

# GPS-R Data Acquisition Test and Processing Analysis

YANG Dongkai, WANG Yan, LI Weiqiang, LU Yong

School of Electronic and Information Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China

e-mail: edkyang@buaa.edu.cn

**Abstract:** The principle and the architecture of reflect signal receiver based on GPS are introduced in this paper. And the reflected processing channel for the receiver is discussed afterwards. Three tests for the different types of reflection surface have been executed to collect binary data and the correlation power of reflected signal simultaneously based on the proposed delay mapping receiver. Data analysis results show that the collected data by the receiver is valid and suitable for retrieving the physical state and characterization of reflection surface.

**Key words:** GNSS; reflect signal; delay mapping receiver; data acquisition test

## GPS-R 数据采集试验与处理分析

杨东凯, 王 炎, 李伟强, 路 勇

北京航空航天大学电子信息工程学院, 北京 100191

Email: edkyang@buaa.edu.cn

**摘 要:** 介绍了基于 GPS 实现反射信号接收机的原理和组成, 阐述了反射信号处理通道的结构, 完成了不同类型反射面的原始中频数据采集存储和实时处理输出反射信号相关功率值。数据处理结果表明, 利用所设计研制的接收机采集的数据能够反映反射面的有关特征和物理状态的变化。

**关键词:** 全球导航卫星系统; 反射信号; 延迟映射接收机; 数据采集试验

通过双基地雷达的接收方式将GPS (全球定位系统) 信号应用于海面风场测量, 土地表面特征遥感等变得越来越广泛<sup>[1-4]</sup>, 国内在此方面的相关研究也已经展开, 并取得了一定的成果<sup>[5-7]</sup>。GPS双基地雷达的接收利用两个天线: 一个天线用于接收来自天顶卫星的直射信号; 另一个用于接收来自海面, 土地等不同反射表面的卫星反射信号。由于不同反射表面所反映出来的反射信号的特性不同, 例如反射信号的相关功率值会随着海面粗糙度, 土地湿度, 反射体光滑程度等因素的不同有着比较大的变化, 从而也就对后续物理状态的研究提供了可行性。本文介绍的GPS-R接收机一方面能够同时采集来自两个天线经过下变频的中频数据, 为后端精细化软件分析反射信号特性提供数据基础; 另一方面能够处理直射信号和反射信号, 实时的输出直射信号的导航定位信息, 通道处理信息以及反射信号的相关功率, 为后续的星载应用研究提供技术储备。通过海面静态数据采集, 土地湿度静态观测, 目标探测数据采集3个方面的试验, 对采集数据和实时输出结果的分析说明所采集的数据真实有效, 实时处

理的结果能够反映反射面的特性。

### 1 试验所用系统组成

数据采集试验所用的系统由延迟映射接收机, 右旋极化 (RHCP) 天线, 左旋极化 (LHCP) 天线以及任务监控和数据采集存储的上位机组成。其中右旋天线为通用GPS天线, 用于接收来自卫星的直射信号; 采用特殊的4阵列式设计, 增益为12dB的左旋天线用来接收来自GPS卫星经过不同反射面的反射信号, 对于任务监控和数据采集存储的上位机要求配备双串口和USB接口以便数据上传, 对存储容量和内存要求也较高。

#### 1.1 接收机硬件组成

延迟映射接收机 (GPS-R接收机) 是本系统的关键组成部分, 硬件构成如图1所示。GPS直射信号和反射信号分别通过右旋极化天线和左旋极化天线接收后, 经过双射频前端的射频模块分别进行滤波和下变频变为中频信号; 经过双通道高速A/D在20.456MHz频率下采样后分别输入到FPGA中的数字量化模块进行2bit量化; 对于原始中频数据采样, 将双通道量化

后的信息合并成帧处理后缓存到FPGA的FIFO中进行缓存,之后再通过状态机控制将缓存的数据通过USB接口上传至上位机进行存储。

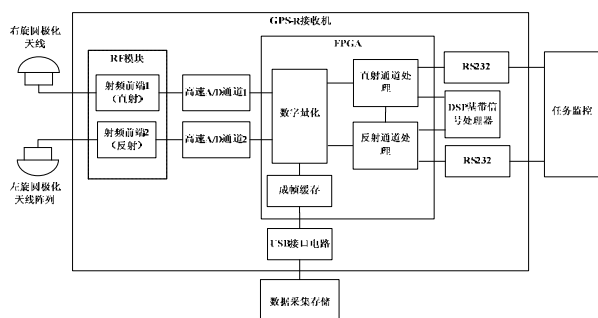


Figure 1. Hardware composition of testing system

图 1. 试验系统硬件组成

对于实时数据处理,将直射和反射两路量化后的信息分别送至FPGA中的直射通道处理和反射通道处理模块,其中对于直射通道配合DSP基带信号处理进行卫星的捕获跟踪以及导航定位解算等,并将反射通道需要的辅助信息信息进行配置,实现时间延迟的控制,进而得到不同时延条件下的卫星反射信号的相关功率值。原始中频数据采集信息通过USB接口上传至上位机进行储存,可以输入给反射信号软件接收机进行处理;直射通道的导航定位信息,通道处理信息通过串口1上传,反射信号的相关功率值通过串口2上传,两组数据中包含相同的时间标记,以便进行数据对应。

## 1.2 反射通道结构

反射通道处理是延迟映射接收机实时处理反射信号的关键模块(如图2所示),在本设计中采用的是反射通道并行处理模式。由DSP利用某卫星的直射信号相关信息控制反射信号的产生,并分别与量化的2bit反射信号中频数据进行运算;结果形成相互正交的I值与Q值输入到功率计算模块,在此模块中进行1ms相干累加,之后进行平方和运算,对运算的结果进行1s的非相关累加,之后作为相关功率值输出。

## 2 具体实验过程

### 2.1 海面静态数据采集试验

海面静态数据采集试验于2008年8月30日到9月5日期间在位于青岛小麦岛的听潮阁(高于海平面10米)进行。具体实验环境如图3所示,右旋天线放于无遮挡的屋顶处,左旋天线与海平面成 $45^\circ$ 的夹角放置,用于接收来自海面的反射信号。

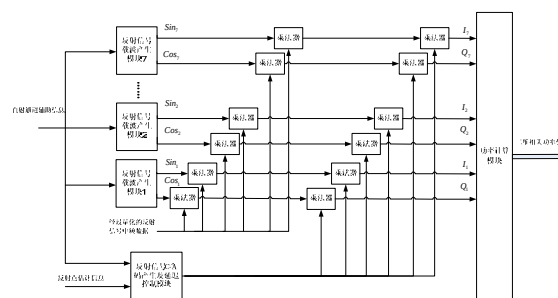


Figure 2. Structure diagram of reflex channel

图 2. 反射通道结构框图

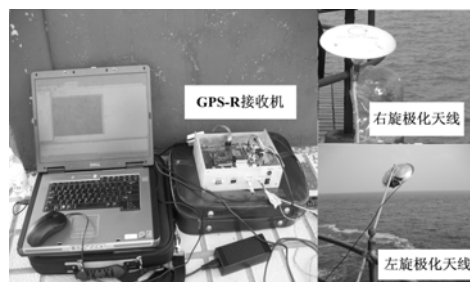


Figure 3. Test environment for static data collection

图 3. 静态数据采集试验环境

在整个实验过程中,针对不同的海况条件采集了多组数据。

## 2.2 目标探测试验

对于目标探测的数据采集试验,于2009年5月中旬选取北京北四环桥某段立交桥对过往的车辆反射信号进行采集。试验方法与上述所述的静态海面数据采集不同的地方在于左旋天线的摆放角度,其与桥下路面保持水平接收相应过往车辆的的反射信号,观察相关功率数据有无明显变化。

## 2.3 土壤反射信号采集试验

为了分析土地湿度与GPS反射信号的关系,于5月23日至25日对海拉尔草地环境和附近的裸地进行了

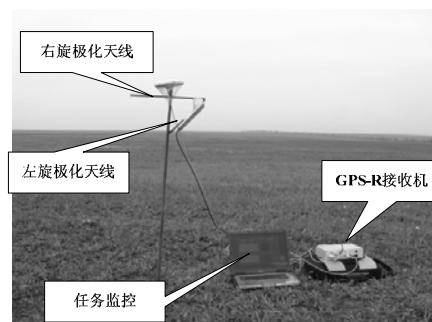


Figure 4. Environment for grassland static test

图 4. 草原静态试验环境

反射信号的实时处理。具体的实验环境如图4所示。左旋天线距地面高度为1.5米，与地面成约 $45^\circ$ 。在试验过程中人工的改变土地湿度，并采集不同湿度条件下的GPS反射信号数据。

### 3 试验结果分析

#### 3.1 海面静态数据分析结果

选取2008年8月30日所采集的海面静态数据进行分析，对于其中的第19号卫星的直射信号进行了捕获操作，并对其反射信号进行了不同码延迟情况下的相关功率值计算，19号卫星的捕获结果如图5(a)所示。如图5(b)所示为不同码延迟条件下反射信号与直射信号功率对比，反射信号相关峰值相对于直射信号的相关峰值的延迟距离不明显，与实际情况相吻合。因为选取的观测点仅比海平面高10米，反射信号相对于直射信号的延迟距离相应也不大。但是反射信号功率在不同码延迟距离下均小于直射信号。

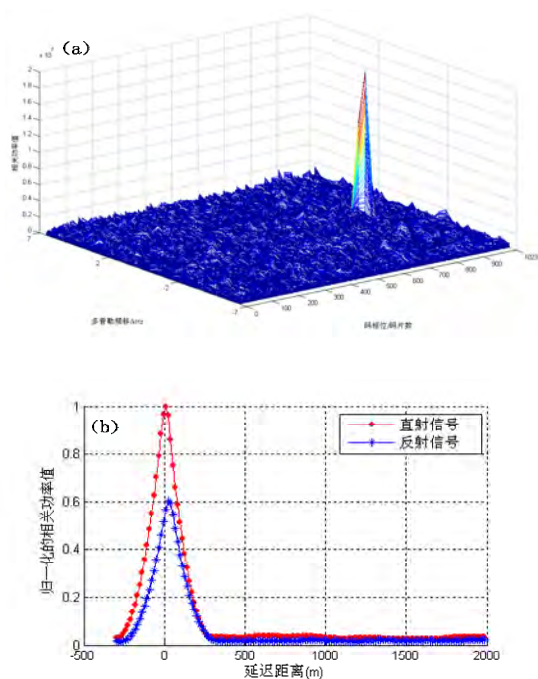


Figure 5. Analysis results of static data collecting from the ocean surface  
图 5. 静态海面采集数据分析结果

#### 3.2 目标探测试验数据的处理

对于目标探测的探索试验仅仅做了初步的数据采集，对于反射物体的识别研究还在继续进行。通过对采集的大量数据进行分析，发现在2009年5月15日采集的10:44:29至10:46:09近两分钟的数据中，反射信号功率有持续明显的变化，如图6所示。(a)是最早10秒

的功率变化情况，没有明显的峰值，(b)是之后10秒的功率变化情况，可以看到在4秒到5秒间有明显的峰值，(c)是(b)之后10秒的信号变化情况，在3秒与4秒间出现了明显的峰值，通过对比当时记录的立交桥下车辆过往情况，初步可以判断是由车辆经过所引起的反射信号功率值的变化。

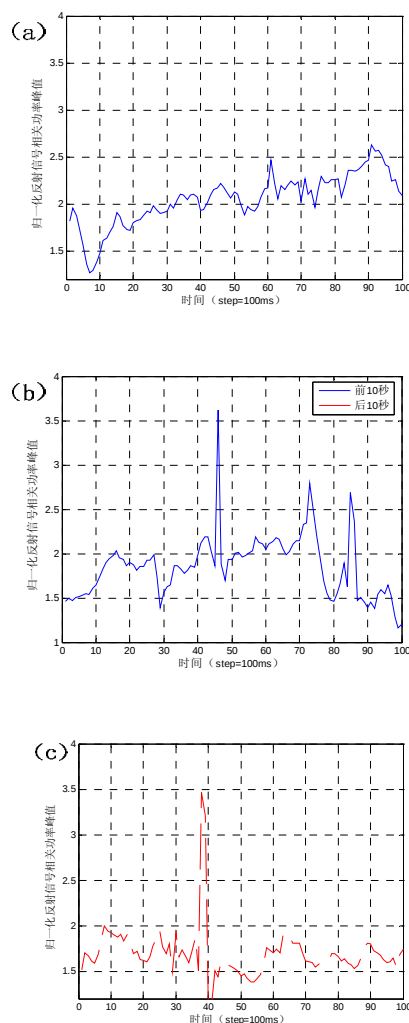


Figure 6. Changes of reflected signal power in some period of time  
图 6. 反射信号功率在某一段时间内的变化

#### 3.3 土壤反射信号试验分析

从2009年5月24日17点15分42秒开始进行土壤的反射信号采集试验，在开机处理一段时间后每间隔1分钟向所观测区域进行灌溉，不断加大土地湿度到17点25分20秒，在这期间接收机对31号卫星的反射信号功率值与直射信号功率值进行了实时处理并存储。通过直射信号对反射信号的功率值进行了归一化,如图7所示。可以看出归一化的反射信号功率值是随着土地

湿度增大不断提高的。

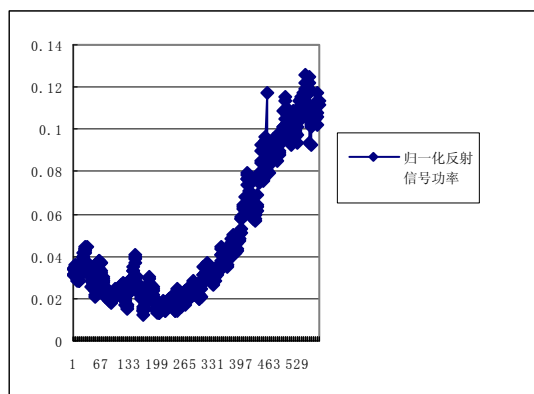


Figure 7. Data result for real-time processing

图 7. 实时处理的数据结果

## 4 结束语

本文所述的GPS-R接收机不仅能够进行双天线原始中频数据的采集存储，还能实时处理直射信号和反射信号输出导航定位信息和反射信号的相关功率信息，并通过静态海面测量，土地湿度测量，目标探测等试验结果说明所采集的数据能够有效反映反射面或者反射体的特征，实时输出的结果可以用于对不同物理状态参数的反演研究。尽管如此，本文所介绍的仅仅是一部分试验数据，而GPS-R所能采集到的数据真正用于各个领域如海面风场反演、海面高度测量、目标探测以及土壤湿度特性探测，还需要进行大量的试验分析，并得到统一化的模型才行，这正是作者所需要进一步研究的工作。

## 致谢

感谢中国科学院遥感所李紫薇研究员和农科院毛克彪研究员对于数据采集试验的帮助。

## References(参考文献)

- [1] Valery U. Zavorotny and Alexander G. Voronovich. Scattering of GPS signals from the ocean with wind remote sensing application [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2000, 38(2): 951-964.
- [2] Estel Cardellach and Antonio Rius. Sea surface slopes'PDF from GNSS reflected signals. Geoscience and Remote Sensing Symposium, 23-27 July 2007, 1342-1345.
- [3] Scott Gleason. Sensing Ocean, Ice and Land Reflected Signals from Space: Results from the UK-DMC GPS Reflectometry Experiment. ION GNSS 18th International Technical Meeting of the Satellite Division, 13-16 September 2005, Long Beach, CA. 1679-1685.
- [4] Michael S. Grant and Scott T. Acton. Terrain Moisture Classification Using GPS Surface-Reflected Signals[J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2007, 1(4): 41-45.
- [5] Wang xin and Sun qiang. First China ocean reflection experiment using coastal GNSS-R[J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(7): 1117-1120.
- [6] Yang Dongkai, Zhang Yiqiang. Airborne Ocean Wind-field Retrieval System based on GPS Scattering Signals [J]. Hang Kong XueBao. 2006, 27(2): 310-313.(in Chinese)  
杨东凯, 张其善. 基于 GPS 散射信号的机载海面风场反演系统[J]. 航空学报. 2006, 27(2): 310-313.
- [7] Zhou Zhaoming, Fu Yang. Remote Sensing of Sea Surface Wind of Hurricane Michael by GPS Reflected Signals[J]. Geomatics And Information Science Of WuHan University. 2006, 31(11): 991-994. (in Chinese)  
周兆明, 符养. 利用 GPS 反射信号遥感 Michael 飓风海面风场研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版). 2006, 31(11): 991-994.