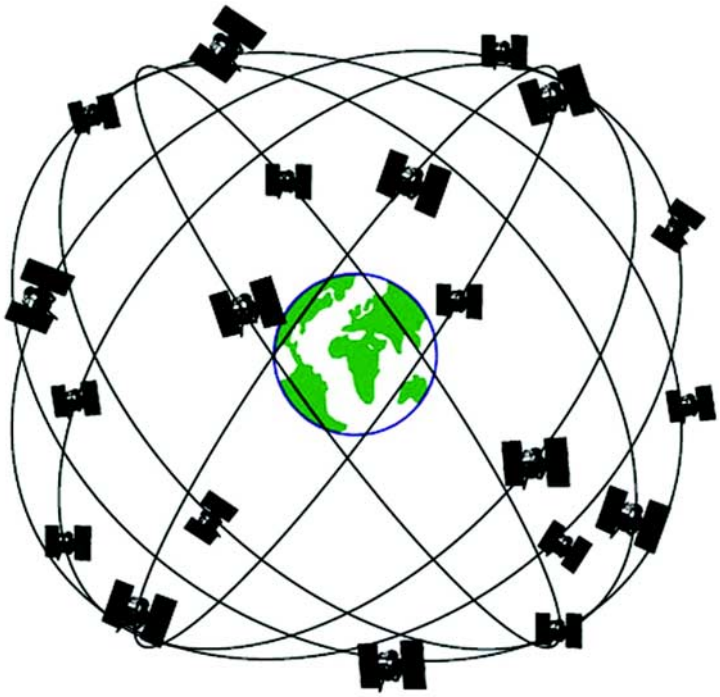
利用 GPS 信号仿真器进行典型的 GPS 接收机验证测试

应用指南



Agilent Technologies

目录

简介 3

测试设备 4

E4438C-409 GPS 仿真能力 4

测试设置 5

场景发生器 5

典型的测量测试 6

首次定位时间 (TTFF) 6

暖启动首次定位时间 7

重新捕获时间 7

静态导航精度 8

射频干扰 8

接收机灵敏度 9

总结 9

参考书目 9

参考文献 9

简介

本文描述了利用GPS信号仿真器进行的一系列典型GPS接收机验证测试。这些测试用于对移动式消费产品(如蜂窝电话和其他手持式接收机)中的嵌入式GPS接收机的功能进行验证。GPS接收机测试环境中使用的标准GPS信号仿真器可为工程师提供最大的灵活性，以实施调整和控制，轻松地进行重复测试。在这个环境中，本文中列出的测试将为大部分GPS接收机的测试和验证创建一个标准验证流程。灵活的信号源不仅支持GPS接收机测试，还支持其他无线制式和标准测试。

现在，全球定位系统(GPS)接收机技术在我们的日常生活中已得到了广泛应用，从蜂窝电话到个人导航设备(PND)，再到照相机和带有RFID标签的同类产品，在电子世界的每一个角落都可以看到GPS的身影。GPS技术正在迅速地向新领域扩展，并在我们生活中扮演着越来越重要的角色。

但是，GPS技术变得越来越普及的同时，GPS接收机制造商、OEM集成商和合同制造商正在苦苦寻觅验证接收机性能的标准测试。无论是验证GPS接收机性能，还是客观地测试具有竞争力的GPS IC的性能，都需要进行这种测试。验证流程需要一个提供精确的可重复性测量的可控环境。在大多数情况下，即使通过天线来接收实际的GPS卫星信号，也无法提供这种环境。但是，射频信号源生成的实时GPS信号仿真，可以为创建此类环境提供一个出色的起始点。

随着GPS接收机集成到移动消费类产品(例如蜂窝电话)中，拥有一个灵活的测试环境也变得日益重要。提供这种环境的信号源应足够灵活，不仅可以生成GPS信号，而且还可以生成其他无线标准信号。

本文中描述的测试将帮助测试GPS接收机的性能，并且提供在可控环境中验证GPS产品的技术。

测试设备

用于这些测试的 GPS 信号是由安捷伦科技公司的 E4438C ESG 矢量信号发生器和选件 409 GPS 专用软件生成(参见图 1)。E4438C 是一款高性能、通用射频信号发生器，可提供许多当前的无线信号制式。

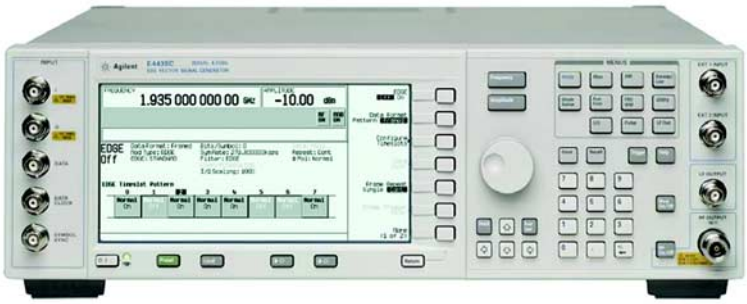


图 1. E4438C ESG 矢量信号发生器

GPS 专用软件(E4438C 选件 409)可以提供多达 8 颗真实的 GPS 卫星信号，并根据预配置场景文件对它们进行配置，这些信号(包括多普勒频移)与实际的卫星轨道同步，以便与卫星信号中的导航消息保持一致。(参见以下的场景生成部分)。

测试设置中使用的 GPS 接收机是带有 U-Center 软件的 U-blox AEK-4T 测量套件。本文中使用的所有 U-Center 屏幕捕获都具有 U-blox 的书面许可。

E4438C-409 GPS 仿真能力

下图 2 中显示了 E4438C-409 GPS 专用软件的用户界面。GPS 信号仿真器具有以下功能:

- 多卫星 GPS 配置(最多 8 颗卫星)
- 信号仿真实际场景(提供多种场景)
- 真实的卫星数据(发送多普勒频移和导航信息的同步卫星)
- 可调节的可视卫星数量(1 到 8 颗)
- 通过 SCPI 命令自动进行波形回放
- 10baseT LAN、GPIB 和 RS-232 连通性

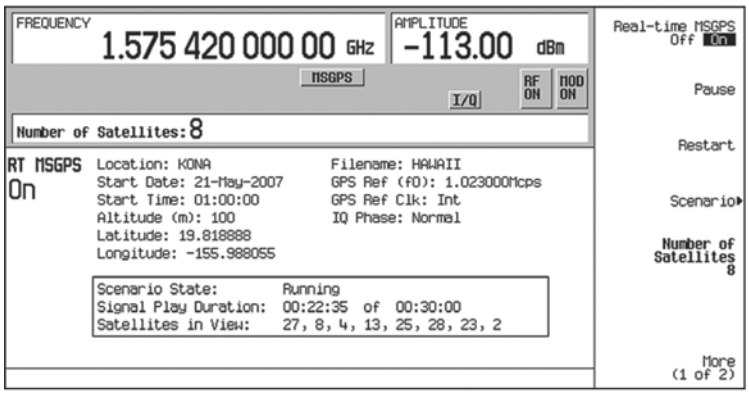


图 2. E4438C-409 GPS 专用软件用户界面

测试设置

图3显示了测试设置。使用E4438C生成实时GPS信号，而且通过射频输出端将信号发送到GPS接收机中。GPS接收机通过USB电缆与电脑和测试软件连接。

如无另行说明，以下缺省预设适用于每个测试测量

- 无电离层或对流层距离延迟
- 零时钟和星表误差
- 无多路径衰减
- 时间为世界标准时间(UTC)
- 最少可视卫星=8
- 静态(非移动)GPS接收机
- 从 E4438C-409 应用中选择特定场景

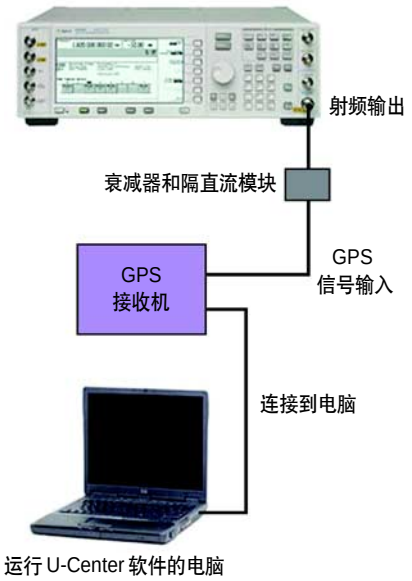


图 3. 测试配置

场景发生器

E4438C-409应用软件的每个场景都是由NAVSYS公司的GPS信号仿真工具箱生成。该GPS信号仿真工具箱创建一个脚本，依照指定的位置(经度、纬度和高度)、指定的时间和周期以及对应的Yuma星历文件生成特定的卫星信息。卫星信息包括每个可视卫星在指定时间内的卫星导航数据、功率电平和多普勒频移。

场景文件的精度是由NAVSYS公司负责进行验证。载波频率和伪距的实际测量是通过NAVSYS高增益先进GPS接收机(HAGR)在12个小时内收集得到，并且使用信号仿真工具箱在相同的时间周期内生成场景文件，以便进行比较。图4中显示了仿真值和收集接收信号之间的比较结果。蓝色实线是从HAGR获得的实际数据。红色虚线代表场景发生器中的仿真数据。这里比较了12小时周期内所有的可视卫星。在所有可视卫星中可以看到仿真和捕获GPS信号之间出色的精度。

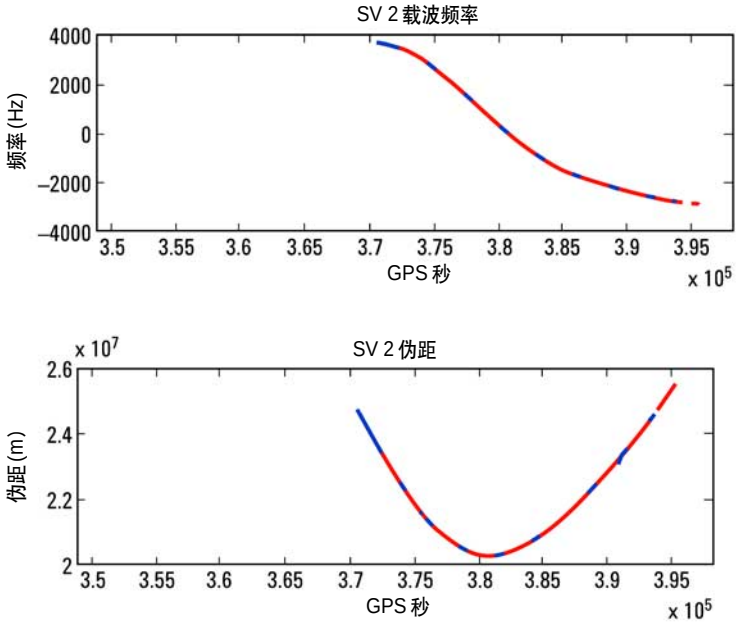


图 4. 场景验证

典型的测量测试

首次定位时间 (TTFF)

测试目的：测量 GPS 接收机从冷启动到实现 GPS 导航定位所需的时间。

冷启动是指接收机在不使用当前星历表的情况下开机。通常，将接收机关闭至少 2 小时后再开机就可以实现冷启动。TTFF 是指 GPS 接收机启动 (接通电源) 到通过仿真获得第一个有效的 3D 导航数据点之间的时间间隔。

首先是启动 E4438C 上的 GPS 仿真，然后接通 GPS 接收机。测试至少应收集 20 个 TTFF 的有效采样。之后，分析这些采样的平均值、最小值和最大值，再计算出标准偏差。

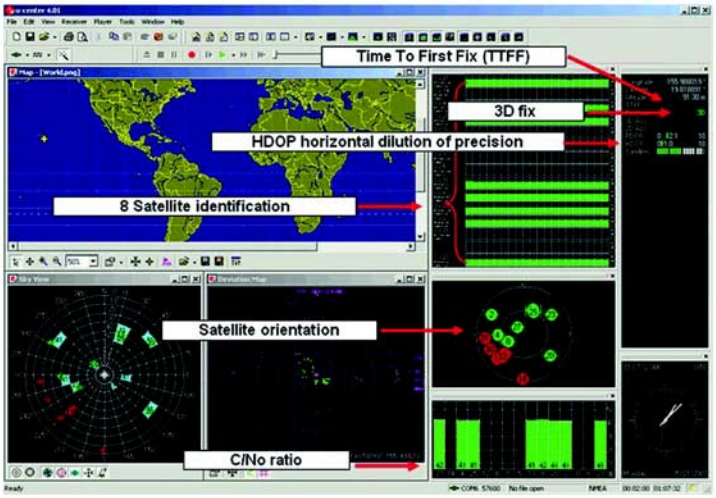


图 5. U-Center 软件

暖启动首次定位时间

测试目的: 测量 GPS 接收机从暖启动到实现 GPS 导航定位所需的时间。

这个测试与之前的冷启动TTFF测试类似。此测试中的接收机包括所有仿真卫星的当前星历数据。通常，可以通过将之前处于开机状态的接收机关闭一小段时间，然后再启动，来实现暖启动。

首先启动 E4438C 上的 GPS 仿真。接着启动 GPS 接收机进行定位。这将确保获得GPS接收机的当前星历数据。然后关闭GPS接收机一小段时间，之后再启动。从启动到实现有效的3D定位之间的时间间隔就是 TTFF。测试至少应收集50个TTFF的有效采样。之后，分析这些采样的平均值、最小值和最大值，再计算出标准偏差。

重新捕获时间

测试目的: 确定在正常的工作期间所有 GPS 信号出现短暂阻断后，重新获得导航定位所需的时间。

实现阻断信号的方法有很多种，两种最常见的方法是在馈线中插入一个至少 60 dB 的衰减器或者直接断开仿真器到接收机的馈线来衰减信号。测量数据与 TTFF 测量数据相似。

首先启动 E4438C 上的 GPS 仿真。接着启动 GPS 接收机进行定位。之后断开GPS接收机输入端的GPS信号(射频电缆)，以仿真信号的短暂阻断。最后再重新连接信号。重新捕获时间是重新连接GPS信号和第一次从仿真获得有效的导航数据点的时间间隔。测试至少应收集50个重新捕获的有效采样。之后，分析这些采样的平均值、最小值和最大值，再计算出标准偏差。

静态导航精度

测试目的: 确定接收机定位仿真位置的精度。

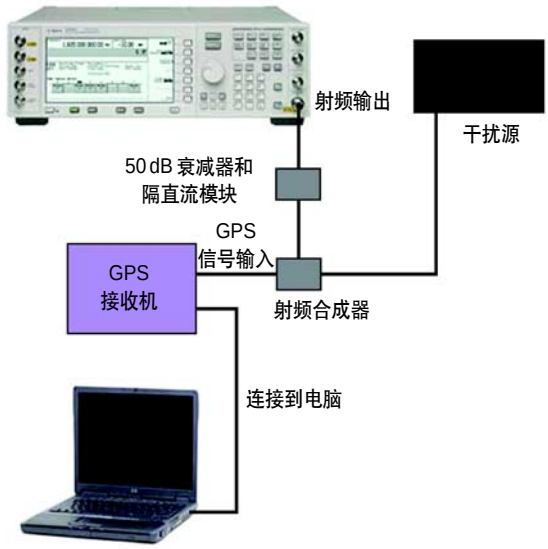
在此项测试中，静态(非移动)场景用作 GPS 仿真信号。

首先启动 E4438C 上的 GPS 仿真。接着启动 GPS 接收机进行定位。典型的 GPS 测评软件提供位置确定信息。这些数据(通常为经度、纬度和高度信息)可以转换成地心固地笛卡尔坐标(ECEF)，用于测评仿真位置与 GPS 接收机计算的位置。参见图 5 的典型定位信息。

射频干扰

测试目的: 确定GPS接收机在输入端接收到干扰信号时保持正常工作的能力。

在此项测试中，干扰信号功率电平以 1 dB 的幅度递增，直到 GPS 接收机的性能出现明显衰减。这种干扰通常是由于一颗呈抛物线运动的卫星所造成。干扰信号功率电平缓慢增加，直到 GPS 接收机丢失其 3D 导航定位。参见图 6 的测试设置。



运行 U-Center 软件的电脑

图 6. 射频干扰测试配置

首先启动 E4438C 上的 GPS 仿真。接着启动 GPS 接收机进行定位。然后将干扰信号添加到GPS信号中，大小应达到GPS接收机可识别的程度。干扰信号以 1 dB 步进递增。下表 1 显示了本次测试收集的典型数据。

表 1. 干扰测试数据

第 1 颗卫星丢失阈值 (dB)	3D 导航丢失阈值 (dB)	干扰中心频率	干扰带宽

接收机灵敏度

测试目的: 通过在各种GPS信号功率电平下测量信号强度(C/No), 来验证接收机灵敏度。

为了获得GPS卫星信号的精确的功率电平，E4438C-409应用软件中可视卫星的数量应设置为1。E4438C前面板上的功率电平随后将精确反映出单个卫星信号的总功率。

首先启动E4438C上的GPS仿真。设置E4438C上的功率电平，以便GPS接收机可以识别单一GPS卫星信号。然后降低GPS卫星信号的功率电平，直到GPS接收机无法跟踪这颗卫星。收集此时功率电平和相应的GPS接收机C/No比数据。

另一个接收机灵敏度测试是在丢失3D定位时，测量功率电平和C/No比电平。这需要仿真至少4颗卫星的GPS信号。在此项测试中，首先启动E4438C上所有8颗可视卫星的GPS仿真。接着启动GPS接收机进行定位。然后降低E4438C的功率电平，直到丢失3D定位。再次记录下功率电平和相应GPS接收机C/No比数据。

注: 有关采样数量、统计数据分析和特定的测试方法的更多信息，请参阅ION STD-101 "Recommended Test Procedures For GPS Receivers"，1997年1月27日。

总结

高性能射频源可以轻松、精确地仿真GPS信号，能够创建一个非常灵活的测试环境，以便测试GPS接收机。虽然本文中提及的测试并不包括所有情况，但是它们可以作为验证GPS接收机的基础。通过这些测试收集的典型性能信息，您将可以对GPS接收机的性能进行验证和比较。测试中使用的测试设备都是标准的商用产品，而且可以轻松地根据测试要求的变化进行修改。

参考书目

ION STD 101: Recommended Test Procedures for GPS Receivers, Revision C, Institute of Navigation, 1997 (ISBN: 0936406046)

参考文献

Agilent E4438C ESG Vector Signal Generator Configuration Guide，文献号: 5988-4085EN

Agilent GPS Personality for the E4438C ESG Vector Signal Generator Option 409，产品概览，文献号: 5988-6256EN

如欲了解更多信息，请访问:
www.agilent.com/find/409
www.agilent.com/find/e4438c

欢迎订阅免费的

安捷伦电子期刊

www.agilent.com/find/emailupdates
得到您所选择的产品和应用的最新信息。

Agilent Direct

www.agilent.com/find/agilentdirect
高置信地快速选择和使用您的
测试设备解决方案

Agilent Open

Agilent Open 简化连接和编程测试系统的过程，以帮助工程师设计、验证和制造电子产品。Agilent 的众多系统就绪仪器，开放工业软件，PC 标准 I/O 和全球支持，将加速测试系统的开发。要了解更详细的情况，请访问：**www.agilent.com/find/openconnect**。

LXI

www.lxistandard.org
LXI 是 GPIB 的 LAN 基继承者，提供更快和更有效的连通能力。安捷伦是 LXI 联盟的发起成员。

Remove all doubt

使您的设备恢复如新并准时送还

安捷伦承诺经我们维修和校准的设备在返回您时就像新设备一样。安捷伦设备在整个生命期中都保持其全部价值。您的设备将由接受过安捷伦专业培训的技术人员，使用全新的工厂校准规范，自动维修诊断步骤和正品备件进行维修和校准。您可对您的测量充满信心。

安捷伦还为您的设备提供各种测试和测量服务，包括入门级培训、现场培训，以及系统集成和项目管理。

要了解有关维修和校准服务的详细情况，请访问：

www.agilent.com/find/removealldoubt

www.agilent.com

请通过 Internet、电话、传真得到测试和测量帮助。
在线帮助: www.agilent.com/find/assist
热线电话: 800-810-0189
热线传真: 800-820-2816

安捷伦科技有限公司总部
地址：北京市朝阳区望京北路 3 号
电话：800-810-0189
(010) 64397888
传真：(010) 64390278
邮编：100102

上海分公司
地址：上海市西藏中路 268 号
来福士广场办公楼 7 层
电话：(021) 23017688
传真：(021) 63403229
邮编：200001

广州分公司
地址：广州市天河北路 233 号
中信广场 66 层 07-08 室
电话：(020) 86685500
传真：(020) 86695074
邮编：510613

成都分公司
地址：成都市下南大街 6 号
天府绿洲大厦 0908-0912 室
电话：(028) 86165500
传真：(028) 86165501
邮编：610012

深圳分公司
地址：深圳市高新区南区
黎明网络大厦 3 楼东区
电话：(0755) 82465500
传真：(0755) 82460880
邮编：518057

西安办事处
地址：西安市高新区科技路 33 号
高新国际商务中心
数码大厦 23 层 01-02 室
电话：(029) 88337030
传真：(029) 88337039
邮编：710075

安捷伦科技香港有限公司
地址：香港太古城英皇道 1111 号
太古城中心 1 座 24 楼
电话：(852) 31977777
传真：(852) 25069256

香港热线: 800-938-693
香港传真: (852) 25069233

E-mail: tm_asia@agilent.com

有关安捷伦开放实验室暨测量方案中心和安捷伦测试与测量技术认证，
请访问: **www.agilent.com.cn/find/openlab**

安捷伦电子测量事业部中文资料库: **http://www.tm.agilent.com.cn/chcn/**

本文中的产品指标和说明可不经通知而更改
©Agilent Technologies, Inc. 2008

出版号：5989-8572CHCN
2008 年 7 月　印于北京

Agilent Technologies