

激光成象雷达多媒体系统¹

王蔚然 袁方 吉家成

(电子科技大学应用物理所 成都 610054)

摘要 本文在论述激光成象雷达的基础上,提出并建立了激光雷达的多媒体系统。该系统在对目标成象的同时,用声音报读目标的距离和速度数据。此多媒体、成象、相干 CO₂ 激光雷达已完成系统实验。本文着重于多媒体系统的构成和设计,并给出了激光雷达 1.1km 目标成象照片。

关键词 激光成象雷达,多媒体系统,激光成象传感,声音报读

中图分类号 TN249.3, TP391

1 引言

通用的多媒体微机,除原有的数字和字符输入输出外,可以接收和处理来自摄像机等图象传感、拾音器等语音传感以及它们的存储载体的信息,并以多种传播媒体的方式进行人机对话,成为一种综合信息处理系统^[1,2]。

激光成象雷达可以看作特定情况下使用的一种有源目标信息和图象传感器。引用多媒体微机技术,与此特定传感接口,接收处理目标信息,显示目标形体,同时用声音报读目标距离或速度,一改雷达通过屏幕显示目标坐标的传统方式。目前尚属一项新的有意义的尝试。

2 激光成象传感

激光雷达的问世早在 60 年代,而在约 20 年之后的 80 年激光成象雷达的实验模型诞生,此后得到迅速的发展。因为人们发现,利用激光光源照射目标,被测目标的速度可分辨率 $\Delta V = \lambda \Delta f / 2$ 要比微波高几个数量级^[3];其次,由中心响应波瓣的模糊函数可得到激光雷达的工作波长 $\lambda = 4(\Delta R)(\Delta V) / c$ (这里 ΔR 为距离分辨率, ΔV 为速度分辨率, c 为光速),它允许同时精确测量目标的距离和速度,而在微波范围这种能力因其波长较长而受到限制^[4];此外,微波和毫米波成象雷达难以解决的高角分辨率 ($\theta = 1.22\lambda / D$) 的问题,在此波段原则上不成其为问题;由此横向分辨率 $\Delta r = R\theta$,显然比微波、毫米波高几个数量级,因此大多数军用目标在其作用距离之内均可以认为是空间可分辨目标。这是一般雷达难以实现的难能可贵的特点。

假设发射天线孔径处光场的复包络为 $E_T(\bar{\rho}, t)$, 根据广义 Huygens-Fresnel 原理可以导出目标后向散射反回光场在接收孔径入口处的复包络:

$$[E_R(\bar{\rho}, t)]_{ij} = \int d\bar{\rho}' \int d\bar{\rho} E_T(\bar{\rho}, t - 2L/c) h_c(\bar{\rho}', \bar{\rho}) T_{ij}(\bar{\rho}', t) h_c(\bar{\rho}', \bar{\rho}) \exp(\pm jzvt/\lambda), \quad (1)$$

¹ 1994-05-30 收到, 1995-07-18 定稿

其中 $h_c(\bar{\rho}', \bar{\rho})$ 为随机大气格林函数, $\bar{\rho} = (x, y)$ 为发射孔径处二维向量, $\bar{\rho}' = (x, y)$ 为 $z = L$ 处的目标平面二维向量, $T_{ij}(\bar{\rho}', t)$ 为目标反射率, $\exp(\pm jzvt/\lambda)$ 为目标径向运动产生的多普勒频移, $2L/c$ 为接收光波与发射光波之间由传播路径产生的时延, 脚标 ij 为光束指向的空间坐标。提取有关目标的这些信息, 恢复其二维空间分布, 可建立起目标的三维图象, 并可观察到扫描视场内的多个目标。

图 1 为激光成象雷达系统的原理框图。稳频激光源经线性调频后送往光学天线。稳频的误差信号是利用 CO_2 激光器输出功率与光频的峰值特性检出的, 稳频伺服和线性调频均以控制压电陶瓷以改变激光器的腔长实现的。光学天线通过扩束和预扩束相结合方法来保证成象角分辨率的要求。扫描控制器控制伺服振镜以实现光束按预定模式的空间扫描。被照射目标反射回波经天线与本振光相干叠加于探测器光敏面, 探测器输出的光电流 $i = \beta[E_r(t) + E_L(t)]^2$ 。对于线性调频连续波,

$$i = \beta(P_r P_L)^{1/2} a(t) \cos\{2\pi[(\Delta/T)(2R/c) \pm f_d]t + p(t)\}. \quad (2)$$

式中 $\beta = e\eta/(h\nu)$ 为含量子效率 η 的比例因子; $a(t)$ 和 $p(t)$ 均为具有瑞利统计特性的随机变量, 分别代表目标斑纹效应导致的幅度和相位起伏; Δ/T 是线性调频参量; 由 (1), (2) 式可知接收功率 P_r 正比于 $T(\bar{\rho}', t)$ 。探测器输出经前放、主放后进行 FFT 处理得到信号频谱的幅值和频值。按公式 $f_R = (f_{\text{上}} + f_{\text{下}})/2$ 和 $f_d = (f_{\text{上}} - f_{\text{下}})/2$ 分别提取目标的距离 $R = \frac{1}{2}c(T/\Delta)f_R$ 和径向速度 $V_r = \frac{1}{2}f_d\lambda$ 信息。回波信号中的 $a(t)$ 将导致目标图象产生反射函数之外的斑纹; 而 $p(t)$ 则危害测速测距的性能。FFT 处理器输出的数据被送至成象处理器和报读系统。

显然, 接收和处理这样一种特定的传感器的信息, 通用的多媒体微机的硬件环境是不适用的, 必须按要求建立与之相匹配的硬件环境, 并在此基础上开发相应的软件。

3 成象和声音报读系统的硬件结构

这里涉及的是要建立激光雷达的多媒体系统。它与计算机支持的多媒体信息系统之间的主要区别在于对接收和处理多组不同物理含意的数据、实时表示、实时交换、媒体之间严格同步等项的要求不同。

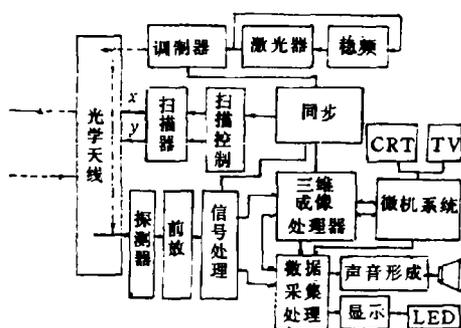


图 1 激光成象雷达原理框图

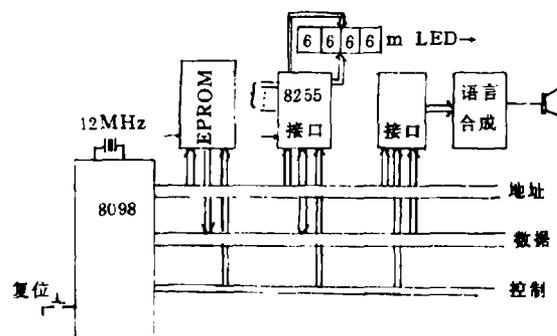


图 2 数据自动报读、显示系统结构的框图

这里实时采集并用声音报读的数据是及时测到的距离和速度数据，其数据值在某范围内是随机出现的，而且数码显示与声音播放的数据应该恰好与 CRT 或 TV 上成象目标相匹配。如果成象目标不只一个，按由左到右由上到下的顺序报出。

成象处理器则需完成目标空间和显示屏幕的实时映射变换，它的数据来源是从 FFT 信号处理器送来的数据流。假定激光雷达的每毫秒对目标进行一次测量，显然数据流的刷新速率为 1ms。成象系统从 8bit/ms 的强度、12bit/ms 的距离和 12bit/ms 的速度数据流中提取目标的有用数据，构成目标图象。

为了使 CRT 上的伪彩色图象与数据报读完全同步，系统采用并行处理结构，即图象构成处理和语音合成处理分别由各自的微处理器实现。图 2 给出了报读、显示系统的结构框图。它由 8098 单片机为主构成，主机启动之后，系统由固化在 EPROM 中的程序控制工作。

成象系统采用分段处理、流水作业的硬件结构。成象处理器利用行数据缓存方式完成数据编辑工作；中断控制方式实现主机控制下的数据传送；TMS34020 图形处理器管理伪彩色变换和图象显示；成象处理和图象卡均以内存地址映射方式与‘386’主机接口。这样，数据采集、编辑、传送、变换和图象显示均在空间扫描行的时间内完全，不额外耗费时间，以保证目标成象的实时性。因此这里成象的帧速主要取决于激光雷达完成一次目标测量的时间和一帧图象的像素数。

4 报读系统软件设计

为强化系统的“智能”，使其功能灵活应变，系统软件设计采用主程序和子程序调用的模块化结构。改变和调用不同的功能模块，很容易获得不同的系统性能，以适应于各种

现实的应用场合。各功能模块均用汇编语言编制，以满足实时处理的要求。CPU 以响应中断的方式采集、接收数据，以与成象系统同步工作。

主要的功能模块有主程序、中断服务子程序、数据接收 (ACCEP) 子程序、CHANGE 子程序、Sound 子程序、DISP 子程序。主程序框图如图 3 所示。“接收”模块完成数据采集、筛选、分类、编辑等功能。CHANGE 模块主要完成数据权值的判断和设置。不同的选报方式，可以通过调用不同的“接收”和“中断服务”模块来实现，如报读成象视场内相距最近的三个目标的距离值，或是报读视场内指定区域内的目标的距离值等等，就可以按要求编制相应的模块，以便使用时灵活调用。系统还设有自检程序。

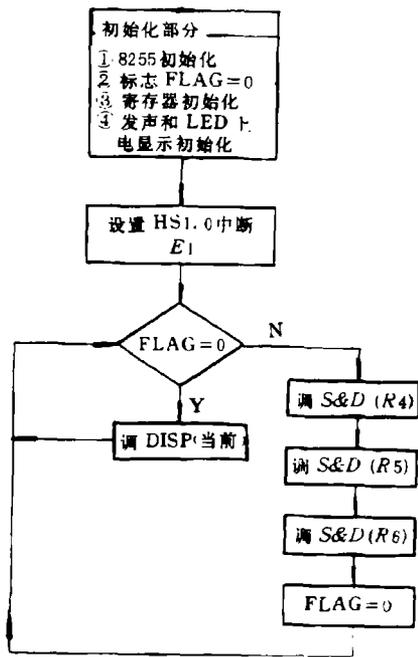


图 3 数据自动报读、显示系统主程序框图

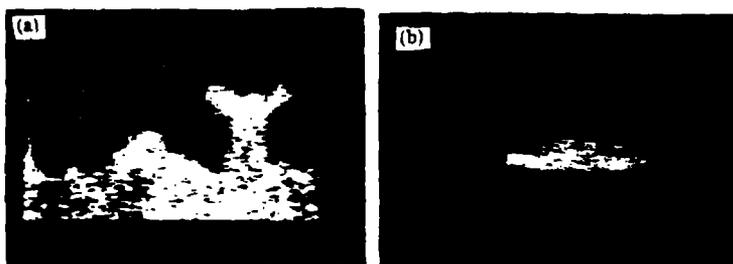


图 4

5 结 语

我们所设计的激光成像雷达多媒体系统已完成了联机实验。图 4(a) 为 1.1km 处穿棉衣人举双手站在石堆上成像的照片, 图 4(b) 为 500m 处坦克模型的成像照片。

报读系统实现了对目标实测距离和速度数据的报读。对比结果表明报读系统弥补了被测距离值的离散性, 与理论分析中等效于提高了雷达测距信噪比的结论相吻合, 效果令人满意。同时从听觉和视觉给观察员报以同样的信息。不仅减轻了观察员的劳动强度, 而且必将增加判读的正确概率, 颇受操纵人员欢迎。

参 考 文 献

- [1] 袁宏春, 陈雷霆. 电子科技大学学报, 1994, 23(1): 66-71.
- [2] 钟玉琢, 李树清, 等. 多媒体计算机技术. 北京: 清华大学, 广西科学技术出版社, 1993, 1-28.
- [3] Herney R C, Hull R J. Compact infrared radar technology, SPIE 1982, 227, 162-168.
- [4] Bachman C G. Laser Radar Systems and Techniques. Artech House INC, 1979, 90-91.

MULTIMEDIA SYSTEMS OF LASER IMAGING RADAR

Wang Weiran Yuan Fang Ji Jiacheng

(University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054)

Abstract A multimedia, imaging, coherent CO₂ laser radar is developed and tested. The multimedia laser radar systems can simultaneously display the target image and report the range and velocity data of the imaged target by sound. This paper reports the design and the construction of this system. The photograph of the laser radar imaging at a range of 1.1km is given.

Key words Laser imaging radar, Multimedia systems, Laser imaging sensing, Report data with sound

王蔚然: 女, 1939年生, 教授, 从事激光成像系统与技术、激光光束跟踪、多维成像传感数据融合、遥控遥测技术等方面的研究与教学。

袁方: 女, 1971年生, 学士, 现在北京国际交换系统有限公司从事计算机通信工程。

吉家成: 男, 1965年生, 工程师, 在微机所从事计算机的开发与研究。