

文章编号: 1001- 2486(2008) 02- 0088- 03

## 天线与目标特性时域测量系统中的信号处理方法\*

刘继斌, 李高升, 刘培国, 周东明

(国防科技大学 电子科学与工程学院, 湖南 长沙 410073)

**摘要:** 研究了时域测量系统的信号处理方法。介绍了背景信号对消的预处理方法, 将 FFT 和啁啾变换应用在时域超宽带紧缩场测量系统中, 并对大数据量测量时啁啾变换算法和 FFT 算法的效率进行了比较。

**关键词:** 时域测量; 信号处理; 啁啾变换

中图分类号: TN95 文献标识码: A

## Signal Processing Methods of Antenna and Target Characteristics Measuring System in Time-domain

LIU Ji-bin, LI Gao-sheng, LIU Pei-guo, ZHOU Dong-ming

(College of Electronic Science and Engineering, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** A study on the signal processing methods of time-domain measuring system is presented. Firstly, the background subtraction as a method of signal pretreatment is introduced, and FFT and CT (Chirp Transform) were applied to a time domain UWB compact range measuring system. In the end, a comparison was made between the efficiency of FFT and that of CT.

**Key words:** time-domain measurement; signal processing; chirp transform

为了测量电大尺寸天线辐射特性和电大尺寸雷达目标特性, 我们用系统集成的方法构建了一套时域超宽带紧缩场测量系统<sup>[1-3]</sup>。在这套时域测量系统的信号处理方法中, 时域原始信号经过了预处理-时频变换的过程, 啁啾变换(Chirp Transform, CT)算法作为时频变换的核心算法得以应用。

## 1 天线与目标特性时域超宽带紧缩场测量系统简介

文献[2]给出了目标特性时域超宽带测量系统的系统结构和数据获取流程图。该系统用于天线测量时的结构和流程有所变化, 如图 1、2 所示。

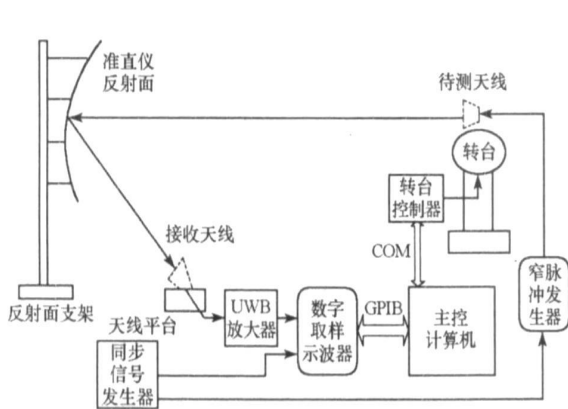


图 1 天线测量系统结构图

Fig.1 Structure of antenna measuring system

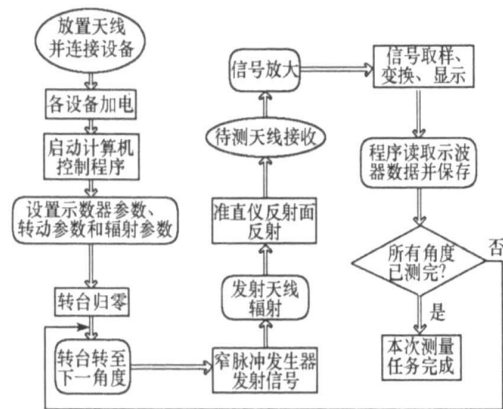


图 2 天线测量数据获取流程图

Fig.2 Flow for data acquiring of antenna measurement

\* 收稿日期: 2007- 11- 30

基金项目: 国家部委基金资助项目(9140A21020506KG0174)

作者简介: 刘继斌(1974-), 男, 副教授, 硕士。

时域超宽带测量系统辐射具有瞬时超宽带特性的冲激脉冲信号, 由高性能采样示波器得到需要的时域波形。为了精确得到感兴趣的待测对象的频域特征数据, 必须对时域波形数据进行预处理和时频变换。

## 2 时域信号预处理

### 2.1 直流分量去除、时域加窗

去除数据中的直流分量并进行时域加窗, 可以避免时域信号的起始点、结束点发生突变, 从而减弱吉布斯现象, 避免通带内的频域结果受到波动干扰, 是时域数据预处理的常规步骤。

### 2.2 背景信号对消

进行目标特性测量时, 虽然采取了安装吸波材料等措施以减缩目标支架及转台的后向散射, 但并不能完全消除。因此为了尽可能降低它们对测量精度的影响, 有必要进行背景信号对消。图 3 给出了目标(半径为 11.9cm 的球)信号的背景对消前后对比, 图 4 是 RCS 结果对比(理论值由文献[5]给出的公式计算得到)。

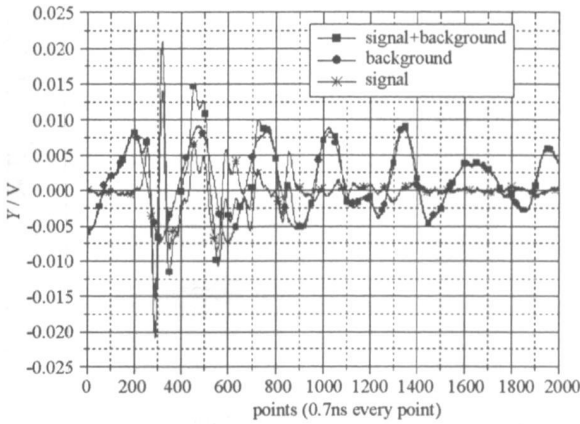


图 3 目标特性测量时的背景对消  
Fig.3 Background subtracting for target characteristics measurement

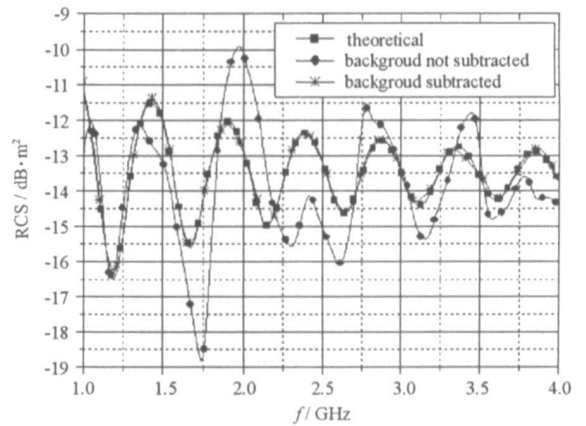


图 4 背景对消前后球的 RCS 测量结果  
Fig.4 Sphere's RCS measured before and after background subtracted

## 3 时频变换算法及 CT 的优点

### 3.1 FFT 与 CT

基-2 FFT 算法<sup>[4]</sup>是针对数据点数为 2 的整数次幂的采样序列的时频变换算法, 也即一般所指的 FFT 算法, 可由式(1)表示:

$$S(j\omega_k) = \text{FFT}[s(n)], \quad \omega_k = k \frac{2\pi}{M \cdot \Delta T}, \quad k = 0, 1, \dots, M-1 \quad (1)$$

其中,  $s(n)$  是间隔为  $\Delta T$  的  $M$  的顺序离散采样( $M$  为 2 的整数次幂),  $\omega_k$  为角频率序列。由式(1)可见基-2 FFT 算法的频谱分辨率与  $M \cdot \Delta T$  成反比。

基-2 FFT 算法是有缺陷的。一方面, 在天线与目标特性的时域超宽带测量中, 采集的信号持续时间很短, 原始信号点数(记为  $N$ ) 通常不是 2 的整数次幂, 需要进行等间隔补零延拓方可采用(1)式计算, 因此频率分辨率较高时会导致很大的  $M$  值, 需要大量的存储空间和计算时间; 另一方面, 通常只关心  $[\omega_0, \omega_H]$  范围内间隔为  $\Delta\omega$  的整数个频率点, 但是由式(1)计算得到的频谱分量可以从直流直至非常高的频率, 而且频带宽度远远超出硬件带宽范围, 超出该范围的频谱数据毫无意义。

CTA<sup>[4]</sup>可以解决这两个问题, 步骤概括如下:

第一步, 选择一个满足条件  $L = 2^M$  且  $L \geq N + M - 1$  的最小整数  $M, L$ ;

第二步, 为序列  $g(n)$  补  $L-N$  个零值, 变为长度为  $L$  的新  $g(n)$ , 采用基-2 FFT 算法求得  $G(k) = \text{FFT}[g(n)]$ 。

第三步, 构造如式(2)所示的  $L$  点序列  $h(n)$ , 计算  $H(k) = \text{FFT}[h(n)]$  (记  $W = e^{-j\Delta\omega}$ );

$$h(n) = \begin{cases} W^{-n^2/2}, & 0 \leq n \leq M_\omega - 1 \\ 0, & M_\omega \leq n \leq L - N \\ W^{-(L-n)^2/2}, & L - N + 1 \leq n \leq L - 1 \end{cases} \quad (2)$$

第四步, 计算乘积  $F(k) = G(k) \cdot H(k)$ ;

第五步, 计算  $f(n) = \text{IFFT}[F(k)]$ ;

最后一步, 求  $S(j\omega_n) = f(n) W^{n^2/2}$  ( $n = 0, 1, \dots, M_\omega - 1$ ) 即可得到从  $\omega_0$  开始的间隔为  $\Delta\omega$  的  $M_\omega$  个频率点上的频谱值(所得频谱的最高角频率为  $\omega_H = \omega_0 + (M_\omega - 1) \cdot \Delta\omega \geq \omega_H$ )。

### 3.2 CT的优点

图5给出了一个C波段微带天线方向图测量结果。测量得到原始数据点数  $N = 2000$ , 采样间隔  $\Delta T = 7.5\text{ps}$ , 要求得到频带(5.7~5.9)GHz、频率步进10MHz的 $\pm 40^\circ$ (角度步进 $0.5^\circ$ )方向图结果。采用基-2FFT算法, 数据处理花费时间约1.5s, 而采用CT算法, 时间约0.2s(程序采用LabVIEW语言编制, 在P4 2.4GHz PC机上运行)。

## 4 结论

本文介绍了天线与目标特性时域测量系统中的信号处理方法, 重点研究了啁啾变换的应用。实验结果表明: 背景对消大大减小了目标特性测量的误差; 啁啾变换提高了数据处理速度。

### 参考文献:

- [1] 刘培国, 刘继斌, 李高升. 时域超宽带紧缩场测量系统关键技术研究及集成技术报告[R]. 长沙: 国防科技大学, 2005.
- [2] 刘继斌, 李高升, 等. 时域超宽带紧缩场雷达目标特性测量系统研究与开发[J]. 国防科技大学学报, 2007, 29(2): 94-96.
- [3] 庄钊文, 袁乃昌. 雷达散射截面测量[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 2000.
- [4] 李素芝, 万建伟. 时域离散信号处理[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1994.
- [5] Harrington R F. Time-harmonic Electromagnetic Fields[M]. Piscataway: IEEE Press, 2001.

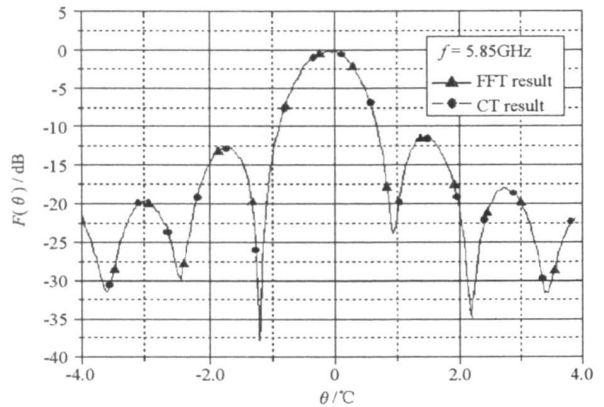


图5 微带天线方向图测量结果

Fig. 5 Measurement result of a microstrip antenna's pattern