

一种机载实时成像处理技术的改进

曹汝杰,高 岩

(西安电子工程研究所,陕西 西安 710100)

摘 要: 介绍了某机载 SAR 雷达实时成像处理流程,并针对实际成像处理中存在的分辨率不足的问题,给出了修改调频率曲线插值函数初始坐标的方法. 同时针对实时成像处理与 Matlab 存在误差的现象进行了分析,在实时处理中采用双精度浮点计算解决了该问题. 最终成像结果表明,该实时成像处理程序能够可靠、稳定的工作,并获得理想的图像.

关键词: 实时成像处理;调频率估计;插值函数

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000—7180(2017)04—0146—03

An Improved Real-time Image Processing Technology for Airborne

CAO Ru-jie, GAO yan

(Xi'an Electronic Engineering Research Institute, Xi'an 710100, China)

Abstract: This paper introduces the real-time imaging process of an airborne SAR radar, and gives a method to modify the initial coordinates of the interpolation function of the chirp rate for the problem of resolution in the actual imaging processing. The phenomenon of real-time imaging processing and matlab processing error is analyzed, and the problem is solved by double precision floating point operation in real-time processing. The final imaging results show that the real-time imaging process can work reliably and obtain the ideal image.

Key words: real-time imaging processing; chirp rate estimating; interpolation function

1 引言

合成孔径雷达 (Synthetic Aperture Radar, SAR) 通过对回波信号二维匹配滤波处理实现高分辨率成像^[1]. 它具有数据量大、数据吞吐率高、成像算法实现复杂等特点. 目前, SAR 实时成像处理结构可分为并行结构、串行结构和混合结构三种形式. 它们都是将二维压缩处理通过两次一维压缩处理级联来实现. 随着 SAR 技术向高分辨率、多极化、多波段、宽观测带的方向发展, SAR 系统的原始数据率不断提高, 实时成像处理系统中的 IO 能力、处理能力、存储能力等问题越来越突出^[2-4].

TMS320C6678 是 TI 公司最近几年新推出的一款新型 DSP, 其内部拥有八核结构, 相对于 TS201 DSP 的单核结构来说, 运算速度和数据的处理能力得到了很大的提高, 内存空间也有了很大的突破.

本文以 TMS320C6678 DSP 为核心, 针对 SAR 成像处理中的实际问题进行了分析, 对实时成像算法进行了改进, 明显的提高了成像分辨率.

2 实时成像处理流程

本文采用改进的 CS 成像算法, 具体处理流程如图 1 所示. 原始数据为做完 DDC 后的图像数据, 首先利用惯导给出的载机运动参数计算出走动校正因子, 进行距离走动运动补偿. 然后将数据块在时域截取, 对其做多普勒中心估计、接着进行距离向的脉压和一次补偿、弯曲矫正、第二次调频率估计, 最后进行方位压缩、多视处理, 量化后输出.

按照上述流程, 某 SAR 雷达搭载在无人机上实时处理得到的 0.5 m 分辨率图像, 如图 2 所示. 可以看出图像方位向存在重影, 即方位分辨率不到 0.5 m.

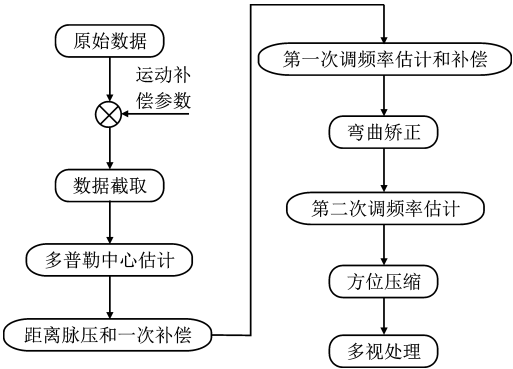


图 1 机载 SAR 实时成像处理算法流程图



图 2 某 SAR 雷达 0.5 m 实时成像结果

3 实时处理程序改进

采用 Matlab 处理图 2 的原始数据,得到的图像如图 3 所示.对比图 2 和图 3 后发现,图 3 方位向聚焦效果良好,方位分辨率高于 0.5 m.



图 3 Matlab 处理的图像

对比雷达和 Matlab 各个环节的结果发现,距离压缩和一次补偿的结果相同,而第一次调频率估计和补偿环节的相位补偿函数出现不一致,见图 4.

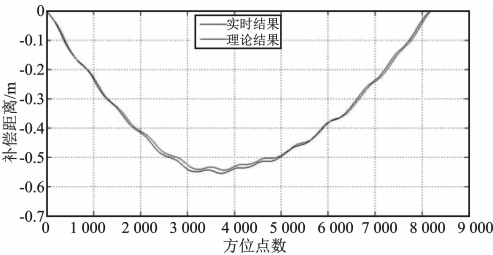


图 4 相位补偿函数比对

相位补偿函数是由调频率的估计结果通过插值、积分获得,其计算过程如图 5 所示.

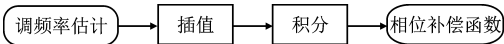


图 5 相位补偿函数的计算流程

对比调频率估计结果,如图 6 所示,雷达处理得到的调频率曲线与 Matlab 一致.

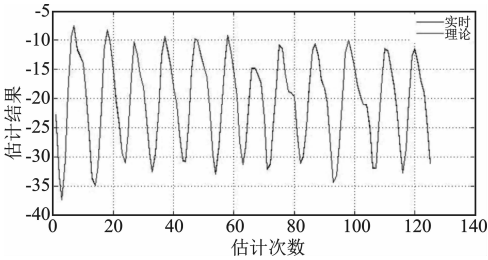


图 6 调频率曲线比对结果

对相位补偿函数进行差分处理,发现差分后的参数在时间上与 Matlab 处理结果有个错位,错位量为 64 点,和调频率估计的步进量 64 是一致的.相位补偿函数差分处理结果如图 7 所示.

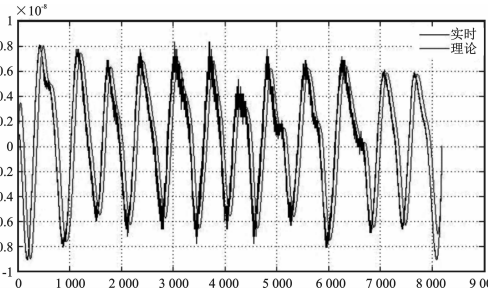


图 7 相位补偿函数差分结果比对

通过上述比对发现,雷达实时成像的相位补偿函数和 Matlab 处理算法的相位补偿函数,经过差分后得到的结果存在一定误差.这时因为在实时处理中调频率曲线插值函数初始坐标为 64,而 Matlab 中初始坐标为 128.两者初始坐标不一致,引起相位补偿函数的误差.将实时处理程序调频率曲线插值函数初始坐标同样改为 128,得到的相位补偿函数差分后与 Matlab 进行对比,结果如图 8 所示.

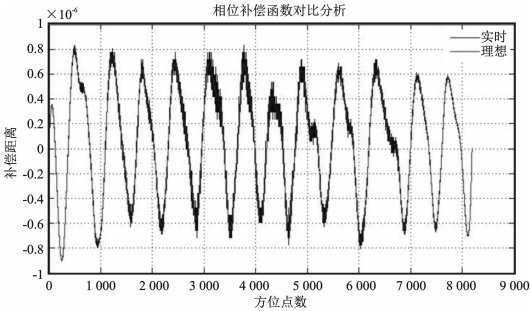


图 8 实时程序修改后的相位补偿函数差分结果比对

从图 8 可看出,实时程序修改后的相位补偿函数与 Matlab 相比误差较小,但在调频率变化剧烈的地方仍存在少许毛刺。对两者相减后得到的误差进行分析,发现在实时处理中采用单精度浮点进行运算,而 Matlab 采用双精度浮点进行运算. 该误差就是实时处理器采用单精度浮点计算带来的误差。

采用双精度浮点会使运算时间增加,实时处理器处理一幅图像的时间和不同分辨率数据采集时间的对比,如表 1 所示. 可以看出,四种分辨率数据采集时间都大于运算时间,即使采用双精度浮点进行运算,采集时间仍大于运算时间,因此可将实时成像处理中的运算改为双精度浮点进行计算. 修改运算精度后,实时处理得到的相位补偿函数差分后的结果与 Matlab 对比见图 9.

表 1 实时成像处理运算时间表

分辨率	数据采集时间/s	单精度时间/s	双精度时间/s
3 m	27	10	13
1 m	26	14	17
0.5 m	26	18	21
0.3 m 聚束	59	38	45

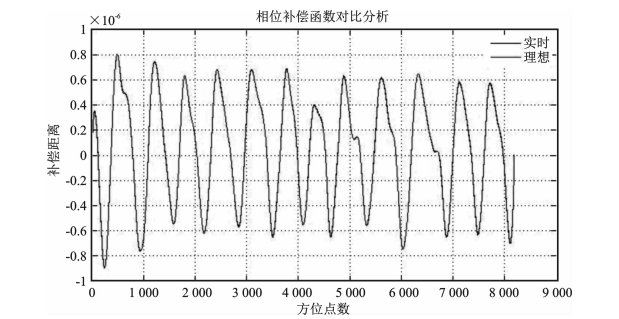


图 9 双精度计算的相位补偿函数差分结果比对

图 9 可以看出,采用双精度浮点进行运算以后,实时处理与 Matlab 得到的结果一致,最终实时处理得到的图像如图 10 所示。

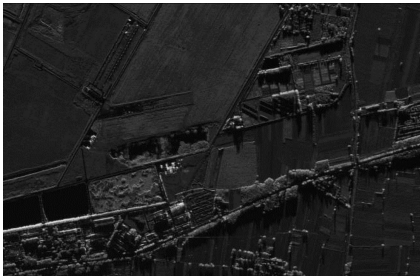


图 10 修改程序后的实时处理图像

4 雷达成像结果

该算法程序改进后在某型雷达的挂飞试验中得到了充分的验证,各种分辨率下都获得了比较好的

实时图像. 图 11、12 是该雷达对陕西关中平原某地不同分辨率下的 SAR 图像。

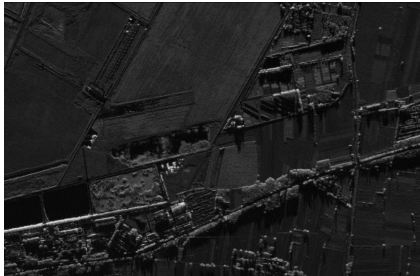


图 11 0.3 m 分辨率实时 SAR 图像(局部)

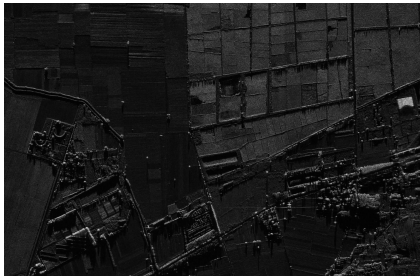


图 12 0.5 m 分辨率实时 SAR 图像(局部)

5 结束语

本文介绍了某 SAR 雷达实时程序处理流程,并针对实际成像处理中存在的分辨率不足的问题,对实时处理程序进行了详细的分析,给出了解决方法,同时针对实时成像处理与 Matlab 存在误差的现象进行了分析,根据该 SAR 雷达实际情况,在实时处理中采用双精度浮点计算解决了该问题。

参考文献:

[1] 王强,黄建冲. 无人机机载合成孔径雷达[C]// 无人机发展论坛. 北京,2006.

[2] 保铮,邢孟道,王彤. 雷达成像技术[M]. 北京:电子工业出版社,2005.

[3] 董勇伟,周良将,唐波,等. SAR 实时成像处理平台的设计与实现[J]. 系统工程与电子技术,2009,31(8): 1882-1886.

[4] 唐月生,邓海涛,张长耀,等. 机载 SAR 实时成像处理系统设计[J]. 遥感技术与应用,2005,20(1):81-84.

作者简介:

曹汝杰 男,(1964-),高级工程师. 研究方向为雷达工程.
E-mail:caorujie786206@sina. com.

高 岩 男,(1970-),硕士,高级工程师. 研究方向为雷达工程.