

卫星通信系列讲座之八

全球星系统概况

南京通信工程学院卫星通信重点实验室

张更新 李 昱 于 永

【摘 要】

本文在论述全球星系统发展简史的基础上, 详细介绍了全球星系统的组成、各部分功能及主要技术参数, 研究了系统的通信体制, 最后给出了系统的发展现状。

【关键词】

全球星系统 系统特点 主要技术参数 发展概况

一、概述

全球星 (Globalstar) 系统是由美国 LQSS (Loral Qualcomm Satellite Service) 公司于 1991 年 6 月向美国联邦通信委员会 (FCC) 提出的一个由 48 颗卫星组成的低轨道 (LEO) 卫星移动通信系统。LQSS 公司是由美国劳拉公司 (Loral Inc.) 和高通公司 (Qualcomm) 共同组建的一个股份公司。

全球星系统于 1998 年 2 月 14 日以一箭四星方式进行第一次发射, 到 1999 年 11 月 22 日完成了由 48 颗卫星组成的星座。截止 2000 年 2 月 8 日, 全球星系统共进行了 14 次发射, 总共发射了 64 颗卫星, 其中成功发射 52 颗卫星, 第三次发射失败损失了 12 颗卫星。到 2006 年 8 月, 有 4 颗卫星失控, 4 颗卫星失效。目前有 40 颗卫星在轨工作 (星座已调整为每个轨道面 5 颗卫星), 4 颗卫星在轨备份, 还准备再发射 8 颗卫星。

全球星系统于 1999 年 10 月开始商业试用, 2000 年 1 月 6 日正式在美国开始提供卫星电话业务。表 1 和表 2 分别给出了全球星系统的发展简史和主要财务数据。

表 1 全球星系统的发展简史

1991 年 6 月	向 FCC 申请建设许可和频率分配
1995 年 1 月	取得 FCC 许可
1998 年 2 月	第一颗卫星发射 (由 Delta II 发射 4 颗卫星)
1998 年 9 月	在 Zenith 发射失败中损失了 12 颗卫星
1999 年 10 月	用 32 颗卫星和 9 个信关站开始预运营
1999 年底	向各渠道商分发 4 万部手机
2000 年 3 月	用完整星座和 38 个信关站开始商业服务
2002 年 2 月	债务达到 33.4 亿美元, 全球星申请破产保护

在 1999 年, 全球星预期到 2000 年底有 50 万用户, 最终用户数为 750 万。

但是, 实际发展的用户数

远比预期值低。到 2006 年 2 月, 全球星系统在全球 120 多个国家的总用户数也只有 21 万个, 其中 2 万多个为数据单收用户。因此, LQSS 公司也在 2001 年 1 月提出预破产重组, 2002 年 2 月 15 日正式申请破产重组, 2003 年 11 月初, 美国 Thermo Capital 公司宣布用 5500 万美元购买了投资 38 亿美元的全球星公司的 81.5% 的股份, 2004 年 4 月 14 日完成资产重组, 至今仍在提供业务。

表 2 全球星系统的主要财务数据

系统总成本	33 亿美元
融资额	38 亿美元 (全部支付额)
手持终端价格	1000 美元
资费标准	1~3 美元/分钟

二、系统组成、功能及主要技术参数

全球星系统由三部分组成: 空间段、地面段、用

户段 (如图1所示)。

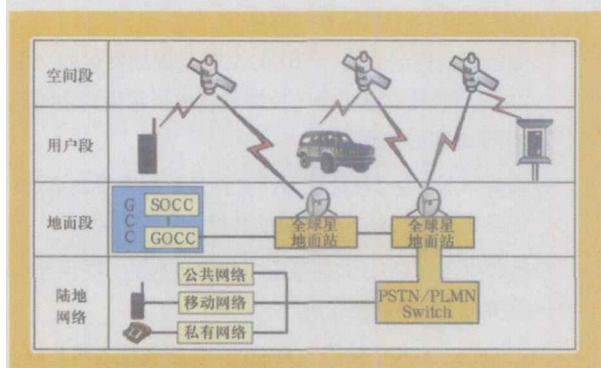


图1 全球星系统的组成

全球星系统空间段由分布在8个轨道面上的48颗工作卫星组成。卫星采用透明转发方式,没有星际链路,也没有星上处理和交换功能,主要实现卫星用户链路(L/S波段)和馈电链路(C波段)信号之间的分合路、变频和放大等功能。用户链路使用多波束天线。

地面段包括全球星控制中心(SCC)和信关站。全球星控制中心包括地面操作控制中心(GOCC)、卫星操作控制中心(SOCC)和射频控制设施(TCF)。GOCC和SOCC采用一主一备方式,负责管理全球星系统。其中,GOCC负责管理全球星系统的地面单元,执行网络计划,分配信道使用资源,管理用户计费账单;SOCC负责管理和控制卫星发射的工作、监视卫星在轨道上的工作情况,控制卫星的轨道操作等。

信关站是指设置在全球各地的地面站,每个信关站可同时与3颗卫星通信,同时负责把卫星网和地面公网(PSTN/PLMN)连接起来,每一个用户终端可通过一颗或几颗卫星和信关站实现与全球任何地区的通信。信关站包括射频分系统、CDMA分系统、管理分系统和交换分系统等。

用户段是指使用全球星系统业务的各类用户终端设备。它提供语音、数据、短信息、传真和定位等业务。用户终端有单模手机、双模手机、三模手机、车载终端和固定终端等。

1. 全球星系统的空间段

按照设计,全球星系统空间段由48颗工作卫星和8颗在轨备份卫星组成。这些卫星分布在8个倾角为52°的圆形轨道平面上,每个轨道平面有6颗工作卫星及1颗备份卫星。轨道高度约为1414公里,轨道周期113分钟,卫星在轨道上的速度为7.15 km/s (16000 mph)。卫星采用三轴稳定方式,设计寿命7.5年,星体重量约450公斤,卫星输出功率1100W, RF功率380W。系统不是全球覆盖,其波

束只能连续覆盖南北纬70°以内的区域,在赤道和纬度高于60°的区域多星覆盖率较低,中纬度区至少有2颗卫星可视,以提供路径分集。卫星采用透明转发器,每颗卫星的馈电链路采用全球波束,工作于C波段,采用FDMA方式;用户链路有16个点波束,前向和反向链路的点波束图案是不一样的,工作于L/S波段,采用DS-CDMA/QPSK/卷积编码体制,每颗卫星提供2500条2.4kb/s的信道,用户链路的衰落余量为6dB。一颗卫星的过顶时间约为10~15分钟,每颗卫星的波束覆盖区直径约为5800km。

卫星主要有三个功能:通信、保持标称位置和姿态、确定轨道位置和速度(用GPS)并通过遥测信道通知地面。



图2 全球星系统的空中接口的主要技术参数

全球星系统卫星有效载荷及空中接口的主要技术参数如图2所示。其中:

S波段发射天线采用有源相控阵天线,有91个辐射元,最大SSPA功率4.2W,形成16个点波束,采用“1+6+9”的三圈排列方式(见图2),从卫星上观察,以到星下点的连线为基线,到中心波束边缘的波束张角为16°,到6个中间波束外沿的张角为37°,到9个外层波束外沿的张角为54°,总的波束宽度为108°,天线采用等通量方向图。

L波段接收天线也采用有源相控阵天线,有61个辐射元,形成16个点波束,采用“1+15”的两圈排列方式(见图2),到中心波束边缘的张角为22.5°,到15个外层波束外沿的张角为54°;波束的这种安排使得在地球上有很好的覆盖,以降低L波段用户终端的发射机功率要求。

全球星多波束天线中的发射天线采用射频小信号移相方式(模拟方式)形成多波束,发射信号由16个发射波束输入端馈入。分别经小信号放大器放大后进入各自的射频波束形成网络。波束形成网络由1分为91的分路器和移相器组成。16×91路信号经相位加权后,再通过波束混合器合为91路,通过固态功率放大器和滤波器后送到91个发射天线子阵向空间发射。由于波束混合器的16组输入在原理上是相互隔离的,且16组移相网络相互独立,故能形成16个独立指向的波束。为了避免放大器引起相位误差,放大

器的输入信号必须是幅度相等的, 因此, 波束形成网络只通过改变相位来形成多波束。图3给出了发射天线多波束网络的原理框图。

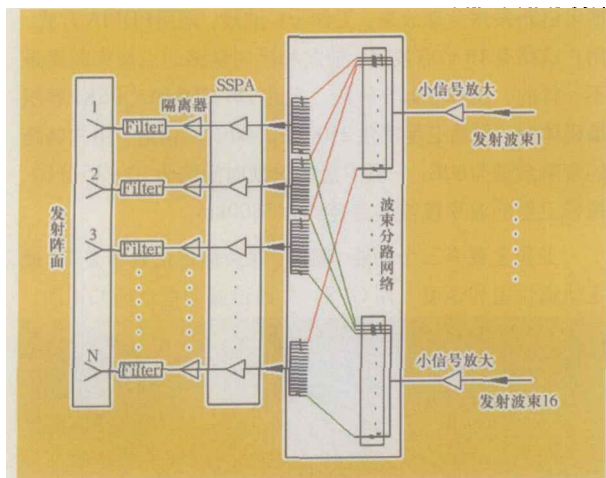


图3 发射天线多波束网络原理框图

全球星接收多波束天线形成16个波束的原理是类似的, 只是其接收天线可以在幅度和相位两维上进行控制, 从而达到更好的等通量效果。

2. 全球星系统的地面段

全球星系统的地面段包括SOCC, GOCC和信关站。

(1) 信关站。信关站包括最多5副相同的抛物面天线, 口径至少为5.5米, 天线可安装在天线罩内。信关站利用SOCC提供的卫星星历信息按程序跟踪卫星。信关站支持话音通信、寻呼、数据传输, 也支持位置定位业务。

(2) GOCC。GOCC负责计划和管理系统的通信资源。GOCC计划和控制信关站对卫星的使用, 并与SOCC协调这种使用。GOCC为信关站规划通信计划, 控制分配给每个信关站的卫星资源, 信关站是在这些分配的资源内处理实时的业务。

GOCC执行功能如下:

- ◎根据计划的业务量要求和限制(如可用频率、信关站容量、服务区域等)产生长期计划。
 - ◎监视使用情况, 根据测得的系统性能和SOCC施加的限制来优化计划。
 - ◎向SOCC报告卫星使用情况。
- GOCC向信关站提供5种不同类型的操作数据文件:
- ◎资源分配指示(RAI)是向每个信关站连续发送的, 提供有关卫星功率分配的数据。这些指示是对于规定的时间间隔为每颗卫星和每条信道(波束/子波束)定义。

◎卫星轨道数据(SOD)文件是周期发送的, 提供有关卫星星座未来位置的数据。

◎偏航指向控制数据(YSD)文件是周期发送的, 提供用于卫星的偏航指向控制和轨道正常模式之间的切换的定时数据。

◎信关站服务区(信关站SA)文件是根据需要发送的, 提供定义信关站SA区域的数据。

◎地貌地图(TM)文件是根据需要发送的, 提供整个信关站SA的高度轮廓。

(3) SOCC。SOCC采用冗余设计, 负责管理卫星星座。它跟踪卫星, 控制轨道, 为卫星星座提供遥控和遥测(T&C)业务。每颗卫星连续发送卫星遥测数据, 向卫星星座提供遥控和遥测服务。与卫星之间的T&C通信是通过一些设置有TCU的有关信关站来实现。TCU共享信关站的RF设备, 以便通过馈电链路传输T&C信息。SOCC也负责卫星发射和展开活动。

SOCC与GOCC之间有三种主要的接口:

- ◎轨道位置信息: SOCC向GOCC提供信息以便每个信关站能够准确地跟踪每颗卫星。此数据包括足够允许信关站软件产生其自己的连接列表的数据表。
- ◎使用情况统计信息: GOCC向SOCC提供有关每颗卫星的实际通信质量和使用情况(信关站的评估)的统计信息, 此信息与卫星遥测信息相关以区别预期的和反常的现象。
- ◎卫星状态: SOCC向GOCC报告卫星/转发器的可用情况。此数据包括与任何卫星有关的限制信息, 这些卫星可能会限制或排除用于通信目的。

3. 全球星系统的用户段

全球星系统的用户终端主要有四类: 固定站、移动站、个人站和无线电定位终端(RDSS)。

固定站主要用于地面网很难覆盖到的区域, 它包括天线、无线电单元和可选的数字电话三部分。数字电话具有显示正进行的呼叫处理、语音邮件的图标和存储经常使用的电话号码等功能。

移动站是指安装在各类移动载体(如车辆、船舶和飞机等)上的终端。为了方便使用和安全, 其终端被架设在支架上, 并由支架供电以延长电池的寿命。移动站采用全向天线。

个人站指全球星系统的手持机, 其天线的辐射元放置在高于用户头部的位置, 天线垂直放置以有效利用手持天线的对称辐射方向图, 靠近头部的区域不辐射。手持机有

三种工作模式,即单模、双模(+GSM)和三模(+CDMA+AMPS)。双模手机向 GSM 蜂窝电话用户提供全球漫游业务,当用户离开地面蜂窝移动通信网的覆盖区域后,可以由全球星系统向用户提供与 GSM 类似的服务;当处在 GSM 网覆盖区域内时,用户可以切换到另一个 GSM 网,也可以切换到全球星系统。三模手机向 IS-95/AMPS 蜂窝电话用户提供全球漫游业务,当用户离开地面蜂窝移动通信网的覆盖区域后,可以由全球星系统向用户提供与蜂窝系统类似的服务;当处在 IS-95 或 AMPS 网的覆盖区域内时,用户可以继续使用地面移动通信网。

需说明的是,全球星系统与地面蜂窝系统之间没有切换,当跨过两者之间边界时,通信中断。若要通信,需要重新建链,并有指示器告知运营商发生了切换。

图 4 给出了由 Qualcomm 公司生产的 Globalstar/IS-95/AMPS 三模手机、由爱立信公司和 TELITAL 公司分别生产的 Globalstar/GSM 双模手机。



图 4 三种 Globalstar 系统手持机

全球星系统提供了专用的 RDSS 终端用于向用户无线电定位业务,在 80% 的时间内其定位精度优于 300m。另外,全球星系统在其前三类用户终端中都提供定位、全球寻呼、传信等可选业务。

三、全球星系统的通信体制

全球星系统是一个星形结构的通信系统,所有通信都需通过信关站的交换。在全球星系统中,通信只在用户链路和馈电链路上进行。

用户链路用于移动用户与卫星之间的通信,采用 L&S 波段,上行 L 波段的频率为 1616~1626.5MHz,下行 S 波段的频率为 2483.5~2500MHz。调制方式为 QPSK,采用卷积编码、维特比译码。多址方式为 CDMA/FDMA/SDMA,即系统利用 48 颗卫星和每颗卫星上的 16 个点波束,按照相邻波束使用同一组频率的方式对可用频带进

行空分频率复用,在每个波束内把 16.5MHz 的总可用频带划分为 13 条带宽为 1.23MHz 的 CDMA 信道。每个 CDMA 载波的码片速率为 1.2288Mchip/s,信息速率最高可为 9.6kb/s,每颗卫星可提供 2000~3000 条信道。用户链路的衰落余量为 6dB。

馈电链路采用 C 波段,用于信关站和卫星之间的通信,工作频率为 5091~5250MHz (上行) 和 6875~7055MHz (下行)。调制方式为 QPSK,多址方式为 FDMA/FDM。馈电链路占用约 160MHz 的连续带宽,被分为 8 个子带,通过交叉极化复用(左旋和右旋圆极化方式)后,上行链路和下行链路各得到 16 个带宽为 16.5MHz 的子带,每个子带对应一个用户链路的上行或下行点波束,每个子带内采用 FDM 方式复用在一个波束内的所有 CDMA 信道(最多 13 条)。

全球星系统只有波束间和星际切换,没有信关站之间和与地面蜂窝系统之间的切换。所有的切换都是由信关站来决定的,切换对于用户终端是透明的,切换可以发生在用户终端空闲或忙的状态,前向和反向链路的切换是相互独立的。

全球星系统空中接口是修订的 IS-95。在总共 128 条可用前向码分信道中,包括一条导频信道、一条同步信道、最多 7 条寻呼信道和 119 条速率集 1 中的前向业务信道。信关站通过将每条前向信道放置于不同的频率,来实现多条前向信道。

反向信道包括接入信道和业务信道。每条业务信道用一个唯一的用户长码序列来识别,每条接入信道用其正交扩频码和在长码掩码中的信关站标识码来识别。信关站可以使用不同频率上的多条反向 CDMA 信道。在反向 CDMA 信道中传送的数据被打包成 20ms 的帧。所有数据在传送前都要经过卷积编码、分组交织、64 相正交调制和直接序列扩频。

四、结束语

全球星系统是一个没有星上处理、交换及星际链路的准全球覆盖的卫星移动通信系统,卫星采用透明转发器和多波束天线,能够向用户提供语音、数据、传真和定位等业务,用户终端有单模手机、双模手机、三模手机、车载终端和固定终端等。全球星系统从 2000 年 5 月 25 日开始在中国地区提供服务,已广泛应用石油、天然气、水利、科考、运输、海上作业、公安边防、军队、地质勘探、考古、旅游等行业和部门。自 2004 年 4 月 14 日完成资产重组后,到 2006 年 2 月,全球星在全球 120 多个国家有超过 21 万个语音和数据用户,其中 2 万多个为数据单收用户。目前,全球星系统仍在发展。■

参考文献见 www.dcw.org.cn