

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R M.1787-4建议书
(01/2022)

**关于在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz
和1 559-1 610 MHz频段运行的卫星
无线电导航业务（空对地和空对空）
系统和网络及发射空间电台
技术特性的说明**

M系列
移动、无线电测定、业余
和相关卫星业务



国际电信联盟

前言

无线电通信部门的职责是确保卫星业务等所有无线电通信业务合理、平等、有效、经济地使用无线电频谱，不受频率范围限制地开展研究并在此基础上通过建议书。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界或区域无线电通信大会以及无线电通信全会在研究组的支持下履行。

知识产权政策（IPR）

国际电联无线电通信部门（ITU-R）的IPR政策述于ITU-R第1号决议中所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策》。专利持有人用于提交专利声明和许可声明的表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/zh>获得，在此处也可获取《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策实施指南》和ITU-R专利信息数据库。

ITU-R系列建议书

（也可在线查询<http://www.itu.int/publ/R-REC/zh>）

系列	标题
BO	卫星传送
BR	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
BS	广播业务（声音）
BT	广播业务（电视）
F	固定业务
M	移动、无线电测定、业余和相关卫星业务
P	无线电波传播
RA	射电天文
RS	遥感系统
S	卫星固定业务
SA	空间应用和气象
SF	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
SM	频谱管理
SNG	卫星新闻采集
TF	时间信号和频率标准发射
V	词汇和相关问题

说明： 该ITU-R建议书的英文版本根据ITU-R第1号决议详述的程序予以批准。

电子出版
2022年，日内瓦

©国际电联 2022

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

ITU-R M.1787-4建议书

关于在1 164-1 215 MHz、
1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段
运行的卫星无线电导航业务（空对地和空对空）
系统和网络及发射空间电台技术特性的说明

（ITU-R 217-2/4和ITU-R 288/4号课题）

（2009-2012-2014-2018-2022年）

范围

该建议书提供了在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段运行的卫星无线电导航业务（RNSS）（空对地和空对空）系统和网络的轨道参数、导航信号和技术特性的有关信息。该信息旨在用于评估RNSS系统和网络之间以及与其他业务和系统之间的干扰。

关键词

RNSS、轨道参数、导航信号、技术特性

缩写/术语词汇表

ABAS	机载增强系统
ECEF	地心地固坐标系
GBAS	地基增强系统
GMS	地面监测站
GTRF	伽利略地球参考框架
GUS	地面上行站
HA	高精确度
ITRS	国际地球参考框架
MCS	主控站
MRS	监测测距站
NCS	网络通信子系统
OS	开放业务
PNT	定位、导航与授时
PRN	伪随机噪声
PRS	公共管理服务
PSD	功率谱密度
SA	标准精确度
SBAS	星基增强系统

SiS	空间信号接口
SPS	标准定位服务
WAAS	广域增强系统

相关ITU-R建议书和报告

ITU-R M.1318建议书 – 卫星无线电导航业务以外其他无线电系统对1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz和5 010-5 030 MHz频段的卫星无线电导航业务系统和网络带来持续干扰的评估模型

ITU-R M.1831建议书 – 卫星无线电导航业务（RNSS）系统间干扰估算的协调方法

ITU-R M.1901建议书 – 与1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz、5 000-5 010 MHz和5 010-5 030 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务系统和网络有关的ITU-R建议书指南

ITU-R M.1902建议书 – 在1 215-1 300 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务（空对地）接收地球站的特性和保护标准

ITU-R M.1903建议书 – 在1 559-1 610 MHz频段内操作的卫星无线电导航业务（空对地）的接收地球站和航空无线电导航业务的接收电台的特点和保护标准

ITU-R M.1904建议书 – 在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务（空对空）接收电台的特性、性能要求和保护标准

ITU-R M.1905建议书 – 在1 164-1 215 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务（空对地）接收地球站的特性和保护标准

ITU-R M.2030建议书 – 非卫星无线电导航业务的相关无线电源对1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段内卫星无线电导航业务系统和网络造成脉冲干扰的评估方法

ITU-R M.766报告 – GPS和其他业务之间频率共享的可行性

ITU-R M.2458报告 – 1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段内的卫星无线电导航业务应用

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 卫星无线电导航业务（RNSS）的系统 and 网络为许多定位、导航和授时应用提供了全球准确的信息，包括在某些情况下和应用中一些频段的安全问题；
- b) 有数个正在操作的和规划中的RNSS系统和网络；
- c) 全球任何一个正确配置的地球站都可以收到RNSS系统和网络的导航信息，

认识到

- a) 1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段以主要业务划分给RNSS（空对地、空对空）；
- b) 1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段以主要业务划分给其他业务；
- c) 卫星无线电导航业务在1 215-1 300 MHz频段的使用遵守《无线电规则》第5.329条；
- d) 根据《无线电规则》第5.328B条，2005年1月1日后，拟使用1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz和5 010-5 030 MHz频段，并且无线电通信局收到其完整协调或通知资料的RNSS系统和网络应遵守《无线电规则》第9.12、9.12A和9.13条规定的应用。
- e) 根据《无线电规则》第9.7条，使用对地静止轨道卫星的无线电导航卫星网络中的电台需要与其他卫星网络协调；
- f) ITU-R M.1905、ITU-R M.1902、ITU-R M.1903和ITU-R M.1904建议书提供了工作在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段中的RNSS（空对地和空对空）接收电台的技术和工作特性及保护标准；
- g) ITU-R M.1318建议书提供了对RNSS以外其他无线电源对1 164-1 215 MHz、1 215-1 300MHz、1 559-1 610 MHz和5 010-5 030 MHz频段内运行的RNSS系统和网络造成持续干扰的评估模型；
- h) ITU-R M.2030建议书提供了RNSS以外的相关无线电源对1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段内运行的RNSS系统和网络造成脉冲干扰的评估方法；
- i) ITU-R M.1901建议书对本建议书及其他与1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz、5 000-5 010 MHz和5 010-5 030 MHz频段内运行的RNSS系统和网络相关的ITU-R建议书提供了指导；
- j) ITU-R M.766报告包括了与1 215-1 300 MHz频段内RNSS运行相关的信息；
- k) ITU-R M.1831建议书提供了用于在RNSS系统和网络之间的协调中估算RNSS系统间干扰的方法；
- l) ITU-R M.2458报告提供了有关1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段中现有和计划中的RNSS应用的更多信息，包括M系列建议书未涉及的其他RNSS应用，

建议

1 在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段，应考虑附件1至14中发射空间电台的特性和系统描述：

1.1 决定RNSS系统和网络相互协调的方法和标准；

1.2 评估RNSS系统和网络（空对地和空对空）与其他业务系统之间的干扰影响，并考虑RNSS相对于这些其他业务的地位；

2 以下注应视为本建议书的一部分。

注 – 在本建议书的附件中，‘信号频率范围’这一术语指关注的RNSS信号的频率范围（对于CDMA系统：载频±信号带宽的一半（除非另有说明）；对于FDMA系统：基本频率+（信道数量*信道间隔）±信号带宽的一半）。对于FDMA系统也应给定信道数量范围。信号频率范围用MHz表示。

附件1

GLONASS全球卫星导航系统的 系统技术描述和发射空间电台的特性

1 引言

GLONASS系统包含24颗均衡分布在3个轨道平面的卫星，每个平面8颗卫星。轨道倾角为64.8度。每一颗卫星用三个频段发射导航信号：L1（1.6 GHz）、L2（1.2 GHz）和L3（1.1 GHz）。卫星发射两种信号：频分多址和码分多址。具有频分多址的信号通过载频进行区分；同一载频可由相同平面对跖卫星使用。导航信号用连续的比率流（包含卫星星历和时间的信息）以及用于伪距测量的伪随机码进行调制。具有码分多址的信号具有相同的载频，并通过码进行区分。这些信号由结构化的二进制序列调制，该序列包含有关星历和时间的编码数据。用户收到四颗或更多卫星信号就可以非常准确地判定三个位置坐标以及三个速度向量要素。当在或接近地球表面时，可以进行导航判定。

1.1 频率需求

GLONASS系统的频率需求基于电离层透明度、无线电链路预算，用户天线的简单复杂程度，多径抑制，设备成本和《无线电规则》（RR）的条款。

1.1.1 具有频分多址的信号

在L1频段，具有频分多址的导航信号的载频按照0.5625 MHz的整数倍进行变化，在L2频段按照0.4375 MHz的整数倍进行变化，在L3频段按照0.423 MHz的整数倍进行变化。

自2006年起，GLONASS系统的新卫星采用不同频段的14至20个载频。在L1频段采用了1598.0625 MHz（最低）至1605.3750 MHz（最高）的载频；在L2频段，采用了从1242.9375 MHz（最低）到1248.6250 MHz（最高）的载频；在L3频段，采用了从1201.7430 MHz（最低）到1209.7800 MHz（最高）的载频。表1-1给定了GLONASS系统无线电导航信号载频的标称值。

表1

GLONASS系统无线电导航信号载频的标称值

K (载频编号)	FKL1 (MHz)	FKL2 (MHz)	FKL3 (MHz)
12	—	—	1 209.7800
11	—	—	1 209.3570
10	—	—	1 208.9340
09	—	—	1 208.5110
08	—	—	1 208.0880
07	—	—	1 207.6650
06	1 605.3750	1 248.6250	1 207.2420
05	1 604.8125	1 248.1875	1 206.8190
04	1 604.2500	1 247.7500	1 206.3960
03	1 603.6875	1 247.3125	1 205.9730
02	1 603.1250	1 246.8750	1 205.5500
01	1 602.5625	1 246.4375	1 205.1270
00	1 602.0000	1 246.0000	1 204.7040
-01	1 601.4375	1 245.5625	1 204.2810
-02	1 600.8750	1 245.1250	1 203.8580
-03	1 600.3125	1 244.6875	1 203.4350
-04	1 599.7500	1 244.2500	1 203.0120
-05	1 599.1875	1 243.8125	1 202.5890
-06	1 598.6250	1 243.3750	1 202.1660
-07	1 598.0625	1 242.9375	1 201.7430

在每一个载频上，发射移相90度（正交）的两个相移键控（180度相位）导航信号。它们是标准精度（SA）信号和高精度（HA）信号。

1.1.2 具有码分多址的信号

在L1、L2和L3频段中，具有码分多址功能的GLONASS导航信号的载频分别为1 600.995 MHz、1 248.06 MHz和1 202.025 MHz。

L1频段中具有码分多址的信号包括四个分量。这些分量由BPSK(1)、BOC (1,1)和BOC (5,2.5)调制形成。

L2频段中具有码分多址的信号包括四个分量。这些分量由BPSK(1)、BOC (1,1)和BOC (5,2.5)调制形成。

L3频段中具有码分多址的信号包括两个分量。这些分量通过由BPSK(10)调制形成。

2 系统概述

GLONASS系统为地面、海上、航空和空间用户提供导航数据和精确时间信号。

系统根据被动三边测量原理进行工作。GLONASS系统用户设备测量从所有可视卫星收到的伪距和径向伪速度并接收卫星星历和时钟参数的信息。在这些数据的基础上，计算用户位置的三个坐标和三个速度向量要素并进行用户时钟和频率的校正。GLONASS系统采用PE-90坐标系统。

3 系统描述

GLONASS系统包含三个主要部分：空间部分、控制部分和用户部分。

3.1 空间部分

GLONASS系统包括位于三个轨道平面的24颗卫星，每个平面有八颗卫星。轨道平面间用120度经度加以间隔，轨道倾角为64.8度。一个平面内的卫星按照纬度参数均等地间隔45度。其旋转周期为11小时15分，轨道高度为19 100 km。

3.2 控制部分

控制部分包括系统控制中心和监测台站网络。监测站测量卫星的轨道参数以及相对于系统主时钟的时钟偏移。这些数据传送给系统控制中心。该中心计算星历和时钟校正参数，然后每天通过监测站将消息上传给卫星。

3.3 用户部分

用户部分包括大量不同类型的用户终端。用户终端包括天线、接收机、处理器和输入/输出设备。该设备可与其他导航设备组合，以增加导航精确度和可靠性。对于高度动态的平台，这种组合可能特别有用。

4 导航信号结构

4.1 具有频分多址的信号

L1和L2频段的SA信号结构相同，但与在L3频段的信号结构相异。该信号是模2加到连续数字数据流上的伪随机序列，数据流的发射速率为50 bit/s (L1、L2)和125 bit/s (L3)。伪随机序列的码片速率为0.511 MHz (对于L1、L2)和4.095 MHz (对于L3)且其周期为1毫秒。

在L1、L2和L3频段，HA信号也是模2加到连续数据流上的伪随机序列。在L1和L2频段内，伪随机序列码片速率为5.11 MHz；在L3频段内，码片速率为4.095 MHz。

数字数据包括卫星星历、时钟时间以及其他有用信息。

4.2 具有码分多址的信号

在L1频段，两个具有码分多址的信号在单载频1 600.995 MHz下以90度偏移的不同正交发射。每个信号由时分复用的两个分量组成。数据传输速度为125 bit/s，两个信号的传输速度相同。

在L2频段，两个具有码分多址的信号以1 248.06 MHz的单载频以90度偏移的不同正交发射。每个信号由时分复用的两个分量组成。两个信号的数据传输速度分别为125 bit/s和250 bit/s。

在L3频段，以频率1 202.025 MHz发射的码分多址信号，包括两个同相移90度的等功率相移键控信号。信号中的数据传输速度为100 bit/s。

5 信号功率和频谱

5.1 具有频分多址的信号

发射信号为右椭圆极化，L1、L2和L3频段的椭圆率因此不差于0.7。在L1、L2和L3频段，SA和HA信号在接收机输入端（假定为0 dB增益的天线）的最低保证功率规定为-161 dBW(-131 dBm)。

在GLONASS系统中采用了三类发射：8M19G7X、1M02G7X、10M2G7X。表2给定了这些信号的特性。

表2

具有频分多址的GLONASS信号的特性

频率范围	发射类别	发射带宽 (MHz)	发射最大峰值 功率 (dBW)	最大谱功率 密度 (dB(W/Hz))	天线增益 (dB)
L1	10M2G7X	10.2	15	-52	11
	1M02G7X	1.02	15	-42	
L2	10M2G7X	10.2	14	-53	10
	1M02G7X	1.02	14	-43	
L3 ⁽¹⁾	8M19G7X	8.2	15	-52.1	12
	8M19G7X	8.2	15	-52.1	

⁽¹⁾ 两个GLONASS L3信号按照各自相对90度（正交）进行位移。

导航信号的功率谱包络由公式 $(\sin x/x)^2$ 描述，其中：

$$x = \pi(f - f_c)/f_t$$

其中：

f : 考虑的频率

f_c : 信号的载频

f_t : 信号的码片速率。

频谱的主瓣构成了信号的操作频谱。其占用带宽等于 $2f_t$ 。波瓣的宽度为 f_t 。

5.2 具有码分多址的信号

GLONASS 系统使用四种类型的发射：2M05G7X、4M10G7X、15M4G7X、20M5G7XCC。这些信号的特性如表3所示。

表3

具有码分多址的GLONASS信号的特性

频率范围	发射类型	Tx带宽 (MHz)	最大发射峰值功率 (dBW)	最大功率谱密度 (dB(W/Hz))	天线增益 (dB)
L1	2M05G7X	2.05	15.6	-44.1	14
	4M10G7X	4.1	15.6	-46.7	
	15M4G7X	15.4	15.6	-51.3	
	15M4G7X	15.4	15.6	-51.3	
L2	2M05G7X4M10G7X	2.05	14	-45.6	12.5
	4M10G7X	4.1	14	-48.2	
	15M4G7X	15.4	14	-52.8	
	15M4G7X	15.4	14	-52.8	
L3	20M5G7XCC	20.5	13	-56.6	12.4
	20M5G7XCC	20.5	13	-56.6	

附件2

Navstar全球定位系统（GPS）的技术描述和特性

1 引言

可以在<http://www.gps.gov>免费获得当前Navstar全球定位系统（GPS）的信息。GPS在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段工作的信息记录在GPS接口规范文件“IS-GPS-200、IS-GPS-705和IS-GPS-800文件”的最新版本中，并附有它们最新的修改说明¹。GPS控制段（CS）与GPS用户和用户支持界之间的功能数据传输接口的信息记录在最新版本的GPS接口控制文档ICD-GPS-240和ICD-GPS-870及其最新版本的修改说明中。标准定位服务（SPS）的级别是根据广播信号参数和GPS星座设计来定义的。USG向SPS用户界提供的有关空间信号（SIS）性能水平的其他信息记录在最新版本的GPS SPS性能标准文档及其最新修订通知中²。

¹ IS-GPS-200, IS-GPS-705, IS-GPS-800, ICD-GPS-240和ICD-GPS-870可查阅 <https://www.gps.gov/technical/icwg/>。

² GPS标准定位服务性能标准文件可查阅：<https://www.gps.gov/technical/ps/>。

基型GPS卫星星座通常包括6个倾角为55度，均匀间隔轨道平面上至少24颗工作卫星。GPS卫星每12小时围绕地球一周，连续发射导航信号。系统在地球表面或靠近地球表面的任何地点提供三维的精确定位和授时。

1.1 GPS频率需求

GPS系统的频率需求基于用户精确度要求，空对地传播延迟分辨率，多径抑制和设备成本与配置的评估。三个信道以1575.42 MHz（GPS L1）、1227.6 MHz（GPS L2）和1176.45 MHz（GPS L5）为中心。

L1、L2和L5信道由天基定位、导航和授时（PNT）信号组成，为全球和平民用、商业和科学用途提供服务，不收取任何直接用户费用。接收机设计为可根据特定应用、用户要求、和/或目标市场处理一个或多个信号。GPS信号提供必要的频率分集和大带宽，以提高范围和授时精度、改进多路径抑制和SIS冗余。

2 系统概述

GPS是一种空基、全天候PNT业务系统，它为地表或接近地表的任何位置上配备适当设备的用户提供极其精确的三维位置和速度信息，以及精确的通用时间基准。

该系统根据被动三边测量原理工作。GPS用户设备首先测量四颗卫星的伪距，计算其位置并通过使用接收的星历和时钟校正参数将其时钟与GPS同步。（测量被称为‘伪’是因为这些测量是根据不准确的用户时钟进行的且由于用户时钟偏离了GPS时间，因而包含了固定偏压项。）随后，在笛卡尔地球坐标系（ECEF）世界大地坐标系1984（WGS-84）中判定用户的三维位置，然后主要通过计算四个距离方程的联立解获得用户时钟相对于GPS时间的偏移。

与此类似，给定了四颗卫星的伪距速率测量，可以通过计算四个距离速率方程来估算三维用户速度和用户时钟频率偏移。

3 系统部分

系统主要包括三个部分：空间部分、控制部分和用户部分。每个部分的主要功能如下。

3.1 空间部分

空间部分包括GPS卫星，这些卫星作为“天体”参考点，从太空发射精确的时间编码导航信号。投入使用的星座包括至少24颗卫星，这些卫星的轨道周期为12小时，半长径大约为26 600千米。卫星放置在相对于赤道平面倾斜55度的六个轨道平面内，并且轨道平面以60度的间隔围绕赤道等距分布。通常，每个平面至少四颗卫星。

卫星为三轴稳定平台。其主要导航有效载荷的主要组成部分是为卫星生成稳定时基的原子频率标准、从控制段接收上传导航数据（NAV）的任务计算机、生成伪随机噪声测距编码并将NAV消息数据添加到PRN测距编码的导航基带子系统（PRN），以及将生成的二进制序列调制到L1 (1575.42 MHz)、L2 (1227.6 MHz)和L5 (1176.45 MHz)载波上，然后由螺旋阵列天线广播的L频段子系统。

3.2 控制部分

控制段（CS）由四个主要子系统组成：主控站（MCS）、备用主控站（AMCS）、四个地面天线网络（GA）和全球分布的监控站（MS）网络。MCS负责星座指挥和控制的所有方面。

3.3 用户部分

用户部分是所有用户接收机及其支持设备的集合。用户装置通常包括天线、接收机/前端、处理器、输入/输出设备以及电源。装置从四颗或更多可见的卫星获得并跟踪导航信号，测量其传播时间和多普勒频移，将其转化成伪距和伪距率，解算出三维位置和速度，设定GPS时间。（GPS时间有别于UTC时间，但差别小于1秒且GPS信号携带了两者之间转换的信息。而且，GPS时间是连续的，而UTC时间包含瑞秒。）用户设备包括从相对简单、轻便的接收机到与其它导航传感器或系统整合在一起，用于高度动态环境中精确性能的复杂接收机。

4 GPS信号结构

从卫星上发射的GPS导航信号包括三个调制的载波：以1575.42 MHz为中心频率的L1（ $154 f_0$ ）、以1227.6 MHz为中心频率的L2（ $120 f_0$ ）、以及以1176.45 MHz为中心频率的L5，其中 $f_0 = 10.23$ MHz。 f_0 为星载原子频标的输出，所有生成的信号都与其相干有关。在下文中，列出了每一个GPS载频的信号（那些拥有一个以上组成的将进一步描述）并给出了射频和信号处理参数的简要描述。

在L1载波上，GPS发射四个信号。信号包括C/A、P(Y)、L1C和M，如6.1节所述。

在L2载波上，GPS发射三个信号。信号包括L2C或C/A（极少）、P(Y)和M，如6.2节所述。

在L5载波上，GPS发射单个信号，表示为L5。L5信号由两个相位正交发射的两个部分组成，如6.3节所述。

表4、5和6分别列出了GPS L1、L2和L5信号发射的关键参数的数值。这些参数包括以下射频特性：信号频率范围、卫星射频发射滤波器的3 dB带宽，信号调制方式、以及位于地表参考接收机天线输出端的最小接收功率电平。

表中包括的还有数字信号处理参数，包括PRN码片速率以及导航消息数据比特和数据符号比特率。而且，对于每一个载频，提供了卫星发射天线极化和最大椭圆率的参数。

测距码（也称为PRN码）的功能有两方面：

- 因为所有的卫星都在相同的载频上发射且只能通过其使用的唯一PRN码进行区别，它们在不同的卫星之间提供了良好的多址特性；以及
- 其相关特性允许进行精确的到达时间测量并拒绝多径和干扰信号。

表4、5和6提供的数值为初步评估与GPS射频兼容时建议采用的数值。

5 信号功率和频谱

GPS卫星采用向接近地表的接收机辐射近似均匀功率的赋形波束天线。L1、L2和L5载波上发射的信号为右圆极化，天底 $\pm 13.8^\circ$ 角范围内的最坏椭圆率见表4、5和6。

6 GPS发射参数

GPS信号发射的特点如下面所述。

除相移键控（PSK）调制外，GPS采用二进制偏移载波（BOC）调制。BOC(m,n)表示二进制偏移载波调制，矩形波频率为 $m \times 1.023$ (MHz)，码片率为 $n \times 1.023$ (Mchip/s)。对于正弦相位BOC调制的GPS信号，归一化谱密度由下式给定：

$$BOC_{m,n}(f) = f_c \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi f}{f_c}\right) \tan\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right)}{\pi f} \right]^2$$

其中：

f : 频率 (Hz)

f_c : 码片速率；即 $n \times 1.023$ Mchip/s

f_s : 矩形波频率；即 $m \times 1.023$ MHz。

6.1 GPS L1发射参数

GPS在1 559-1 610 MHz RNS频段内操作四个信号。信号包括C/A、L1C、P(Y)和M。C/A信号采用BPSK-R(1)调制，P(Y)信号采用BPSK-R(10)调制，其中BPSK-R(n)表示二进制相移键控矩形（BPSK-R）调制，码片速率为 $n \times 1.023$ (Mchip/s)。M信号使用BOC(10,5)调制。L1C信号包括两个分量。一个分量L1C_D由数据消息进行调制；另一个分量L1C_P无数据（即只有一个导频信号），这两个分量使用不同的PRN码。（无数据组成部分提高RNSS的捕获和跟踪性能。）P(Y)和两个L1C分量同相发送，而C/A与这些信号正交传输，信号载波滞后90度。GPS L1发射的关键参数见表4。

L1C_D采用BOC(1,1)调制。L1C_P采用了称为“复用二进制偏移载波”（MBOC）的调制且在BOC(1,1)和BOC(6,1)之间在时间上是多路复用的。MBOC的归一化功率谱密度（PSD）由下式给定：

$$MBOC(f) = \frac{29}{33} BOC_{1,1}(f) + \frac{4}{33} BOC_{6,1}(f)$$

L1C分量的总PSD由下式给定：

$$S(f) = \frac{1}{4} BOC_{1,1}(f) + \frac{3}{4} MBOC(f) = \frac{10}{11} BOC_{1,1}(f) + \frac{1}{11} BOC_{6,1}(f)$$

表4

1 559-1 610 MHz频段内的GPS L1发射

参数	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 575.42 ± 15.345
PRN码片速率 (Mchip/s)	1.023 (C/A, L1C _D 和L1C _P) 10.23 (P(Y)) 5.115 (M)
导航数据比特率 (bit/s)	50 (C/A, P(Y)和L1C _D)
导航数据符号率 (符号/秒)	50 (C/A和P(Y)) 100 (L1C _D)
信号调制方式	BPSK-R(1) (C/A) BPSK-R(10) (P(Y)) BOC(10,5) (M) BOC(1,1) (L1C _D) MBOC (L1C _P) (见注3) (见注1)
极化	RHCP
最大椭圆率 (dB)	1.8
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-158.5 (C/A) -163.0 (L1C _D) -158.25 (L1C _P) -161.5 (P(Y)) -158.0 (M) (见注2)
RF发射机滤波器3 dB带宽 (MHz)	30.69

注1: 对于GPS RNSS参数, BPSK-R(*n*)表示采用距形码片, 码片速率为 $n \times 1.023$ (Mchip/s)的二进制相移键控调制方式。BOC(*m*,*n*)表示矩形频率为 $m \times 1.023$ (MHz)且码片速率为 $n \times 1.023$ (Mchip/s)的二进制偏移载波调制。

注2: 最小接收功率是在卫星从地球表面看高于地球地平线5度仰角的情况下, 以最差标称方位在3 dBi线性极化参考用户接收天线(位于地面附近)的输出处测量的。

注3: 关于MBOC的更详细信息, 请参见第6.1节。

6.2 GPS L2发射参数

GPS在1 215-1 300 MHz的RNSS频段内发射3个信号。信号包括L2C或C/A(很少)、P(Y)和M。L2C信号使用BPSK-R(1)调制。L2C信号由L2民用-中码(L2 CM)的数据信道和L2民用长码(L2 CL)的无数据信道组成, 采用逐片时分复用方法进行组合。这两个信号分量使用不同的PRN码。两个L2载波分量(L2C和P(Y))的相位关系由民用导航(CNAV)类型10消息的第273位指示, 其中零表示相位正交, L2C滞后于P(Y)90度, 1表示L2C和P(Y)同相。如果CNAV消息不可用, 则L2C和P(Y)将相位正交。表5给出了GPS L2发射的关键参数。

表 5

1 215-1 300 MHz频段内的GPS L2发射

参数	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 227.6 ± 15.345
PRN码片速率 (Mchip/s)	1.023 (C/A和L2C) 10.23 (P(Y)) 5.115 (M)
导航数据比特率 (bit/s)	50 (C/A和P(Y)) 25 (L2C)
导航数据符号率 (符号/秒)	50 (C/A, P(Y)和L2C)
信号调制方式	BPSK-R(1) (C/A和L2C) BPSK-R(10) (P(Y)) BOC(10,5) (M) (见注1)
极化	RHCP
最大椭圆率 (dB)	2.2
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-161.5 (P(Y)) -160.0 (L2C或C/A) -161.0 (M) (见注2)
RF发射机滤波器3 dB带宽 (MHz)	30.69

注1: 对于GPS RNSS参数, BPSK-R(n)表示采用矩形码片, 码片速率为 $n \times 1.023$ (Mchip/s)的二进制相移键控调制方式。BOC(m,n)表示矩形波频率为 $m \times 1.023$ (MHz)且码片速率为 $n \times 1.023$ (Mchip/s)的二进制偏移载波调制。

注2: 最小接收功率是在卫星从地球表面看高于地球地平线5度仰角的情况下, 以最差标称方位在3 dBi线性极化参考用户接收天线(位于地面附近)的输出处测量的。

6.3 GPS L5发射参数

GPS在1 164-1 215 MHz的RNSS 频段操作L5 导航信号。L5信号使用BPSK-R(10)调制。L5信号由L5I和L5Q两个分量组成, 其中L5Q是无数数据的(也称为导频信道), 而L5I由数据消息调制。这两个L5分量相互正交并以相等的功率传输, 并使用不同的PRN码。GPS L5发射的关键参数见表6。

表6

1 164-1 215 MHz 频段内的GPS L5发射

参数	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 176.45 ± 12
PRN码片速率 (Mchip/s)	10.23
导航数据比特率 (bit/s)	50 (L5I)
导航数据符号率 (符号/秒)	100 (L5I)
信号调制方式	BPSK-R(10) (见注1)
极化	RHCP
最大椭圆率 (dB)	2.4
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-157.9 (L5I) -157.9 (L5Q) (见注2)
RF发射机滤波器3 dB带宽 (MHz)	24

注1: 对于GPS RNSS参数, BPSK-R(*n*)表示采用矩形码片, 码片速率为 $n \times 1.023$ (Mchip/s)的二进制相移键控调制方式。

注2: 最小接收功率是在卫星从地球表面看高于地球地平线5度仰角的情况下, 以最差标称方位在3 dBi线性极化参考用户接收天线 (位于地面附近) 的输出处测量的。

附件3

伽利略系统的技术描述和特性

1 引言

伽利略 (Galileo) 系统的星座包括30个卫星位置 (24颗发射卫星和6颗在轨热备份卫星), 各有10颗卫星定位在三个56度倾斜、均匀间隔的轨道面内。每一颗卫星在三个载频上发射导航信号。这些信号用结构化的比特流进行调制, 包含编码的星历数据和导航消息并拥有足够的带宽, 在不求助双向传输或多普勒积分的情况下获得必要的导航精度。该系统在地面或接近地面的任何位置提供精确的授时和三维定位。

1.1 频率需求

伽利略系统的频率需求基于对用户精确度要求、空对地传播延迟分辨率、多径抑制以及设备成本和配置的评估。伽利略卫星一直在1 176.45 MHz (E5a)、1 207.14 MHz (E5b)、1 278.75 MHz (E6) 和1575.42 MHz (E1) 频点上发射四种相干但独立可用的射频信号 (对应的信号名称显示在圆括号中)。此外, E5a和E5b信号在单一调制上复用, 称为AltBOC (备用BOC信号), 使用在1 191.795 MHz上的单载波。

因此，伽利略为它自己的用户信号在三个载频上进行发射：

- E5: 1 191.795 MHz
(其分量也可以采用虚载频E5a: 1 176.450 MHz和E5b: 1 207.140 MHz独立接收)
- E6: 1 278.750 MHz和
- E1: 1 575.420 MHz。

总共十个被复用和调制到三个载波上的信号被发射并被映射在不同配置下提供‘定位/导航/授时’（PNT）业务；这些是伽利略‘业务’。接收机可以被设计用来根据特定应用、用户要求、和/或目标市场处理一个或多个信号。

所有信号部分（载波、副载波、测距码、数据比特率）都通过相干方式来自于星载共用原子钟发生器。

与窄带、单频导航信号相比，伽利略所采用的这种频率分集和大带宽信号将有更好的空对地传播延迟分辨率距离精度，并将改善多径抑制，二者都将提高总精确度。

2 系统概述

伽利略是一个空基、全天候、连续无线电导航、定位和授时系统，它使得能够向拥有适当设备的用户提供极其精确的三维位置和速度信息以及准确的公共时间基准。

系统根据被动三边测量原理工作。一旦伽利略用户设备捕获到至少来自四颗伽利略卫星的信号，它测量到这些卫星的伪距，计算其位置，并通过使用接收到的星历和时钟校正参数将其时钟与伽利略系统时间进行同步。随后该接收机在与国际地球参考框架（ITRS）相兼容的伽利略地球参考框架（GTRF）中确定用户三维位置，并主要通过计算四个距离方程的联立解确定用户时钟相对于伽利略时间的偏移量。

类似地，可以通过解出给定到四颗卫星伪距率测量的四个距离变化率方程来估计三维用户速度和用户时钟频率偏移。测量被称为“伪”是因为它们是通过接收机中不精确（低成本）用户时钟获得，且由于接收机时钟与伽利略时间的偏差而包含固定偏移项。

2.1 伽利略的应用

大众市场

伽利略提供一个开放、免费的定位、导航和授时（PNT）服务，支持范围广泛的应用，特别是那些面向公众的应用。这个服务面向与GPS标准定位服务相同的用户群体；发射的信号与GPS可以互操作，这样就使组合GPS和伽利略PNT解决方案成为可能。

航空、航海、公路和铁路

伽利略E1、E5和E6信号目的是要支持高要求、安全相关的应用（特别是航空），并且远期将支持双频接收机来提供比单频接收机更加可靠、准确和精确的导航方位。

高精度应用

伽利略通过E6-B信号提供高精度服务（HAS）。伽利略的HAS是一种基于对Galileo信号进行校正的开放访问和免费服务。HAS数据将包括轨道、时钟、相位偏差和大气校正。这些校正使用户能够以分米级的精度执行PVT过程。汽车、建筑、勘测、测绘和公用事业管理等多种应用均受益于高精度RNSS。

验证

伽利略将通过E1-B和E6-C信号提供两个级别的身份验证：

开放业务导航消息验证（OSNMA），它使用OS导航数据的数字签名来保证数据的真实性。在接收机中易于实现，主要面向大众市场用户。OSNMA数据将在E1-B信号上传输并免费提供。

信号验证服务，用于保护伽利略信号免受高级欺骗，这种欺骗将基于E6-C扩展码的加密。它被称为商业认证服务（CAS）。

政府

伽利略提供限定由负责民用保护、国家安全和执法的政府部门使用的强健和可靠加密的公共管理服务（PRS）。

搜索和救援

因其中地球轨道搜索救援系统（MEOSAR）中起着重要作用，伽利略搜索和救援服务（SAR）为国际卫星辅助搜救系统（Cospas-Sarsat）做出了卓越的贡献。伽利略卫星能够检测到从船只、飞机携带的危难信标机或个人手持用户终端发射的紧急信号（在406 MHz频段），然后将它们的位置数据送回到国家救援中心。在任何指定时刻，在地球任何位置，至少有一颗伽利略卫星处于视野中，使得能够进行近实时危难警报检测、识别和定位。每个接收到的危难呼叫会由一个返回消息给予主动确认，指示该危难呼叫已经被接收。这还可以让信标机释放应急信道。

3 系统部分

系统包括三个主要部分：空间部分、控制部分和用户部分。每一部分的主要功能如下。

3.1 空间部分

空间部分由伽利略卫星组成，这些卫星作为“天体”参考点，从太空发射精确的时间编码导航信号。工作的24颗卫星组成的星座（加上6颗热备份卫星）工作在周期为14小时的轨道中，半长轴约为30 000千米。使用三个间隔相等的轨道平面，每个平面包含10颗卫星（包括2颗备份卫星），它们相对于赤道倾斜56°。

3.2 地面部分

伽利略地面系统控制整个伽利略星座，监测每颗卫星的健康状态，并将数据上传到每颗卫星，以便随后作为导航消息播发给用户接收机。该导航消息的关键参数—时钟同步和轨道星历是根据全球台站网络的测量结果进行计算。遥测、跟踪和命令功能采用略高于2 GHz的空间运行频率划分。

地面部分包括以下功能：

- 星座管理和卫星控制；
- 导航和系统健康数据处理与控制；
- 航天器管理与性能检测（遥测、指令与测距）；
- 在5 000-5 010 MHz RNSS频段上传飞行任务数据。

3.3 用户部分

用户部分包括所有用户装置及其相关的支撑设备。根据情况，伽利略用户终端通常包括天线、接收机、处理器、和输入/输出设备。它获取并跟踪所有可见伽利略卫星的导航信号，计算伪距和伪距率并提供即时三维位置、速度和系统时间。

4 伽利略信号结构

以下描述了用于定位、导航和授时（PNT）应用的伽利略信号。

4.1 伽利略E1信号

伽利略E1信号发射的中心频率为1 575.42 MHz。

它包括三个根据应用所需要的性能，可单独或与其他信号组合使用的组成部分。各组成部分主要用于开放业务（OS）、和公共管理服务（PRS），包括导航消息。对于OS服务，Galileo E1载波用MBOC进行调制（由E1-B数据部分和E1-C无数据部分组成）；对于PRS，采用余弦BOC (15,2.5)进行调制（由E1-A部分组成）。E1-B数据流可以采用附加消息构成，以提供增强的导航和授时功能。

BOC调制被用来形成需要的发射信号谱形（分散在频率上的功率谱密度）。BOC类型信号通常用BOC(f_{sub}, f_{chip})的形式表示，其中频率表示为GPS C/A码片速率1.023 Mchip/s的倍数。

伽利略E1-A信号的功率谱密度由下式给定：

$$G_{BOC_{\cos}(f_s, f_c)}(f) = f_c \left[\frac{2 \sin\left(\frac{\pi f}{f_c}\right) \sin^2\left(\frac{\pi f}{4f_s}\right)}{\pi f \cos\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right)} \right]^2$$

其中 $f_s = 15 \times 1.023$ MHz为副载频， $f_c = 2.5 \times 1.023$ MHz为码片速率。

MBOC调制形成一个如下表示的信号频谱 $G_{MBOC}(f)$ ：

$$G_{MBOC}(f) = \frac{10}{11} G_{BOC(1,1)}(f) + \frac{1}{11} G_{BOC(6,1)}(f)$$

其中：

$$G_{BOC_{\cos}(f_s, f_c)}(f) = f_c \left[\frac{\tan\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) \sin\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\pi f} \right]^2$$

且：

$f_s = 1 \times 1.023$ MHz为副载频， $f_c = 1 \times 1.023$ MHz为BOC(1,1)的码片速率

$f_s = 6 \times 1.023$ MHz为副载频， $f_c = 1 \times 1.023$ MHz为BOC(6,1)的码片速率

表7

1 559-1 610 MHz频段内发射的伽利略 E1

参数	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 559-1 591
PRN码片速率 (Mchip/s)	1.023 (MBOC) 2.5575 ($BOC_{\cos}(15,2.5)$)
导航数据比特率 (bit/s)	125 (E1-B)
导航数据符号率 (符号/秒)	250 (E1-B)
信号调制方式	MBOC (OS) $BOC_{\cos}(15,2.5)$ (E1-A)
极化	RHCP
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-157.25 (MBOC) (见注2)

注1: 关于MBOC的更详细信息, 请参见本表以上的文字部分。

注2: 对于等于或大于5度的任何仰角, 在各向同性0 dBic接收机天线的输出处测量地球表面的最小接收功率。

4.2 伽利略E6信号

伽利略E6信号基线在1 278.75 MHz载波频率上发射。E6信号基线包括三种不同的信号, E6-A信号承载公共监管服务 (PRS)、E6-B承载新定义的高精度服务 (HAS) 和E6-C – 商业认证服务 (CAS)。E6载波通过BPSK(5)调制进行调制, 以提供E6-B和E6-C信号分量。伽利略E6载波也用 $BOC_{\cos}(10,5)$ 码进行调制, 以提供E6-A分量 (伽利略E6-A频谱的公式与上述E1-A信号的相同, 但 $f_s = 10 \times 1.023$ MHz和 $f_c = 5 \times 1.023$ MHz)。

表8

在1 215-1 300 MHz频段的伽利略E6发射

参数	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 260-1 300
PRN码片速率 (Mchip/s)	5.115 (BPSK(5)) 10.23 ($BOC_{\cos}(10,5)$)
导航数据比特率 (bit/s)	500 (E6-B)
导航数据符号率 (符号/秒)	1000 (E6-B)
信号调制方式	BPSK(5) (E6-B和E6-C) $BOC_{\cos}(10,5)$ (E6-A)
极化	RHCP
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-155.25 (BPSK(5)) (见注)

注: 对任何等于或大于5度的仰角, 地球表面上收到的最小功率在各向同性0 dBic接收机天线的输出端进行测量。

4.3 伽利略E5信号

伽利略E5信号的中心频率为1 191.795 MHz且由15.345 MHz边带副载波码速率AltBOC调制生成。该方法提供两个旁瓣。

伽利略E5信号的较低旁瓣称为伽利略E5a，向开放业务（OS）提供也包含导航数据消息的第二个信号（用于双频率接收）。

E5a信号是一个开放访问信号，包括一个数据信道和一个导频（或无数据）信道。

伽利略E5信号的较高旁瓣称为伽利略E5b，为“开放业务”（OS）提供一个附加部分。

E5b信号是一个开放访问信号，包括一个数据信道和一个导频（或无数据）信道。

伽利略E5 AltBOC信号的功率谱密度由下式给定：

$$G_{AltBOC}(f) = \frac{f_c}{2\pi^2 f^2} \frac{\cos^2\left(\frac{3\pi f}{2f_s}\right)}{\cos^2\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right)} \left[\cos^2\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) - \cos\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) - 2\cos\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right)\cos\left(\frac{\pi f}{4f_s}\right) + 2 \right]$$

其中：

$f_s = 15 \times 1.023$ MHz为子载频， $f_c = 10 \times 1.023$ MHz为码片速率。

表9

在1 164-1 215 MHz频段发射的伽利略E5

参数	参数值
信号频率范围（MHz）	1 164-1 219
PRN码片速率（Mchip/s）	10.23 ($G_{AltBOC}(15,10)$)
导航数据比特率（bit/s）	25 (E5a), 125 (E5b)
导航数据符号率（符号/秒）	50 (E5a), 250 (E5b)
信号调制方式	AltBOC(15,10)（见注1）
极化	RHCP
参考天线输出端的最小接收功率电平（dBW）	E5a, -155.25（见注2） E5b, -155.25（见注2）

注1：关于 G_{ALTBOC} 的更详细信息，请参见本表以上的文字部分。

注2：对任何等于或大于5度的仰角，地球表面上收到的最小功率在各向同性0 dBic接收机天线的输出端进行测量。

附件4

准天顶卫星系统（QZSS）的技术描述和特性

1 引言

准天顶卫星系统（QZSS）包含7颗卫星和2颗热备份卫星。这些卫星在一个45度倾斜非对地静止轨道或者对地静止轨道上。每颗卫星发射相同的四个导航信号载频。这些导航信号用预设的比特流进行调制，包含编码的星历数据和时间，并在不采用双向发射或多普勒积分的情况下有足够的带宽达到必要的导航精度。

1.1 频率需求

QZSS系统的频率要求基于对用户精确度要求、空对地传播延迟分辨率、多径抑制和设备成本与配置的评估。起初，QZSS操作采用三个信道：1575.42 MHz (L1)、1227.6 MHz (L2)和1 176.45 MHz (L5)。还将增加一个高速率数据信号，中心频率为1 278.75 MHz (L6)。

QZSS为包括日本在内的东亚和太平洋地区提供导航服务。

2 系统概述

QZSS是一种空基、全天候、连续无线电导航、定位和授时系统，提供与GPS（L1、L2和L5）互操作的信号以及一个更高数据速率消息（L6）的增强信号。

该系统根据被动三边测量原理工作。QZSS用户接收机装置首先测量至少四颗卫星的伪距、伪距率或差伪距（delta pseudo-range），然后通过采用接收到的星历和时钟校正参数计算卫星位置、速度和其时钟与参考时帧的时间偏移。随后，它在笛卡尔地球坐标系（ECEF）、国际地球参考框架（ITRF）坐标系中确定用户三维位置和速度以及用户时钟相对于参考时帧的偏移。

3 系统部分

系统包括三个主要组成部分：空间部分、控制部分和用户部分。各部分的主要功能如下。

3.1 空间部分

空间部分包括QZSS卫星，这些卫星作为“天体”参考点，从太空发射精确的时间编码导航信号。投入使用的7颗卫星星座既包括非对地静止轨道卫星，也包括对地静止轨道卫星。非对地静止轨道卫星工作在周期为24小时的轨道上，远地点高度为39 970 km，近地点高度为31 602 km。每一颗非静止轨道卫星布放在其自己分别的相对于赤道倾斜45度的轨道平面内。轨道平面等距间隔，且卫星的相位布置使得日本的高仰角总能看见一颗卫星。对地静止轨道位置正在研究中。

2颗热备份卫星也在研究中，以满足系统要求，采用具有最少7颗卫星的QZSS星座提供导航能力。

卫星为三轴稳定平台。其主要导航有效载荷的主要组成为用于精确授时的原子频标、存储导航数据的处理器、生成测距信号的PRN信号装置以及1.2/1.6 GHz频段发射天线、其赋形天线增益辐射方向图在四个1.2/1.6 GHz频段频率上向地表或地表附近的用户发射近似均匀信号功率。双频率发射（如L1和L2）允许校正信号传播时间内的电离时延。

3.2 控制部分

控制部分执行日常控制系统所有卫星所需的跟踪、计算、更新和监测功能。它包括一个位于日本、进行所有数据处理的主控制站（MCS）以及一些在空间部分可视区域广泛部署的监测站。

监测站被动地跟踪所有可见的卫星并测量测距和多普勒数据。这些数据在MCS进行处理，用于计算卫星星历、时钟偏移、时钟漂移和传播延迟，并随后用于生成上传消息。该更新信息被传输给卫星，用于记忆存储及作为随后卫星发送给用户导航消息的一部分。

3.3 用户部分

用户部分是所有用户接收机及其支持设备的集合。用户装置通常包括天线、QZSS接收机/处理器（也适用于GPS信号）、计算机和输入/输出设备。

它从包括一颗（或多颗）QZSS卫星以及一颗（或多颗）GPS卫星在内的四颗以上可见的卫星获得并跟踪导航信号，测量其射频传播时间、RF信号的相位和多普勒频移，将其转化成伪距、载波相位、伪距率和/或差伪距，并解算出三维位置、速度和相对于参考时帧的接收机时间偏移。

用户设备包括从相对简单、轻便和移动的接收机到与其他导航传感器或系统整合在一起，用于高度动态环境中精确性能的复杂接收机。

4 QZSS信号结构

从包含以下四个调制载波的卫星上发射QZSS导航信号：中心频率为1 575.42 MHz ($154 f_0$)的L1、中心频率为1 227.6 MHz ($120 f_0$)的L2、中心频率为1 176.45 MHz ($115 f_0$)的L5以及中心频率为1 278.75 MHz ($125 f_0$)的L6，此时 $f_0 = 10.23$ MHz。 f_0 为星载频率基准单元的输出，所有生成的信号与此相干。

L1信号包括四个正交复用的二相相移键控（BPSK）调制信号。其中两种（L1-C/A和L1S）用不同PRN扩频码进行调制，为两个10比特线性反馈移位寄存器（10-bit-LFSR）输出的模2（Modulo-2）加序列，时钟频率为1.023 MHz，周期为1 ms。每一个都是在BPSK之前模2加到50 bit/s/50 符号/s或250 bit/s/500 符号/s 二进制导航数据流上。另两个信号（L1C数据部分和L1C无数据部分）用不同的扩频码进行调制，其时钟频率为1.023 MHz，两个相同矩形波的时钟频率为0.5115 MHz。数据流模2加到其中一个之上。

L2信号为BPSK并带有L2C扩频码。L2C码的时钟频率为1.023 MHz，交替扩频码的时钟频率为0.5115 MHz：L2CM周期为20 ms，L2CL的周期为1.5 s。在调相前，在码上模2加25 bit/s/50 符号/s的数据流。

L5信号包括两个正交复用的BPSK信号（I和Q）和一个QPSK信号（L5S信号）。I和Q信道内的信号都用两种不同的L5扩频码进行调制。L5扩频码的时钟频率都是10.23 MHz且周期为1 ms。在I信道内传输 50 bit/s/100 符号/s的二进制导航数据流，在Q信道内不传输数据（即为无数据的“导频”信道）。这一个QPSK信号也具有一个10.23 MHz的时钟速率和1 ms的周期，并包含增强消息。

L6信号也是BPSK。对于时钟频率为5.115 MHz的扩频码，采用了卡沙米码（Kasami code）小集合序列。

5 信号功率和频谱

QZSS卫星采用赋形波束天线向系统用户辐射近似均匀功率。发射信号为右圆极化（RHCP），L1信号的椭圆率好于1.2 dB，L2、L5和L6信号的椭圆率好于2.2 dB。根据0 dBi RHCP接收机天线的假设定义了至卫星到达角大于10度的用户接收功率（URP）。

L1、L2、L5和L6信号的最小保证URP述于表10、11和12。

6 工作频率

QZSS的L1信号工作在划分给RNSS的1 559-1 610 MHz频段，L2信号和L6信号工作在1 215-1 300 MHz频段，L5信号工作在1 164-1 215 MHz频段。

7 遥测功能

QZSS无需在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段内操作遥测信号。

8 QZSS发射参数

鉴于QZSS在四个频段发射空对地RNSS导航信号，在代表四个发射导航信号的RNSS导航频段表格中提供了QZSS的发射参数。

8.1 QZSS L1发射参数

QZSS将在1 559-1 610 MHz RNSS频段内操作数个信号。这些信号包括L1 C/A、L1C和L1S。每颗非对地静止轨道QZSS卫星各使用一个L1-C/A、一个L1C和一个L1S信号。每颗对地静止轨道QZSS卫星使用一个L1-C/A、一个L1C和2个L1S（L1Sa和L1Sb）信号。

表10

1 559-1 610 MHz频段内发射的QZSS

参数	参数值（见注1）
载频（MHz）	1575.42
PRN码片速率（Mchip/s）	1.023
导航数据比特率（bit/s）	50 (C/A), 250 (L1S), 25 (L1C)
导航数据符号率（符号/秒）	50 (C/A), 500 (L1S), 50 (L1C)
信号调制方式	BPSK-R(1) (C/A和L1S) BOC(1,1) (L1C数据部分) MBOC（第二颗和后续的QZSS卫星的L1C导频信号（无数据部分）。第一颗卫星对其无数据部分使用BOC(1,1)）（见注2）
极化和椭圆率（dB）	RHCP，最大1.2
天线输入端的最小接收功率电平（dBW）	-158.5 (C/A), -163 (L1C数据)， -158.25 (L1C无数据)， -161 (L1S) （见注3）
RF发射机滤波器3 dB带宽（MHz）	32

表 10的注释：

注1：信号名L1S被应用于第二颗和后续的QZSS卫星。第一颗QZSS卫星使用与L1S相同的射频信号特性，但信号名被改称为L1-SAIF。

注2：对于QZSS RNSS参数，BPSK-R(n) 表示采用矩形码片，码片速率为 $n \times 1.023$ (Mchip/s)的二进制相移键控调制方式。BOC(m,n) 表示载频偏移为 $m \times 1.023$ (MHz)且码片速率为 $n \times 1.023$ (Mchip/s)的二进制偏移载波调制。

注3：QZSS最小接收功率假定在最小接收天线增益为从地表观看，地球地平线以上10度或更大仰角处。

8.2 QZSS L2发射参数

QZSS将在1 215-1 300 MHz RNSS频段内操作两个信号。这些信号包括L2C和L6。

表11

在1 215-1 300 MHz频段发射QZSS L2C

参数	RNSS参数描述
载频 (MHz)	1227.6
PRN码片速率 (Mchip/s)	1.023 (L2C)
导航数据比特率 (bit/s)	25 (L2C)
导航数据符号率 (符号/秒)	50 (L2C)
信号调制方式	BPSK-R(1) (L2C) (见注1)
极化和椭圆率 (dB)	RHCP; 最大2.2
天线输入端的最小接收功率电平 (dBW)	-160总功率 (见注2)
RF发射机滤波器3 dB带宽 (MHz)	32

注1: 对于QZSS RNSS参数, BPSK-R(n) 表示采用矩形码片, 码片速率为 $n \times 1.023$ (Mchip/s)的二进制相移键控调制方式。

注2: QZSS最小接收功率假定在最小接收天线增益为从地表观看, 地球地平线以上10度或更大仰角处。

表12

在1 215-1 300 MHz频段发射的QZSS L6 (见注1)

参数	RNSS参数描述
载频 (MHz)	1 278.75
PRN码片速率 (Mchip/s)	5.115 (L6)
导航数据比特率 (bit/s)	2 000 (L6)
导航数据符号率 (符号/秒)	250 (L6)
信号调制方式	BPSK-R(5) (L6) (见注2)
极化和椭圆率 (dB)	RHCP; 最大2.2
天线输入端的最小接收功率电平 (dBW)	-155.7总功率 (见注3)
RF发射机滤波器3 dB带宽 (MHz)	56 (见注4)

注1: 信号名L1S被应用于第二颗和后续的QZSS卫星。第一颗QZSS卫星使用与L6相同的射频信号特性, 但信号名被改称为LEX。

注2: 对于QZSS RNSS参数, BPSK-R(n)表示采用矩形码片, 码片速率为 $n \times 1.023$ (Mchip/s)的二进制相移键控调制方式。

注3: QZSS最小接收功率假定在最小接收天线增益为从地表观看, 地球地平线以上10度或更大仰角处。

注4: 56 MHz值不代表发射信号的3 dB带宽。

8.3 QZSS L5发射参数

QZSS将在1 164-1 215 MHz RNSS频段内操作三个导航信号（L5I、L5Q和L5S）。L5I和L5Q信号正交操作且发射同等功率。L5Q不包含数据（亦称为‘导频’信道），而L5I则包含提供授时、导航和定位信息的导航数据。L5S也具有提供授时、导航和定位信息的导航数据。

表13

1 164-1 215 MHz频段内发射的QZSS

参数	RNSS参数描述
载频（MHz）	1 176.45
PRN码片速率（Mchip/s）	10.23
导航数据比特率（bit/s）	50 (L5I), 250 (L5S)
导航数据符号率（符号/秒）	100 (L5I), 500 (L5S)
信号调制方式	BPSK-R(10) (L5) QPSK-R(10) (L5S) (见注1)
极化和椭圆率（dB）	RHCP, 2.2
天线输入端的最小接收功率电平（dBW）	-157.9每信道（L5I或L5Q） -157（L5S） (见注2)
RF发射机滤波器3 dB带宽（MHz）	38.0

注1：对于QZSS RNSS参数，BPSK-R(n)表示采用矩形码片，码片速率为 $n \times 1.023$ (Mchip/s)的二进制相移键控调制方式。QPSK-R(n)表示一个采用码片速率为 $n \times 1.023$ (Mchip/s)的矩形码片正交相移键控调制。

注2：QZSS最小接收功率假定在最小接收天线增益为从地表观看，地球地平线以上10度或更大仰角处。

附件5

MTSAT星基增强系统（MSAS）的技术描述和特性

1 引言

国际民航组织（ICAO）将全球卫星导航系统（GNSS）定义为“包含一个或多个卫星星座、飞机接收机和系统完整性监测，进行必要增强以支持预期操作所需导航性能的全球定位和测时系统”，并制定了用于全球无缝航空导航业务的“国际标准和推荐做法”（SARP）。

通过采用以下安装在地面、空间和/或飞机上的GNSS要素的各种组合，提供GNSS导航服务：

- a) 全球定位系统（GPS）。
- b) 全球卫星导航系统（GLONASS）。
- c) 空基增强系统（ABAS）。
- d) 星基增强系统（SBAS）。
- e) 地基增强系统（GBAS）。
- f) 飞机GNSS接收机。

MTSAT（多功能运输卫星）星基增强系统（MSAS）是一种定义为“用户可从星基发射机接收增强信息的广域增强系统”的SBAS。MSAS在MTSAT扮演RNSS的角色。

MSAS采用两颗MTSAT来提高系统可靠性和稳健性。每一颗MTSAT卫星发射一个用于GPS增强信号（RNSS信号）的载频。这些信号包括以下信息：测距、GPS卫星状态、基本差分校正（GPS卫星星历和时钟校正）以及精确差分校正（电离层校正）。

1.1 频率需求

MSAS的频率需求基于中心频率为1 575.42 MHz的GPS L1。

航空导航“安全”的要求强调了其他无线电业务不对航空导航用户产生有害干扰的至关重要性。

MTSAT RNSS功能要求具有从地面地球站（GES）至卫星的上行馈线链路频率，这种使用并未得到其他FSS信号的充分保护。

2 系统概述

MTSAT扮演着MSAS空间部分的角色，向装备恰当的用户，特别是民用航空“安全”操作广播GPS增强信息。

MSAS用户设备在笛卡尔地球中心、地球固定（ECEF）WGS-84坐标系中测量用户的三维位置，然后获得采用从地面监测站（GMS）实时收到的GPS数据生成的GPS完整性信息。

3 系统组成部分

MSAS系统包括三个主要部分：空间部分、地面部分和SBAS机载接收机（用户部分）。各部分的主要功能如下。

3.1 空间部分

MSAS空间部分是MTSAT的导航有效载荷，转发地面地球站（GES）生成的RNSS信号。两颗MTSAT卫星构成的星座在135 E、140 E或145 E的两个对地静止轨道运行。MTSAT是一种三轴稳定卫星。其导航有效载荷的主要要素为用于从地面电台上行馈线链路信号的接收天线、14 GHz至1.5 GHz的频率下变频器、业务链路信号的高功放以及赋形波束增益辐射方向图向用户发射近似均匀功率的发射天线。

3.2 地面部分

地面部分包括两个MCS、四个地面监测站（GMS）、两个监测和测距站（MRS）和网络通信子系统（NCS）。MCS是MSAS的核心，位于常陆太田（Hitachi-ohta）和神户的航空卫星中心。通过建立两个站，可以避免设备故障、自然灾害和天气影响造成的业务中断。GMS是接收MTSAT传输的MSAS数据并通过NCS将其转发给MCS的设施。它从GPS接收GPS L1和L2（1 227.6 MHz）信号，这些信号用于监测GPS信号并预计电离层延时。它位于四个地点，即札幌、东京、福冈和那霸。除GMS功能外，MRS还具备收集测定MTSAT位置所需基本数据，以生成测距数据（与GPS等同的定位数据）的功能。在MTSAT覆盖区东端和南端边缘的两个位置，即夏威夷和澳大利亚的堪培拉建立MRS，以便通过确保长基线获得高精度轨道测距。

3.3 用户部分

用户部分（SBAS机载接收机）利用GPS星座和SBAS信号判定飞机的位置。SBAS机载接收机获得测距和校正信息，适用这些数据来判定完整性并改善所获位置的精度。

4 MSAS信号结构

用于MSAS的RNSS信号是与GPS L1兼容的调制载波，中心频率为1575.42，带宽为2.2 MHz。发射序列为速率为500 符号s/s及1 023比特伪随机噪声码的导航消息模2加。然后，以1.023 Mchip/s的速率在载波上进行BPSK调制。

5 信号功率和频谱

MTSAT采用赋形波束天线向MSAS用户发射近似均匀功率。发射的信号为右圆极化。从MTSAT卫星发射的MSAS信号特性见表14。

表14

MSAS信号的特性

载频 (MHz)	发射类别	指配带宽 (MHz)	最大峰值功率 (dBW)	最大功率密度 (dB(W/kHz))	天线增益 (dBi)
1 575.42	2M20G1D	2.2	13.0	-17.3	20.0
	2M20G7D	2.2	16.0	-14.3	

6 工作频率

在划分给卫星导航业务的1 559-1 610 MHz频段中，MSAS空间部分工作在以1 575.42 MHz为中心频率的GPS L1频率上，带宽为2.2 MHz。

7 遥测功能

MSAS无需在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz和5 010-5 030 MHz频段内操作遥测信号。

附件6

LM-RPS网络的技术描述和特性

1 引言

LM-RPS网络包括位于对地静止轨道的多信道RNSS有效载荷卫星和支持每一个导航有效载荷的两个地面上行站（GUS）。现行系统包括一颗位于西经133°（WL）的卫星和第二颗位于西经107.3°的卫星。

通过提供涵盖美国国家空管系统（NAS）的广播，位于107.3° WL和133° WL的LM-RPS网络为美利坚合众国（US）联邦航空管理局（FAA）提供了独特的广播RNSS服务。LM-RPS网络是联邦航空管理局广域增强系统（WAAS）的一部分。未来还可能增加额外的LM-RPS网络，向航空主管部门和世界其他地区的领空提供类似SBAS的服务。LM-RPS网络提供增强数据，这些数据通过提供GPS广播的完整性信息、改善精确度和增强GPS测距信号的方式为航空用户增强GPS数据。航空用户依赖SBAS来提供导航和安全操作的精确度和完整性。

2 系统概述

LM-RPS网络作为一种商业服务运营，为航空主管部门提供必要的RNSS广播服务。

LM-RPS网络空间电台的WAAS消息广播用最少的发射机提供了所需的领空覆盖并消除了多种与地基增强系统有关的技术问题。LM-RPS网络是一种采用FSS上行链路和RNSS下行链路的混合广播业务，因而与普通的卫星固定业务（FSS）广播相比，较为复杂。地面通信网络中的LM-RPS地面电台从WAAS主站接收未格式化的WAAS消息数据，并在传输给卫星之前进行验证。地面电台对WAAS消息和时间进行前向纠错，将其与GPS广播副帧的出现时间进行校准，然后将消息上传给导航有效载荷，后者接收消息并将其转发给地表和所涵盖各国空管系统的航空用户。

3 系统配置

LM-RPS网络包括两部分：卫星或空间部分以及地面电台或地面部分。

3.1 空间部分

起初两颗单独的卫星LM-RPS133W和LM-RPS 107.3 W以及服务世界其他区域的潜在LM-RPS卫星构成了LM-RPS网络的空间部分。每一颗卫星作为更大范围WAAS的一部分单独运作，提供几乎全时（99.9995%可靠性）的可靠空间信号（SiS）。

卫星从两个地面上行站中的一个接收WAAS消息并将其转发给地球，在所覆盖区域提供双SiS。计划未来增加第三个SiS，提供更高的SiS可靠性（> 99.9995%）。

每个导航有效载荷都是简单的环回或‘弯管’型转发器。每个转发器在6 GHz上行FSS频段内一对固定频率信道（称为LM-RPS C1和LM-RPS C5）上接收上行WAAS消息，滤波后转为LM-RPS L1（在1 559-1 610 MHz频段）和LM-RPS L5（在1 164-1 215 MHz频段）频率上。这些频率分别与附件2中所指出的GPS L1和GPS L5频率相同。放大器和专用的发射天线将RNSS信号发射给地球，提供覆盖整个地表100 000英尺高度的全球波束，包含所需的领空覆盖。覆盖区由8.75度的视轴角定义。

3.2 地面部分

每一对LM-RPS GUS作为冗余配置工作，提供至一颗LM-RPS卫星的高可靠性上行。

GUS通过地基网络组网，后者将前者连接到WAAS系统。GUS互相以及与WAAS主控站之间进行通信，以决定哪个GUS作为主GUS向导航有效载荷广播WAAS消息，哪个作为备份GUS。备份GUS向射频负载广播其WAAS消息，且如果主GUS出现故障，则作为热备份使用。

GUS包括两组基本设备，网络和处理设备以及无线电射频（RF）发射设备。网络和处理设备通过陆基网络接收并验证WAAS消息数据，然后将其格式化为恰当的广播信号结构，生成70 MHz上的中频（IF）信号。IF信号转为LM-RPS C1和C5频率，进行放大并通过C波段蝶形天线（RF设备）发射给导航有效载荷。

GUS有一个接收导航有效载荷发射（下行）LM-RPS和GPS L1、L5信号的天线，以计算并校正信号传播时间的电离层延时。从导航有效载荷到GUS的信号环回使得SiS可用于测距，在GPS覆盖不够的时候和地点增加导航信号的可用度。GUS也接收GUS发射（6 GHz频段）和L1、L5卫星下行信号，以确保信号未受损坏。损坏的信号触发处理设备将主GUS切换为备份，并将备份GUS切换为主GUS。如果信号仍受损坏，处理设备将播发一条“不要使用”消息，替代WAAS增强消息。四个GUS以及位于133 W和107.3 W的两颗LM-RPS卫星的组合，确保了在几乎所有的时间内NAS中有一个可靠的SiS可用，达到FAA要求的可靠性。未来其他轨道位置的LM-RPS空间电台将为其他地区的航空主管部门提供类似的可靠性。

4 LM-RPS信号

LM-RPS网络在LM-RPS L1和LM-RPS L5两个频率的每一个频率上广播WAAS增强消息。航空界决定SBAS消息的信号结构。SBAS消息的基本格式和结构与GPS卫星的这些频率上发射的导航信号相同。因为它们计划像GPS消息一样为适当装备的用户接收机所接收，因此采用了GPS格式和结构。

通用信号结构包含WAAS消息的C/A码和类似GPS的民用码。系统设计为C/A和P(Y)码的一种或两者可包含在上行中，因而可在LM-RPS L1和LM-RPS L5下行上发射。

LM-RPS L1广播的信号格式详述于WAAS的L1（FAA-E-2892B）规范中，且航空无线电技术委员会（RTCA）为L5（RTCA/DO-261）起草的信号规范中定义了LM-RPS L5广播的信号格式。

LM-RPS-133W和LM-RPS-107.3W空间电台L1和L5信道的LM-RPS广播信号电平列于表15。在视轴8.75°的覆盖边缘，发射信号等级比其位于卫星天底点的峰值大约要下降3 dB。其他LM-RPS网络预计与此类似。

表15

LM-RPS卫星L1和L5信号的信号强度

峰值等效全向 辐射功率 (dBW) ⁽¹⁾	LM-RPS L1	LM-RPS L5
LM-RPS-133W	36.6	33.0
LM-RPS-107.3W	34.2	34.9

⁽¹⁾ 峰值功率位于发射覆盖的天底点。

5 LM-RPS工作频率

谨慎地选择了LM-RPS的上行频率，以便使用卫星固定业务中的可用带宽且不干扰RNSS上行或其他FSS提供商。对于LM-RPS-133 W和LM-RPS-107.3 W卫星，LM-RPS采用扩展C波段（6 425-6 700 MHz）作为上行。这些上行频率作为FSS频率进行管理，在此用于参考。对于转发到L1上的LM-RPS-133W、C1，采用6 639.27 MHz作为载频；作为转发到L5上的C5，在6 690.42 MHz上发射。对于LM-RPS-107.3W，C1在6 625.45 MHz且C5在6 676.45 MHz上发射。

如前所述，下行频率为1 575.42 MHz 频率上的GPS-L1以及1 176.45 MHz上的GPS-L5。鉴于它们采用与GPS相同的频率，LM-RPS信号通过采用独特的PRN码与其他L1和L5上的GPS信号相区别。这与GPS系统及其每一个卫星采用的PRN类似。与GPS系统的操作者协调PRN码，以确保与GPS以及其他类似GPS信号广播的兼容性。

6 命令和遥测频谱

位于133 WL和107.3 WL的LM-RPS卫星搭载了作为‘共管卫星’操作的导航有效载荷。它们共用两颗商业FSS卫星的设施。命令和遥测功能整合在航天器的TT&C系统内。通过共享TT&C功能，LM-RPS不需要额外的频谱来控制其卫星。未来服务于世界其他地区的LM-RPS卫星将或者采用类似的“共管卫星”方式，或者带有4/6 GHz范围内专用的测控频率，作为单独卫星使用。

7 LM-RPS发射参数

由于LM-RPS在两个频段内发射空对地RNSS导航信号，在表示两个LM-RPS发射导航信号的RNSS频段的表格内提供了LM-RPS发射参数。

7.1 LM-RPS L1发射参数

LM-RPS L1发射的重要参数见表16。

表16

1 559-1 610 MHz频段内发射LM-RPS L1

参数	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 575.42 ± 12
PRN码片速率 (Mchip/s)	1.023
导航数据比特率 (bit/s)	250
导航数据符号率 (符号/秒)	500
信号调制方式	BPSK-R(1) (见注1)
极化	RHCP
椭圆率 (dB)	最大2.0
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-158.5 (见注2)
RF发射机滤波器3 dB 带宽 (MHz)	24.0

注1: 对于LM-RPS RNSS参数, BPSK-R(n)表示采用矩形码片, 码片速率为 $n \times 1.023$ (Mchip/s)的二进制相移键控调制方式。

注2: 当卫星位于从地表观看, 地球地平线以上5度或更大仰角的最坏标称方位时, 在3 dBi线极化参用户接收天线 (位于近地面位置) 测量LM-RPS的最小接收功率。

7.2 LM-RPS L5发射参数

LM-RPS L5发射的重要参数见表17。

表17

1 164-1 215 MHz频段内发射LM-RPS L5

参数	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 176.45 ± 12
PRN码片速率 (Mchip/s)	10.23
导航数据比特率 (bit/s)	250
导航数据符号率 (符号/秒)	500
信号调制方式	BPSK-R(10) (见注1)
极化	RHCP
椭圆率 (dB)	最大2.0
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-157.9 (见注2)
RF发射机滤波器3 dB 带宽 (MHz)	24.0

注1: 对于 LM-RPS RNSS参数, BPSK-R(n) 表示采用矩形码片, 码片速率为 $n \times 1.023$ (Mchip/s)的二进制相移键控调制方式。

注2: 当卫星位于从地表观看, 地球地平线以上5度或更大仰角的最差标称方位时, 在3 dBi线极化参考用户接收天线 (位于近地面位置) 测量LM-RPS的最小接收功率。

附件7

北斗（COMPASS）系统发射空间电台的技术描述和特性

1 引言

COMPASS包括30颗对地非静止卫星和五颗对地静止卫星，后者位于58.75 E、80 E、110.5 E、140 E和160 E。每颗卫星在三个频段发射导航信号。这些导航信号用预设比特流进行调制，包含编码的星历数据和时间，具有足够的带宽在不采用双向传输或多普勒积分的情况下达到必要的导航精度。系统可在地表或接近地表的任何地点提供精确的三维定位、速率和时间。

1.1 频率要求

COMPASS系统的频率要求基于对用户精确度要求、空对地传播延迟分辨率、多径抑制和设备成本与配置的评估。COMPASS系统用三个频段发射导航信号，即B1、B2、B3频段。

- B1: 1 561.098 MHz (B1I)、1 575.42 MHz (B1C, B1A)
B2: 1 176.45 MHz (B2a)、1 207.14 MHz (B2b) (B2a和B2b信号进行多路复用，形成以1 191.795 MHz为中心的B2信号)
- B3: 1 268.52 MHz (B3I、B3Q、B3A)。

注 – 对应的信号名称显示在圆括号中。

COMPASS采用频率分集和大带宽将增加空对地传播时延分辨率的测距精度并改善多径抑制，提高总精度。

2 系统概述

COMPASS是一个空基、全天候、连续无线电导航、定位和授时系统，在地表或接近地表的任何位置向拥有适当设备的用户提供极其精确的三维位置和速度信息以及准确的公共时间基准。

COMPASS系统根据被动三边测量原理工作。COMPASS用户设备首先测量到四颗卫星的伪距，计算其位置并通过使用接收到的星历和时钟校正参数将其时钟与COMPASS系统时间进行同步。随后确定用户三维位置，并主要通过计算四个距离方程的联立解确定用户时钟相对于COMPASS时间的偏移量。

类似地，可以通过解出给定到四颗卫星伪距率测量的四个距离变化率方程来估计三维用户速度和用户时钟频率偏移。

3 系统部分

系统包括三个主要组成部分：空间部分、控制部分和用户部分。各部分的主要功能如下。

3.1 空间部分

空间部分包括30颗对地非静止卫星和五颗对地静止卫星组成的星座，这些卫星作为‘天体’参考点，从太空发射精确的时间编码导航信号。五颗对地静止卫星分别位于58.75 E、80°E、110.5 E、140°E和160 E。而两个非活跃的备用卫星在144.5 E和84 E。投入使用的30颗非对地静止卫星星座包括27颗MEO卫星和3颗倾斜GSO（IGSO）卫星。27颗MEO卫星位于相对于赤道倾斜55度的三个轨道平面内，每个平面内有9颗卫星，轨道高度约为21 500km。3颗倾斜同步轨道卫星位于相对于赤道倾斜55度的轨道平面内，交叉经度约为118 E。

3.2 控制部分

控制部分执行日常控制系统所有卫星所需的跟踪、计算、更新和监测功能。它包括两个位于北京、进行所有数据处理的主控制站（MCS）以及一些在空间部分可视区域广泛部署的独立监测站。

监测站被动地跟踪所有可见的卫星并测量测距和多普勒数据。这些数据在MCS进行处理，用于计算卫星星历、时钟偏移、时钟漂移和传播延迟，并随后用于生成上传消息。该更新信息被传输给卫星，用于记忆存储及作为随后卫星发送给用户的导航消息的一部分。

3.3 用户部分

用户部分是所有用户设置及其支持设备的集合。用户装置通常包括天线、COMPASS接收机/处理器、计算机和输入/输出设备。它从包括四颗或四颗以上可见卫星获得并跟踪导航信号，测量其射频传播时间、射频信号的相位和多普勒频移，将其转化成伪距、载波相位和伪距率，并解算出三维位置、速度和系统时间。用户设备包括从相对简单、轻便和移动的接收机到与其它导航传感器或系统整合在一起，用于高度动态环境中精确性能的复杂接收机。

4 COMPASS信号结构

以下提供了可用于定位、导航和授时（PNT）应用的COMPASS信号的概述。

4.1 1 559-1 610 MHz频段内的COMPASS B1发射

COMPASS在1 559-1 610 MHz的RNSS频段操作三个信号（B1I、B1C、B1A）。COMPASS B1发射的关键参数如表18所示。

开放服务（OS）的B1I信号在1 561.098 MHz上广播，采用BPSK-R(2)调制。MEO/IGSO卫星以50 bit/s的导航数据发射B1I信号，而GSO卫星则以500 bit/s的导航数据发射B1I信号。

OS B1C信号和授权服务（AS）B1A信号在1 575.42 MHz上广播。

由MEO和IGSO卫星发射的B1C信号由导频和数据部分组成。导频分量B1C_P使用正交多路复用BOC (QMBOC)调制，它包括相位正交调制的BOC(1,1)和BOC(6,1)分量。数据分量B1C_D采用BOC(1,1)调制。

B1C_P使用的QMBOC(6,1,4/33)的归一化功率谱密度 (PSD) 由下式给出:

$$QMBOC(f) = \frac{29}{33}BOC_{1,1}(f) + \frac{4}{33}BOC_{6,1}(f)$$

B1C信号的总PSD由下式给出:

$$S(f) = \frac{1}{4}BOC_{1,1}(f) + \frac{3}{4}QMBOC(f) = \frac{10}{11}BOC_{1,1}(f) + \frac{1}{11}BOC_{6,1}(f)$$

SBAS-B1C信号由GSO星发射, 用于SBAS业务, 采用BPSK-R(1)调制。

B1A信号采用BOC(14,2)调制, 由相位正交的导频和数据分量组成。

表18

1 559-1 610 MHz频段内的COMPASS B1发射

参数	B1I	B1C	SBAS-B1C	B1A
载波频率 (MHz)	1561.098	1575.42	1575.42	1575.42
PRN码片速率 (Mchip/s)	2.046	1.023	1.023	2.046
导航数据比特率 (bit/s)	MEO/IGSO: 50 GSO: 500	50	250	50 (MEO/IGSO) 125 (GSO)
信号调制方式	BPSK-R(2)	QMBOC(6,1,4/33) (B1C _P) BOC(1,1) (B1C _D)	BPSK-R(1)	BOC(14,2)
极化	RHCP	RHCP	RHCP	RHCP
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	MEO: -158.5 GSO/IGSO: -160.3 (参见注释)	MEO: -158.0 IGSO: -157.7 (参见注释)	GSO: -158.5 (参见注释)	MEO: -156.9 GSO/IGSO: -157.7 (参见注释)

注: 对任何等于或大于5度的仰角, 在各向同性0 dBic接收机天线的输出端测量地球表面的最小接收功率。

4.2 1 164-1 215 MHz频段内的COMPASS B2发射

COMPASS在1 164-1 215 MHz的RNSS频段操作两个信号, 即B2a和B2b, 分别在1 176.45 MHz和1 207.14 MHz上广播。采用副载波速率为15.345 MHz的非对称恒定包络BOC (ACE-BOC)调制将B2a和B2b信号复用为以1 191.795 MHz为中心的B2信号。COMPASS B2发射的关键参数如表19所示。

B2a信号采用QPSK-R(10)调制, 由相位正交的B2a_P导频分量和B2a_D数据分量组成。MEO/IGSO卫星发射B2a信号, 提供开放业务; GSO卫星发射B2a信号提供SBAS业务。

B2b信号采用QPSK-R(10)调制, 由相位正交的B2b_I和B2b_Q分量组成。MEO/IGSO卫星发射B2b信号, 提供开放业务, GSO卫星发射B2b信号, 提供精确单点定位 (PPP) 业务。

表 19

1 164-1 215 MHz频段内的COMPASS B2发射

参数	B2			
	B2a		B2b	
	B2a _p	B2a _d	B2b _I	B2b _Q
载波频率 (MHz)	1176.45		1207.14	
PRN码片速率 (Mchip/s)	10.23			
导航数据比特率 (bit/s)	No Data	MEO/IGSO: 100 GSO: 250	500	500
信号调制方式	BPSK-R(10)	BPSK-R(10)	BPSK-R(10)	BPSK-R(10)
极化	RHCP			
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	MEO: -154.0 GSO/IGSO: -156.3 (参见注释)		MEO: -155.0 GSO/IGSO: -157.3 (参见注释)	

注：对任何等于或大于5度的仰角，在各向同性0 dBic接收机天线的输出端测量地球表面的最小接收功率。

4.3 1 215-1 300 MHz频段内的COMPASS B3发射

COMPASS在1 215-1 300 MHz的RNSS频段内操作三个信号（B3I、B3Q、B3A），这些信号均在1 268.52 MHz上广播。COMPASS B3发射的关键参数如表20所示。

OS B3I信号采用BPSK-R(10)调制。MEO/IGSO卫星以50 bit/s的导航数据发射B3I信号，而GSO卫星以500 bit/s的导航数据发射B3I信号。

AS B3Q信号也采用BPSK-R(10)调制。

AS B3A信号采用QPSK-R(10)调制。

表 20

1 215-1 300 MHz频段内的COMPASS B3发射

参数	B3I	B3Q	B3A
载波频率 (MHz)	1 268.52		
PRN码片速率 (Mchip/s)	10.23	10.23	10.23
导航数据比特率 (bit/s)	MEO/IGSO: 50 GSO: 500	500	50
信号调制方式	BPSK-R(10)	BPSK-R(10)	QPSK-R(10)
极化	RHCP		
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	MEO: -157.3 GSO/IGSO: -159.1 (参见注释)	MEO: -157.3 GSO/IGSO: -159.1 (参见注释)	MEO: -157.3 GSO/IGSO: -159.1 (参见注释)

注：对任何等于或大于5度的仰角，在各向同性0 dBic接收机天线的输出端测量地球表面的最小接收功率。

附件8

Inmarsat导航网络的技术描述和特性

1 引言

Inmarsat导航转发器网络包括七颗向SBAS系统提供空间能力的静止轨道RNSS有效载荷卫星。四颗RNSS有效载荷为Inmarsat第三代卫星（Inm-3）上的单信道有效载荷，三颗有效载荷为Inmarsat第四代卫星（Inm-4）上的多信道有效载荷。除提供RNSS业务外，相同的卫星也提供1.5/1.6 GHz MSS频段内的卫星移动业务。这些信息将来可能会改变。

卫星轨道位置见表21。应注意到，根据系统整体需要，卫星可能不定期移动。所有发射已根据国际电联《无线电规则》进行协调。相关提前公布、协调和通知要求资料由英国主管部门提交。

表21

卫星轨道经度

卫星	轨道位置
3F1	64° E
3F2	15.5° W
3F3	178° E
3F5	54° E
4F1	143.5° E
4F2	64° E
4F3	98° W

1.1 系统概述

Inmarsat为SBAS，即欧洲地球静止卫星导航重叠服务（EGNOS）提供两个导航有效载荷。直到2017年11月，一个是广域增强系统（WAAS）的有效载荷，另一个是澳大利亚和新西兰SBAS试验台的导航有效载荷。

在目前的EGNOS中，全球卫星导航系统监督机构（GSA）使用位于覆盖15.5° W（3F2卫星）的大西洋东部地区（AOR-E）的一个Inm-3导航转发器和一个Inm-4导航转发器，覆盖64° E（卫星4F2）的中东和亚洲地区（MEAS）。

在WAAS中，联邦航空管理局（FAA）正在使用一个在98° W覆盖美洲地区（AMER）的Inm-4导航转发器（4F3卫星），直至2017年11月。

在澳大利亚和新西兰的SBAS试验台上，澳大利亚地球科学（GA）正在使用一个在143.5° E覆盖亚太地区（APAC）的Inm-4导航转发器（4F1卫星）。

2 系统配置

Inmarsat导航转发器网络包括可用于SBAS功能的Inmarsat-3和Inmarsat-4卫星上的导航转发器（或空间部分）。

2.1 空间部分

每一颗Inm-3系列卫星上的导航转发器是一种简单的频率变换器或‘弯管’型转发器。每颗卫星在5 925-6 700 MHz FSS频段的单个固定频率信道内接收上行的SBAS信号。该信号经滤波后变换为GPS-L1频率（中心为1 575.42 MHz）并在3 400-4 200 MHz的FSS频段内下行。

每一颗Inm-4系列卫星上的导航转发器是一种简单的频率变换器或‘弯管’型转发器。每颗卫星在5 925-6 700 MHz FSS频段的一对固定频率信道内接收上行的SBAS信号。该信号经滤波后变换为GPS-L1频率（中心为1 575.42 MHz）和GPS-L5频率（中心为1 176.45 MHz）。

在存在Inm-3和Inm-4两种卫星的情况下，RNSS信号被放大并通过一个覆盖可视地表和高度达100 000英尺（约30 000米）飞机的‘全球波束’传输给地球。这些系统设计用来提高主要GPS和GLONASS导航信号的完整性和精确度。

2.2 地面部分

接收RNSS信号并计算适当校正数据的相关SBAS地面基础设施由相关SBAS运营商在并入上联信号之前提供。

3 SBAS信号

Inmarsat导航转发器网络或仅在GPS-L1频率上（Inm-3）和在GPS-L1和GPS-L5频率上（Inm-4）发射SBAS增强消息。航空界决定SBAS消息的信号结构。SBAS消息的基本格式和结构与GPS卫星的这些频率上发射的导航信号相同。因为它们计划像GPS消息一样为适当装备的用户接收机所接收，因此采用了GPS格式和结构。

通用信号结构包含组合SBAS消息的C/A码和类似GPS的民用码。系统设计为C/A和P(Y)码信号的任何一种可包含在上行中，因而可在L1和L5下行上发射。

L1的信号格式详述于WAAS的L1规范（FAA-E-2892B）中且航空无线电技术委员会（RTCA）为L5起草的信号规范（RTCA/DO-261）中定义了L5信号的格式。

从Inm-3和Inm-4空间电台L1和L5发射的导航信号功率电平列于表22。在视轴8.75度的覆盖边缘，发射信号电平比其位于卫星天底点的峰值大约要下降3 dB。

表22

L1和L5信号的标称⁽¹⁾ e.i.r.p. (dBW) (波束峰值)

卫星	L1	L5
Inm-3F1	33	不适用
Inm-3F2	33	不适用
Inm-3F3	33	不适用
Inm-3F5	33	不适用
Inm-4F1	31.4	29.9
Inm-4F2	31.4	29.9
Inm-4F3	31.4	29.9

⁽¹⁾ 根据Inmarsat在国际电联的申报资料。

注 - 峰值功率位于发射覆盖的天底点。

通过采用独特的PRN码与其他GPS信号相区别。这与GPS系统及其每一个卫星采用不同的PRN码类似。与GPS系统的操作者协调PRN码，以确保与GPS以及其他类似GPS信号广播的兼容性。

4 命令和遥测频谱

导航转发器是更大的卫星有效载荷的一部分，后者包括提供卫星移动业务。导航部分的控制和遥测功能整合在航天器的总TT&C系统内。通过共享TT&C功能，不需要额外的频谱来控制其导航转发器。

附件9

NIGCOMSAT SBAS网络的技术描述和特性

1 引言

Nigcomsat星基增强系统网络(NigSAS)包括3颗RNSS有效载荷对地静止卫星。目前的实施为2007年5月13日发射入轨的NIGCOMSAT-1G(42.5°E)。NIGCOMSAT-1A(19.2°W)和NIGCOMSAT-1D(22°E)正处于规划阶段。三颗卫星的RNSS有效载荷相同。

2 频率和极化计划

如表23所示，每颗卫星在C频段接收上行的SBAS信号并在L频段将导航信号下行。

表23

信道	频率 (MHz)	极化	带宽 (MHz)
C1-上行链路	6 698.42	LHCP	4
C5-上行链路	6 639.45	LHCP	20
L1-下行链路	1 575.42	RHCP	4
L5-下行链路	1 176.45	RHCP	20

3 用户部分

NigSAS设计可与GPS和伽利略增强系统相兼容。因此，可提供GPS/Galileo兼容接收机的完整性和校正数据。

4 地面部分

由于NigSAS是为现有SBAS网络提供空间能力，因此该部分不适用。

5 导航业务

NIGCOMSAT-1G RNSS有效载荷的L频段接收覆盖包括非洲、西欧和东欧以及亚洲。

6 导航信号

NigSAS在L1和L5载频上发射采用GPS格式结构的SBAS消息。根据所选载频的不同，对信号同相(I)和正交部分(Q)进行调制。来自每颗卫星的SBAS信号通过采用伪随机噪声码与其他SBAS信号进行区别。两个频率的导航数据比特率为50 bit/s。

6.1 L1信号

1 575.42 MHz的L1频率在I信道内，通过码片速率为1.023 Mchip/s、码长为1 023的粗捕获L1 PRN码进行BPSK调制。Q信道调制方式的选择由RNSS有效载荷的租户决定，其现有GNSS/SBAS网络将得到增强。表24提供了进一步的相关信息。

表24

载频 (MHz)	发射标识	指配带宽 (MHz)	最大峰值功率 (dBW)	最大功率密度 (dB(W/Hz))	天线增益 (dBi)
1 575.42	4M00X2D	4.0	17.9	-42.1	13.5
	2M20X2D	2.2	17.9	-42.1	

6.2 L5信号

1 176.42 MHz的L5频率在I和Q信道通过两种不同的L5 PRN码进行调制。每个L5 PRN码的码片速率为10.23 Mchip/s，码长为10 230。但只有同相部分才用导航数据进行调制。L5信号更快的码片速率改善了用户部分的自相关功能。表25提供了进一步的相关信息。

表25

载频 (MHz)	发射标识	指配带宽 (MHz)	最大峰值功率 (dBW)	最大功率密度 (dB(W/Hz))	天线增益 (dBi)
1 176.45	20M0X2D	20	16.5	-53.5	13.0
	4M00X2D	4	16.5	-43.5	

附件10

印度区域卫星导航系统（IRNSS）和印度SBAS系统、 GAGAN（GPS辅助地理增强导航）的技术描述

1 引言

印度正在印度次大陆和邻近地区实施其区域卫星导航系统（IRNSS）。IRNSS将在1 164-1 215 MHz频段并可能在1 559-1 615 MHz频段运行。基线IRNSS星座由3颗GSO和4颗向赤道倾斜29° E的倾斜GSO卫星（I-GSO）组成。正在计划采用另外4颗I-GSO卫星来增强7颗卫星的基线星座，以形成一个11颗卫星的星座。该系统旨在提供准确的定位、导航和授时服务。

印度正在其空域实施一项以空基的增强系统（SBAS），GAGAN（GPS辅助GEO增强导航）。除核心GPS之外，印度SBAS GAGAN旨在提供更高的精确度、可靠性、完整性和连续性。空间部分和地面段的特点类似于其他实施的SBAS，如US领空上的WAAS，欧洲ECAC区域上空的EGNOS和日本上空的MSAS。

1.1 IRNSS和GAGAN频率要求

IRNSS的频率要求基于定位、导航和授时的精度要求评估、空到地传播延迟估计、多径和接收机噪声估计、设备成本和配置。

在L5载频上，IRNSS发射二个中心频率1 176.45 MHz的信号。这些信号包括一个采用1°MHz BPSK调制的标准定位服务（SPS）信号和一个采用BOC (5,2)调制的受限服务（RS）信号。

在L1载波上，计划发射二个中心频率为1 575.42 MHz的IRNSS信号。这些计划的信号包括一个可能是BOC(1,1)或CBOC(6,1,1/11)或TMBOC(6,1,1/11)的SPS信号和一个可能是BOC_s(5,2)或BOC_c(4,2)或BOC_c(12,2)的RS信号（将根据与其他GNSS运营商协调结果从这三个选择中选出一种调制机制）。

印度SBAS GAGAN在1 559-1 610 MHz频段（中心频率1 575.42 MHz）和1 164-1 215 MHz频段（中心频率1 176.45 MHz）发射GPS增强信号。

2 系统概述

IRNSS是一个连续的空基的全天候的无线电导航卫星系统，在服务区的任何地方，为任何配备合适的接收机的用户提供定位、导航和授时服务。

该系统的运作原理是无源三边测量。通过使用接收星历和时钟校正参数，IRNSS用户设备测量到4个或更多的卫星的伪距，并在其时钟与IRNSS系统时间同步后计算它的位置。

主要是计算四测距方程的联立求解，然后在WGS-84参考帧中确定三维用户的位置和用户时钟与IRNSS时间的偏移。

给定到4颗卫星的伪距率测量，三维用户速度和用户时钟速率偏移可以通过求解四测距方程估算。测量被称为‘伪’的原因是，他们由接收机中不精确的（低成本）用户时钟得出，并包含由于接收机时钟与IRNSS时间之间的偏移所产生的固定的偏差。

印度SBAS GAGAN有效载荷在3颗对地静止印度通信卫星上承载。增强GAGAN有效载荷发射对从核心GPS接收信号的更正，以提高准确性、完整性、可用性和连续性。

2.1 IRNSS和GAGAN应用

IRNSS旨在为普通公众和公益服务提供定位、导航和授时服务。

3 系统部分

IRNSS和GAGAN系统由3个主要部分组成：空间部分、控制部分和用户部分。各部分的主要功能如下所述：

3.1 空间部分

IRNSS空间部分包括7颗卫星 – （3颗GSO卫星和4颗I-GSO卫星），其功能是作为天空参考点，从空间精确发射时间编码导航信号的。IRNSS星座在所有时间，对于所有服务领域的点均是可见的。计划在近期向此星座图添加另外4颗I-GSO卫星。

3.2 地面部分

IRNSS地面部分控制整个IRNSS星座，监测卫星健康和上传数据随后播放给用户。地面部分接收卫星发射和关键内容如数据，从服务区部署的地面电台网络所做的测量中计算时钟同步和轨道星历。

地面部分的主要单元给出如下：

- IRNSS卫星控制设施（IRSCF）提供星座管理和卫星控制、航天器内务和性能监测和任务数据上行。
- 印度导航中心（INC）部署了执行导航和完整性处理与控制功能的导航软件。
- IRNSS测距和完整性监测站（IRIMS）被用来方便IRNSS卫星的持续单向测距和用于IRNSS星座的完整性确定。这些IRIMS持续跟踪IRNSS星座的导航信号，并向INC发射包含伪距和载频相位信息的数据。
- IRNSS网络授时（IRNWT）设施向IRNSS提供稳定的定时参考。
- IRNSS CDMA测距站（IRCDR）执行精确的双向测距操作。

GAGAN地面段包括称为印度陆地上行站（INLUS）的卫星控制站，和一组称为INRES的印度参考站。来自INRES的数据在主控制中心（MCC）收集和分析，必要的修正上行到GAGAN导航有效载荷。

3.3 用户部分

IRNSS用户部分和GAGAN用户部分包括所有用户设置和其支持设备的集合。用户部分通常由一个天线、IRNSS/GAGAN接收机、计算机和输入/输出设备组成。一个能够从IRNSS、GAGAN、GPS、伽利略、GLONASS和其他星座接收数据的集成GNSS接收机也设定为一个用户部分。

4 IRNSS和GAGAN信号结构

4.1 IRNSS信号结构

IRNSS信号以1 176.45 MHz和1 575.42 MHz为中心。窄带信号为1 MHz BPSK信号发射金码。

宽IRNSS信号采用BOC (5,2)调制。BOC调制是一种形成发射信号光谱形状方法。BOC类型信号通常表示的形式是BOC ($f_{\text{sub}}, f_{\text{chip}}$)，其中，频率表示为码片速率1.023 Mchip/s的倍数。

BOC信号的功率谱密度由下式给出：

$$G_{BOC\sin(f_s, f_c)}(f) = f_c \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) \cos\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\cos\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) \pi f} \right]^2$$

其中：

$f_s = 5 \times 1.023 \text{ MHz}$ 为副载频；

$f_c = 2.0 \times 1.023 \text{ MHz}$ 为码片速率。

4.1.1 IRNSS信号描述

表26

IRNSS L5信号参数

参数	RNSS参数描述	
	SPS	RS
信号频率范围 (MHz)	1 176.45 ± 12	
PRN码片速率 (Mchip/s)	1.023	2.046
导航数据比特率 (bit/s)	25	
导航数据符号率 (符号/秒)	50	
信号调制方式	BPSK (1 MHz)	BOC (5,2)
极化	RHCP	
椭圆率 (dB)	1.8最大	
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-156.37	-159.30
RF发射机滤波器3 dB带宽 (MHz)	24	

表27

IRNSS L1信号参数

参数	RNSS参数描述	
	SPS	RS
信号频率范围 (MHz)	1 575.42 ± 12	1 575.42 ± 12 (用于 BOC _c (5,2)/BOC _c (4,2)) / 1 575.42 ± 15 (用于BOC _c (12,2))
PRN码片速率 (Mchip/s)	1.023	2.046
导航数据比特率 (bit/s)	25	
导航数据符号率 (符号/秒)	50	
信号调制方式 ⁽¹⁾	BOC (1,1)/ CBOC(6,1,1/11)/ TMBOC(6,1,1/11) ⁽²⁾	BOC _c (5,2)/BOC _c (4,2)/ BOC _c (12,2)
极化	RHCP	
椭圆率 (dB)	1.8最大	
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-156.37-161.74	

表27 (完)

参数	RNSS参数描述	
	SPS	RS
RF发射机滤波器3 dB带宽 (MHz)	24	24 (用于 $BOC_s(5,2)/BOC_c(4,2)$) / 30 (用于 $BOC_c(12,2)$)

(1) 将根据与其他RNSS运营商的协调结果选择调制选项之一。

(2) MBOC调制是二个BOC调制信号的一个组合。时分复用的BOC (TMBOC) 和复合BOC (CBOC) 是二种MBOC实现类型。在TMBOC信号中, 二个BOC信号在时域中复用。在CBOC信号中, 信号功率在二个BOC信号之间共享。

TMBOC(6,1,1/11)信号由(i) 1/11时间的BOC(6,1)调制和(ii) 10/11时间的BOC(1,1)调制构成。

CBOC(6,1,1/11)信号由(i) 1/11BOC(6,1)调制功率和 (ii) 10/11 BOC(1,1)调制功率之和构成。

4.2 GAGAN发射

表28

1 559-1 610 MHz 频段内的GAGAN L1发射

参数	参数值
信号频率范围 (MHz)	$1\ 575.42 \pm 9(C/A)$
PRN码片速率 (Mchip/s)	1.023 (C/A)
导航数据比特率 (bit/s)	250 (C/A)
导航数据符号率 (符号/秒)	500 (C/A)
信号调制方式	BPSK-R(1) (C/A)
极化	RHCP
椭圆率 (dB)	2.0最大
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-157.37 (C/A)
RF发射机滤波器3 dB带宽 (MHz)	18

表29

1 164-1 215 MHz频段内的GAGAN L5发射

参数	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 176.45 ± 12
PRN码片速率 (Mchip/s)	10.23
导航数据比特率 (bit/s)	250 (L5I)
导航数据符号率 (符号/秒)	500 (L5I)
信号调制方式	BPSK-R(10)
极化	RHCP
椭圆率 (dB)	2.0最大
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-156.3 (L5I)
RF发射机滤波器3 dB带宽 (MHz)	24

附件11

韩国增强卫星系统 (KASS) 的技术描述和特性

1 引言

韩国增强卫星系统 (KASS) 主要用于航空应用, 将于2022年左右由韩国卫星实施。

KASS将为GPS增强信号 (RNSS信号) 传输两个载波。这些信号包括测距信息、GPS卫星状态、基本差分校正 (GPS卫星星历和时钟校正) 和精确差分校正 (电离层校正)。

1.1 频率和极化计划

KASS的频率要求分别基于以1 575.42 MHz和1 176.45 MHz为中心的GPS L1和GPS L5信道。

KASS RNSS功能要求在从地面段到空间部分的上行链路中使用馈线链路频率。C波段和Ku波段将分别用于国外商业运行卫星和韩国卫星的馈线链路。

KASS载波的频率和极化类型如表30所示。

表30

KASS载波的频率和极化类型

载波	频率 (MHz)	极化类型	带宽 (MHz)
L1	1 575.42	RHCP	24
L5	1 176.45	RHCP	24

2 系统概述

KASS的空间电台将GPS增强信息广播给朝鲜半岛上或附近任何地方的装备合适的用户。

KASS用户设备在以笛卡尔为中心的地球固定 (ECEF) WGS-84坐标系中测量GPS三维用户位置, 并使用KASS参考电台 (KRS) 实时接收的GPS数据获取KASS处理电台 (KPS) 生成的GPS完整信息。

3 系统部分

KASS由空间部分、地面部分和用户部分三大部分组成。每个段的主要功能如下。

3.1 空间部分

KASS空间部分导航有效载荷接收和发射地面段产生的RNSS信号。韩国有效载荷将位于91.5 E、113 E、116 E和128.2 E中的两个位置, 这些位置已用于FSS (卫星固定业务) 和BSS (卫星广播业务)。

导航有效载荷包括用于从地球站上行链路的馈线链路信号的接收天线, 从6 GHz或14 GHz频段转换为1.5 GHz和1.2 GHz频段的下变频器, 用于用户链路信号的高功率放大器以及发射点波束天线以覆盖朝鲜半岛及附近地区。

3.2 地面部分

地面部分包括以下台站:

- 7个 (至少) KASS参考站 (KRS),
- 2个KASS处理站 (KPS),
- 2个KASS控制站 (KCS), 以及
- 3个KASS上行链路站 (KUS)。

地面部分、KRS、KPS、KCS和KUS将位于韩国。使用2 KPS, 服务区域内的SBAS服务不会因自然灾害和其他影响而中断。KUS是一种接收从空间部分传输的KASS数据并通过地面通信链路或卫星链路将其传输到KPS的设施。KRS接收GPS L1信号 (1 575.42 MHz) 和L5 (1 176.45 MHz) 信号, 用于监测GPS信号以及计算和校正信号传播时间中的电离层延迟。除了KUS功能外, KRS还具有收集KASS卫星位置测距所需的基本数据的功能, 以创建测距数据 (相当于GPS的定位数据)。

3.3 用户部分

空中、海洋和陆地上的用户部分（KASS接收机）使用GPS星座和KASS信号确定其地理位置。KASS接收机获取更准确的测距和校正数据。

4 KASS信号结构

用于KASS的RNSS信号与GPS L1和L5信号以及中心频率分别为1 575.42 MHz（24.0 MHz带宽）和1 176.45 MHz（24 MHz带宽）的调制载波兼容。传输的序列是以500符号/秒的速率和1 023位伪随机噪声码对导航消息进行模2加法。最后，使用BPSK方案以1.023 Mchip/s的码片速率对其进行调制。同相（I）和正交（Q）分量的调制方法根据载频的选择来调制信号。

5 信号功率和频谱

KASS的空间部分使用一个点波束天线，该天线向KASS用户辐射适当的功率电平。在L1和L5载波上传输的信号是右旋圆极化的。表31给出了从空间部分发送的KASS信号的特性。

表31
KASS信号的特性

载频 (MHz)	指配带宽 (MHz)	最大峰值功率 (dBW)	天线增益 (dBi, EOC)	最大e.i.r.p. (dBW, EOC)
1 575.42 (L1)	24.0	13.5	18.5	32.0
1 176.45 (L5)	24.0	14.0	18.5	32.5

附件12

差分校正与监测系统（SDCM）的技术描述和特性

1 引言

SDCM是GLONASS全球导航系统的一个天基增强系统，用于提高精度，并为海上、航空、地面和空间导航用户提供标准精度无线电信号的完整定位。

2 系统概述

SDCM包含三颗对地静止轨道卫星。表32提供了卫星的轨道位置和国际电联备案的相应卫星网络名称。

表32
卫星轨道位置及相应的卫星网络

卫星网络	GSO轨道位置
WSDRN-M	16 W
CSDRN-M	95 E
VSSRD-2M	167 E

表32中给出的卫星网络的所有频率指配均根据国际电联《无线电规则》记录在《国际频率登记总表》(MIFR)中。

3 系统配置

SDCM由两部分组成：空间部分和地面部分。

3.1 空间部分

空间部分包含三颗卫星，通过SBAS发射向SDCM用户传输数据。

3.2 地面部分

地面部分由SDCM控制中心、向用户发送SDCM数据的地面系统、网络和有效载荷控制基础设施以及用于测量收集的接收地球站组成，分布在世界各地。

4 SDCM信号

WSDRN-M、CSDRN-M和VSSRD-2M卫星网络以1 575.42 MHz载频、24 MHz带宽向SDCM用户提供SBAS消息格式CDMA信号的数据。

发送的序列是以500符号/秒的速率对导航消息和1 023位伪随机噪声码进行的模2加法。载波调制采用BPSK方案，码片速率为1.023 Mchip/s。SDCM符号消息具有500 bits/s的码片速率，并且与1 ms的C/A码周期同步。

表33给出了SDCM L1 C/A信号的峰值等效各向同性辐射功率值。

表33
卫星发送的SDCM L1信号功率值

卫星网络名称	GSO轨道位置	峰值等效各向同性辐射功率 (dBW) ⁽¹⁾
WSDRN-M	16 W	33.7
CSDRN-M	95 E	33.7
VSSRD-2M	167 E	33.7

⁽¹⁾ 峰值e.i.r.p值对应于从子卫星点向北移动7°的波束指向。

4.1 SDCM载频

1 575.42 MHz 频率是如上所述的SDCML1 C/A信号下行链路的工作频率。由于SDCML1 C/A信号使用与GPS相同的频率，因此SDCML1 C/A信号通过使用唯一的PRN码与L1范围内的其他GPS信号区分。这与GPS系统及其每一个卫星采用的PRN类似。与GPS系统的操作者协调PRN码，以确保与GPS以及其他类似GPS信号广播的兼容性。

4.2 SDCM信号基本参数

SDCM在L1频段向空对地方向发送SBAS消息格式CDMA。SDCML1 C/A信号的基本参数见表34。

表34

SDCML1 C/A信号基本参数

参数	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 575,42 ± 12
PRN码片速率 (Mchip/s)	1.023
导航数据比特率 (bit/s)	250
导航数据符号率 (符号/秒)	500
信号调制方式	BPSK-R(1) (见注1)
极化	RHCP
椭圆率 (dB)	2.0最大
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-158.5 (见注2)
RF发射机滤波器-3 dB带宽 (MHz)	24

注1: 对于GPS RNSS参数, BPSK-R(n)表示采用矩形码片, 码片速率为 $n \times 1.023$ (Mchip/s)的二进制相移键控调制方式。

注2: 当卫星位于地平线以上5度仰角时, 在最差标称方位时, 在0 dBi右旋圆极化参考用户接收天线 (位于地球表面附近) 的输出端测量从SDCM的最小接收功率。

附件13

SES SBAS网络的技术描述和特性

1 引言

SES目前支持两种不同的SBAS系统，即广域增强系统（WAAS）和欧洲地球静止卫星导航重叠服务（EGNOS），这两种系统都提供GPS信号完整性数据（详细说明接收的GPS信号的健康状态），允许在安全关键应用中使用。

位于129° W的SES-15卫星上的WAAS有效载荷将通过提供覆盖美国国家空管系统（NAS）的广播支持美国联邦航空管理局（FAA）的RNSS服务。联邦航空管理局提供这项服务是因为它提高了启用GPS的飞机精确着陆的能力，并提供了额外的飞行安全。

SES-5和ASTRA-5B卫星上的EGNOS有效载荷分别在5° E和31.5° E，与WAAS类似，但目前广播信号目前为欧洲民航会议（ECAC）成员国³提供服务覆盖。

需要说明的是，上述卫星轨道位置于2017年9月生效，卫星可能会根据系统总体要求时不时地移动。

2 系统概述

SES-15上的WAAS有效载荷和SES-5和ASTRA-5B上的EGNOS有效载荷在可见地球上的RNSS频段1 164-1 215 MHz和1 559-1 610 MHz中与美国GPS信号、L1（在1 559-1 610 MHz频段）和L5（在1 164-1 215 MHz频段）相同的频率范围内操作服务链路，美国和欧洲的馈线上行链路频段内的情况如下表35所示。

WAAS和EGNOS有效载荷将向WAAS和启用EGNOS的GPS接收机发送数据。然后，这些信息将用于纠正测量的GPS位置的误差，将GPS定位精度从10米提高到1米左右。WAAS信号的主要馈线上行链路站将是位于加利福尼亚州索米斯的SES南山地球站，其‘热’备份位于华盛顿州布鲁斯特。对于EGNOS，SES-5和ASTRA-5B的馈线上行链路站都位于卢森堡的贝兹多夫和比利时的雷杜。

地面电台对WAAS和EGNOS消息应用前向纠错，并将它们与GPS广播子帧历元进行时间校准，然后将这些信息上传至导航有效载荷，导航有效载荷接收并将这些信息重新广播给覆盖的国家空管系统中的地面和航空用户。

WAAS有效载荷也将使用3 700.2 MHz的跟踪信标。

³ 实际的波束覆盖范围更大，因为它覆盖了可见的陆地。

表35

L1和L5信号的WAAS和EGNOS馈线链路频段

卫星	L1馈线链路 (MHz)	L5馈线链路 (MHz)
SES-15 (WAAS)	6 628.27-6 650.27	6 679.42-6 701.42
SES-5 (EGNOS)	5 840.42-5 860.42	5 778.795-5 829.795
ASTRA-5B (EGNOS)	5 823.420-5 847.420	5 725.197-5 778.393

3 系统配置

3.1 空间部分

导航有效载荷是一个简单的回路或‘弯管’式转发器，它在FSS上行链路频段中的一对固定频率信道上接收上行链路WAAS或EGNOS消息，这些信道被过滤并转换为1 559-1 610 MHz频段（对于L1信号）和1 164-1 215 MHz频段（对于L5信号）。放大器和专用发射天线将RNSS信号发射到地球，在所需的空域上提供覆盖。

3.2 地面部分

接收RNSS信号并计算适当校正数据的相关SBAS地面基础设施由相关SBAS运营商在并入上行链路信号之前提供。

4 WAAS和EGNOS有效载荷信号结构

WAAS和EGNOS增强消息是与GPS L1和L5信号同频广播的。航空界决定SBAS消息的信号结构。SBAS消息的基本格式和结构与GPS卫星的这些频率上发射的GPS导航信号相同。因为它们计划像GPS消息一样为适当装备的用户接收机所接收，因此采用了GPS格式和结构。

常见的信号结构包括带有合并WAAS消息的GPS‘C/A码’和类似GPS的民用代码。该系统的设计使得GPS C/A和P(Y)代码信号中的一个或两个可以合并在上行链路上，因此可以在L1和L5下行链路上传输。

表36列出了从SES空间电台上的WAAS和EGNOS有效载荷发射的L1和L5信号电平。

表36

SES卫星上来自WAAS和EGNOS有效载荷的L1和L5信号强度

峰值等效各向同性辐射功率 (dBW) ⁽¹⁾	L1	L5
SES-15 (WAAS)	35.5	34.7
SES-5 (EGNOS)	35.7	36.6
ASTRA-5B (EGNOS)	35.7	36.6

⁽¹⁾ 峰值功率在发射覆盖的天底点。

5 SES SBAS有效载荷工作频率

SES WAAS和EGNOS有效载荷对应的上行和下行中心频率之间的关系如表37所示。

表37

L1和L5的WAAS和EGNOS中心频率

卫星	L1上行 (MHz)	L1下行 (MHz)	L5上行 (MHz)	L5下行 (MHz)
SES-15 (WAAS)	6 639.27	1 575.42	6 690.42	1 176.45
SES-5 (EGNOS)	5 850.42	1 575.42	5 804.295	1 191.795
ASTRA-5B (EGNOS)	5 835.42	1 575.42	5 751.795	1 191.795

由于它们使用与GPS相同的频率，因此通过使用独特的PRN码，SES WAAS和EGNOS有效载荷信号与常规GPS L1和L5信号有所区别。这与GPS系统及其每一个卫星采用的PRN类似。需与GPS系统的操作员协调PRN码，以确保与GPS以及其他类似GPS信号广播的兼容性。

6 命令和遥测频谱

位于129°W的SES-15 WAAS有效载荷和位于5°E及31.5°E的SES-5和ASTRA-5B EGNOS有效载荷均为SES卫星上的导航有效载荷，其命令和遥测功能与航天器的TT&C系统集成。

然而，SES-15 WAAS有效载荷在3 700.2 MHz的垂直极化跟踪信标上工作。

7 发射参数

位于129°W处的SES-15 WAAS有效载荷和位于5°E及31.5 E处的SES-5及ASTRA-5B EGNOS有效载荷分别在两个频段发射空对地RNSS导航信号，如下表38和39所示，这两个频段代表两个RNSS频段，其中SES承载的有效载荷发射导航信号。

7.1 L1信号发射参数

L1信号发射的关键参数见表38。

表38

在1 559-1 610 MHz频段内发射L1信号

参数	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 575.42 ± 11
PRN码片速率 (Mchip/s)	1.023
导航数据比特率 (bit/s)	250
导航数据符号率 (符号/秒)	500
信号调制方式	BPSK-R(1) (见注1)
极化	RHCP
椭圆率 (dB)	最大2.0
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-158.5 (见注2)
RF发射机滤波器3 dB带宽 (MHz)	24.0

注1: 对于RNSS参数, BPSK-R(n)表示采用矩形码片, 码片速率为 $n \times 1.023$ (Mchip/s)的二进制相移键控调制方式。

注2: 当卫星在地平线以上5度或更大仰角的最差标称方位, 在3 dBi线性极化参考用户接收天线 (位于近地面位置) 的输出端测量最小接收功率。

7.2 L5信号发射参数

L5信号发射的关键参数见表39。

表39

在1 164-1 215 MHz频段内发射L5信号

参数	参数值
信号频率范围 (MHz)	1 176.45 ± 11
PRN码片速率 (Mchip/s)	10.23
导航数据比特率 (bit/s)	250
导航数据符号率 (符号/秒)	500
信号调制方式	BPSK-R(10) (见注1)
极化	RHCP
椭圆率 (dB)	最大2.0
参考天线输出端的最小接收功率电平 (dBW)	-157.9 (见注2)
RF发射机滤波器3 dB带宽 (MHz)	24.0

注1: 对于RNSS参数, BPSK-R(n)表示采用矩形码片, 码片速率为 $n \times 1.023$ (Mchip/s)的二进制相移键控调制方式。

注2: 当卫星在地平线以上5度或更大仰角的最差标称方位时, 在3 dB线性极化参考用户接收天线 (位于近地面位置) 的输出端测量最小接收功率。

附件14

Eutelsat SBAS网络的技术描述和特性

1 引言

Eutelsat将运营下一代欧洲地球静止卫星导航重叠服务 (EGNOS)。有效载荷装载于未来的EUTELSAT 5 West B (E5WB) 卫星上, 预计于2018年年底发射。E5WB将提供空间容量, 以确保RNSS系统定位信息的更高精度和可靠性。

2 系统配置

Eutelsat网络由一颗在5° W的对地静止轨道卫星和两个地面电台组成。

2.1 空间部分

E5WB将使用两个24 MHz带宽的转发器来处理由地面段产生的上行链路RNSS信号。Eutelsat E5WB卫星在5 850-6 700 MHz频率范围内的固定频率信道上接收上行链路的SBAS信号。这些信号被过滤并转换为两个频率范围：L1信号（以1 575.42 MHz为中心）和L5信号（以1 176.45 MHz为中心）。RNSS信号通过全球波束天线传输到地球，覆盖可见的地球表面。天线具有20 dBi的最大各向同性增益和大约0.2度的指向精度。

2.2 地面部分

接收RNSS信号并计算适当校正数据的相关SBAS地面基础设施由相关SBAS运营商在并入上行链路信号之前提供。表40描述了5 850-6 700 MHz频率范围内用于馈线链路的9米天线的参数。

表40

地面电台天线参数

天线直径 (米)	波束宽度 (度)	最大各向同性增益 (dBi)	天线辐射 方向图
9	0.39	53	29-25 对数

2.3 用户部分

用户部分由多个终端组成，这些终端能够接收和计算来自GPS、伽利略和其他RNSS星座的数据，并结合EGNOS数据，以实现更精确的测距和校正。

3 发射特性

L1和L5信号发射的导航信号的发射特性如表41所示。

表41

发射特性

载频	指配带宽 (MHz)	极化	最大峰值功率 (dBW)	天线增益 (dBi)
1 575.42 MHz (L1信号)	24	RHCP	17	20
1 176.45 MHz (L5信号)	24	RHCP	17	20

SBAS消息的基本格式和结构与在这些频率上由GPS卫星发射的GPS导航信号相同。它们由带有合并的SBAS消息的C/A代码和P(Y)代码信号组成，它们都可以合并在上行链路中，因此可以分别在1 559至1 610 MHz和1 164至1 215 MHz频段中作为L1和L5下行链路信号进行传输。