波门内的采样点组成一个三维矩阵,刻画了目标区域内背景加目标的三维图像。如式(3)所示

$$\text{Amp} = f(x, y, z); x: \text{横向}; y: \text{纵向}; z: \text{径向} \quad (3)$$

其中每幅图像相当于:自变量 z 以距离单元为步进,沿径向切割目标区域的立体图像,所形成的不同距离的轮廓像。以本文列出参数计算,可以获得 8 幅目标强度轮廓像。若目标的径向线度小于一个距离

单元, 则目标像将集中在其中的一个像中, 从而获得距离信息。若目标的径向线度大于一个距离单元, 则目标像将散布在其中若干个像中, 预处理器以平均强度最大的距离单元给出目标的距离信息, 误差为 1~2 个距离单元。

对原始图像采用了两级阈值分割, 一级阈值分割是在预处理器中利用硬件实现的, 以便确定目标的有无。在数字图像处理中进行二级阈值分割以改善图像的对比度, 增加可识别性, 提高图像识别率。

3 数字信号预处理器设计

为了能对大量的图像数据进行实时处理, 本系统采用高速信号处理芯片 ADSP21060 作为处理器, 同时完成控制器功能, 处理速度快, 时钟主频可达 40 MHz, 单周期执行指令, 峰值处理速度为 120 MFLOPS, 稳定 80MFLOPS。32 位浮点除法 150 ns, 1024 点复数 FFT 处理时间为 0.46 ms。

3.1 图像数字预处理资源需求

当输入图像为 128×32 时, 由系统参数确定输入图像信号的数字速率为

$$128 \times 32 \times 10 = 40\text{k bytes/s}$$

因此, 视频图像信号输入缓冲器与显示缓存器采用 25 ns 的 16k bytes 的双口 RAM。ADSP21060 内部有 512k bytes 静态存储器(指令周期为 25 ns), 分别作为程序及数据存储, 它对视频图像输入及显示缓存器采用等待存取方式。为使信息处理系统必须在图像信号的帧周期内完成所有的处理工作, 下面对各种不同算法, 分析其单帧运算时间:

- 1) 相关算法单帧计算时间为 8 ms;
- 2) 形心跟踪算法单帧计算时间为 2.8 ms;
- 3) 目标检测算法单帧计算时间约为 10 ms。

可见, 由一块 ADSP21060 即使增加到 20 帧, 在帧周期内完成预处理(去噪及图像分割), 给出目标分割图像, 得到目标的距离信息, 是可实现的。

3.2 电路设计

电路设计中着重考虑了以下模块的设计:

1) A/D 数据收集

受到体积的限制, A/D 与 DSP 之间的连接采用 FIFO, 无需地址总线, 以简化接口电路。

2) 距离波门产生

使用 10 片 GAL 芯片, 综合三路同步信号, 产生距离波门, 并且提供控制波门参数的两个存储锁存器, 用以预置目标距离和波门宽度。

3) 原始像输出

考虑到计算机接口的速度不一致性, 使用 Dual Port RAM 实现数据交换。系统电路原理如图 4 所示。

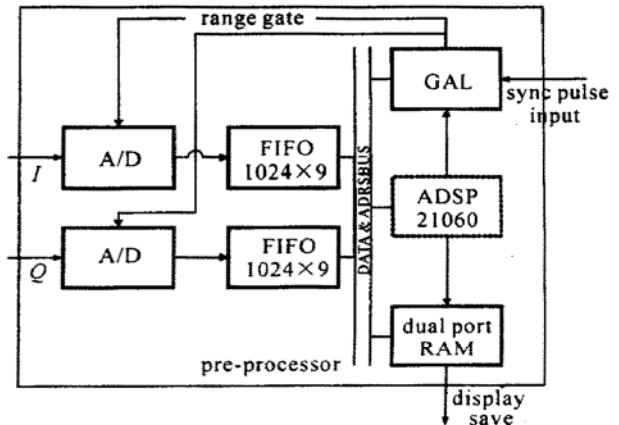


图 4 预处理器电路原理示意图

Fig. 4 Layout of the design for pre processing

3.3 成像显示

3.3.1 数据的分区存储

数字预处理器主要的工作是提取像素的强度与距离信息。所以每个像素的数据可以设定为 $[S(i), D(i)]$, $S(i), D(i)$ 分别为一帧图像中的第 i 个像素的强度、距离值, 分别为 2 bytes。

3.3.2 与显示计算机的数据交换

为了实现目前实时快速显示及以后高速实时处理的要求, 采用了分区存储的方法。由于一帧的数据量为 $128 \times 32 \times 4 = 16\text{k bytes}$, 采用 32k 双口 RAM, 就可实现数据的交替输出及预处理器与计算机显示。

参 考 文 献

- 1 M. I. Skolnik. Introduction to Radar Systems [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1980. Chap4, 100~ 105 (in Chinese)