

高通量卫星通信系统设计因素分析

冯雪松

(国家广播电视总局五四二台, 北京 102445)

摘要: 本文基于高通量卫星通信发展现状展开分析, 讨论了高通量卫星通信系统主要构成, 包括灵活载荷卫星、网络控制中心、信关站、用户终端等, 并且从市场发展层面、发展政策层面、轨位资源层面、雨衰层面、系统覆盖层面、系统设计层面、系统运行层面、容量分配层面讨论了高通量卫星通信系统设计要点, 其目的在于积累相应的应用经验, 确保系统运行状态的稳定性。

关键词: 高通量卫星通信系统 轨位资源 容量分配

中图分类号: TN927.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-9082 (2023) 02-0010-03

高通量卫星通过对多点波束频率复用等方式的有效利用, 促使卫星相应的传输容量实现显著的提高, 并使单位带宽相应成本大幅降低。在高通量卫星出现以及发展过程中, 给人们的生活与生产带来了极大的改变, 被普遍应用到了基站回传、宽带接入以及数据中继等多个方面。要实现高通量卫星发挥其最大功效, 就要对与之相关的因素进行分析, 在设计当中实现各个因素的全面考虑与衡量。

一、高通量卫星通信发展现状

从目前的发展情况来看, 全球已有约40家卫星运营商, 高通量卫星数量超过80颗。目前高通量卫星分为以下几种类型: ①部分高通量卫星使用了Ka频段多点波束频率复用, 如欧洲通信卫星公司的Ka-sat; ②部分高通量卫星使用了C/Ku频段多点波束频率复用, 如ABS-2A; ③部分高通量卫星系统在设计中使用到了全球布局, 如Inmarsat-5; ④部分高通量卫星系统在设计中使用到了区域布局, 如Ipostar; ⑤部分高通量卫星点波束较大, 覆盖范围较广, 如03B卫星的一个点波束的直径在700km左右; ⑥部分高通量卫星点波束较小, 如Viasat-1卫星的一个点波束的直径在350km左右; ⑦部分高通量卫星会设计成专用类卫星, 如Ka-sat。由此可见, 高通量卫星通信系统设计一直处于不断更新的状态。

二、高通量卫星通信系统主要构成

1. 灵活载荷卫星

在高通量卫星通信系统中, 灵活载荷卫星属于重要组成, 有效载荷主要是由透明转发器、跳波束控制器构成, 基于多波束天线来完成用户间的顺利通信; 透明转发器在应用中的主要作用, 是对信号进行变频、放大与转发处理; 跳波束控制器负责对控制指令进行动态调整, 以此来实现卫星波束的同步跳变, 提高系统运行稳定性。基于星载天线的差异性, 波束跳变的实现方案也存在较大差异,

借助单口径阵列馈电反射面天线系统, 通过开关矩阵能够顺利实现波束的切换, 搭配着相控阵天线系统可以借助多端口放大器、联合波束网络完成信息切换, 从而提高系统功能分配的灵活性, 满足不同情况下的应用要求。

2. 网络控制中心

网络控制中心作为整个系统的核心内容, 负责综合管理整个网络系统的运行状态, 以此来维持系统运行状态的稳定性。具体应用中负责以下工作内容: ①控制指令生成, 根据得到的反馈数据, 可以生成对应的控制指令, 借助反馈数据下调到对应区域, 以满足相应的运行要求; ②用户接入控制, 对于加入的用户都会在设计前进行统一考核, 根据考核结果确定其是否满足安全性要求, 满足要求后再允许其进入到主系统当中; ③资源分配管理, 对于已有资源进行整理, 了解不同类型资源的存量, 拟定合理措施来处理相关问题, 以提高系统整体运行结果的合理性; ④用户信息管理, 对于进入到系统中的用户, 会对这些应用信息进行综合化整理, 也为后续相关工作的展开奠定基础; ⑤系统业务统计, 以日、月、季度、年为单位来统计系统服务任务, 了解每月、季度、年的任务完成情况; ⑥系统网络管理, 对于系统运行安全性进行综合化管理, 降低不确定因素带来的干扰性。

3. 信关站

信关站的主要作用是建立系统和地面网络之间的接口, 依托不同标准的专用接口设备, 可以对外提供可靠的服务网络, 如PSTN、ISDN、互联网等, 从而为地面网络运营商提供良好的接入平台, 满足信息运行要求。为了提高带宽资源的利用效率, 确保信息的大容量传输, 所建立的信关站会支持Q/V频段运行要求。但是Q/V频段所产生的雨衰量较大, 为了确保所有业务的无损落地, 可以利用智能信

关站来完成系统互联，以此来提高业务数据应用过程的灵活性。不同信关站之间的位置相对较远，其信道条件相对独立，可相互作为备份，以此来确保业务传输过程的稳定性。另外，在系统同步处理中，会基于NCC来拟定时间计划表，以此来提高业务传输结果的合理性与安全性。

4. 用户终端

用户终端是进行人机信息交互的重要载体，在运行中既包含了可以单独运行的小型终端设施，同时也设置了和外部互联网、PSTN顺利关联在一起的大型设备站，能够同时支持Ku/Ka等频段，确保整个系统运行状态的稳定性。在具体的应用设计中，会使用带4k/8k分辨率显示屏，搭配着各类传输系统，顺利实现信息的快速交互，提高信息传输结果的合理性与可靠性。

三、高通量卫星通信系统设计因素整理

1. 市场发展层面

从市场发展层面展开分析，所设计因素带来的影响性如下。第一，市场的需求情况，根据供求理论可以得知，在市场供大于求的情况下，产品价值会沿着下降的趋势发展，反之产品价格会上涨。在对高通量卫星进行设计时，也需要遵循此规律，根据市场对于此内容的需求情况，拟定可靠设计措施，以此来提高设计内容的合理性与可靠性，更好地满足市场发展提出要求。第二，在通信行业的发展活动中，全球化、宽带、空地一体以及移动是未来重要的发展趋势，基于此来对高通量卫星通信系统展开综合化设计时，也需要综合考虑这些因素带来的不确定影响，从而实现数据信息的快速传递，更好的填充市场运行时的空缺问题。例如，Inmarsat作为目前全球最大的MSS运营商，其在船舶安全管理、通信服务管理等方面占据较强的垄断地位，近年来在传播与航空领域宽带化通信发展需求逐步提高，而Inmarsat所生产的第四代系统最大共享带宽只有500Kps，无法满足市场发展要求。为了适应市场发展要求，Inmarsat推出了第五代卫星通信系统，利用四颗同步Ka卫星，顺利完成各频段业务拓展，满足了市场运营要求，巩固了该运营商的市场地位。

2. 发展政策层面

从发展政策层面展开分析，所设计因素带来的影响性如下。第一，各地政策的颁布情况，根据高通量卫星应用情况可以得知，其不仅在民用范围内进行应用，而且也在军事方面得到了良好应用，因此，在对高通量卫星进行设计时，也需要遵循此规律，做好发展政策相关内容的综合整理，以此来制定合理的设计措施，提高设计内容的合理

性，从而更好地满足市场发展提出要求。第二，在通信行业的发展活动中，也需要综合市场发展需求和政策发展趋势等内容，对高通量卫星通信系统进行细致化设计，确定不同区域的使用要求和约束条件，避免出现系统逾越“红线”的情况，提高系统运行环境的稳定性。例如，中国卫通作为国内运营商，其在本土领域和临近海域中均有着良好应用。但是在本土范围内存在许多军工厂、军事禁区等，这也需要在系统应用时只侧重于民用领域，涉及军事领域的部分也会按要求归属军方进行应用，以满足市场发展要求。

3. 轨位资源层面

从轨位资源层面展开分析，所设计因素带来的影响性如下：（1）空间轨位占有率方面，根据目前高通量卫星应用情况可以得知，轨道的位置总量有限，根据以往数据可以得知，同平面轨道上卫星角度的容错率最大值不能低于 3° ，即同平面上的卫星数量最大数量不能超过120颗。因此，在对高通量卫星进行设计时，也需要遵循此规律，做好轨位资源的合理化分配，根据整理结果来制定合理的设计措施，提高资源分配结果的合理性，满足相应的资源应用要求。（2）从通信行业的发展情况来看，也需要做好带宽参数的合理分析，根据得到的综合分析结果来高通量卫星通信系统相关内容展开细化梳理，提高系统设计结果的可靠性。例如，目前Ku与C轨位相关资源已经被传统通信卫星所占据，基本上已经处于较为饱和的状态，而Ka轨位相对宽松，其吞吐量相对较大，复用率也相对较高，从而满足系统的稳定运行要求，提升系统工作状态的稳定性。

4. 雨衰层面

从雨衰层面展开分析，所设计因素带来的影响性如下：（1）分析高降雨衰减情况，根据目前高通量卫星应用情况可以得知，在频率越高的情况下，降雨衰减速度也会较高。根据以往数据可以得知，C频段的可用度相对较高，即使在降雨量较大的区域，其上下链路的备余量能够达到99.99%可用度。而Ku频段的雨衰问题会超过C频段一个量级，在降雨量较小的区域，其上下链路的备余量能够达到99.99%可用度。而Ka频率大于C/Ku频段，若想满足99.99%可用度要求，需要预留出足够存量，但即使这样依旧无法达到99.99%可用度。因此，需要结合实际情况做好频段选择，以提高分析结果的合理性与可靠性，同时也会借助ACM技术来增设天线口径来完成补偿，以达到预设的管理要求。（2）在业务开展活动中，也需要做好通过调整通信的方式来调整高通量卫星通信业务，如机载通信、数字影院、节目

交换等,以此来完成系统优化处理,提高系统设计结果的合理性。例如,在机载通信的应用中,飞机除了起飞与降落,大部分时间都是在对流层上方飞行,所设计的机载通信可以最大限度规避恶劣天气影响,维持了稳定的系统工作状态。

5. 系统覆盖层面

根据目前高通量卫星应用情况可以得知,明确运营商的目标市场与定位,有利于整个系统的稳定运行,并且在相同负荷能力的共同作用下,每个点的波束相对较大,其对应的卫星覆盖范围也在增大,反之其覆盖范围也会缩小。基于此,在实际应用中需要结合实际情况做好相关选择,从而得到准确和合理地分析结果,以达到预设的应用要求。例如,将03B在应用中的点波束相对较少,每一颗卫星的移动点波束数量为12个,其中10个为用户波束、2个为关口站波束。每一个波束的单向速率为600Mbps,了解离散点覆盖情况等,过程中也需要做好高速中继与基站回传业务优化,提高整个系统运行状态的稳定性与可靠性^[1]。

6. 系统设计层面

从系统设计层面展开分析,所设计因素带来的影响性如下。第一,根据目前高通量卫星应用情况可以得知,在系统设计活动中需要做好吞吐量内容的分析工作,综合分析各项参数信息,客观分析吞吐量相关内容,并以此来完成相关内容整理,达到预设的管理要求。例如,在Hughes作为一颗柔性较高的卫星,可以借助相控阵天线来完成波束、指向、功率等内容整理,以此来提高载荷内容的灵活性,满足系统的吞吐量发展要求。第二,在对高通量卫星系统展开优化设计时,也需要充分借助波束交链、可移动点波束等技术来展开优化设计,从而提升卫星工作状态的灵活性,下降市场运行阶段的风险性^[2]。例如,Spaceway-3卫星在应用中的吞吐量较高,在完成处理后其容量也会快速用尽,无法满足柔性设计要求。因此会在其他技术辅助下顺利完成荷载设计,以确保系统运行效益的稳定性。

7. 系统运行层面

在系统运行过程中也需要做好运营模式的合理优化,目前常用的运营模式包括封闭运营模式与开放运营模式,前者在应用中具有良好的吞吐量利用率,同时运行时的收益率较高,运行风险较大,无法完全做好系统运行兼容。后者在运营中的收益率较低,但风险相对较低,收入存在较大保障,和传统卫星设备间具有良好的兼容性与灵活性。因此在设计活动中,需要注意以下内容。第一,封闭运营

模式在使用中,多数情况下都是非对称设计,其内容的服务对象为宽带接入业务,从而可以为客户提供Mbps流量产品,具有带宽利率高、系统吞吐量大、建设成本高等应用优势,在使用中需要搭配完善支撑服务体系进行应用,确保系统运行状态的稳定性^[3]。第二,开放运营模式在使用中,多数情况下都是对称设计,主要是销售转发器带宽,其业务管理过程和传统卫星相类似,并且也需要减少支撑服务体系的应用,搭配着Epic系统来维持系统稳定运行,满足系统安全运行要求。

8. 容量分配层面

在高通量卫星系统的运行中,系统容量的分配情况也会直接影响到高通量卫星容量利用率。在具体的设计活动中,需要避免点束容量用尽的情况,同时也在应用中也需做好点波束容量闲置,防止波束存在冷热均匀度较差的情况。而且在合理分配容量时,需要对市场运行情况进行细致化调研,过程中也需要保持较高的前瞻性,提高系统运行状态的稳定性。例如,在Ka-sat的电波束已经处于保护状态,其他位置的点波束处于空闲的情况,此时则需要做好市场策略的优化处理,这样也可以提高所整理内容的合理性,满足各类信息应用过程的可靠性^[4]。另外,在03B卫星系统的优化设计中,也需要做好移动点波束的灵活设计,此状态下用户卫星可以根据实际情况来调整卫星状态,提高了卫星运行时吞吐量的合理性。

结语

综上所述,在卫星通信行业快速发展过程中,卫星发射业以及卫星制造业也得到了有效发展,通过利用先进的科学技术,可以完成科学技术含量极高高通量卫星的研制。而且在高通量卫星设计过程中,要注意到工程设计的系统性,以此来设计出高通量卫星系统,使其可以满足市场的需求,实现社会效益与经济效益的最大化。

参考文献

- [1]彭义东.基于Ku波段HTS通信系统在海洋工程船舶的应用探索[J].中国新通信,2022,24(06):9-11.
- [2]李萌,姚怡,王逸璇,等.基于高通量卫星的星地融合应急通信指挥系统[J].卫星应用,2021(12):54-57.
- [3]张晨,张更新,王显煜.基于跳波束的新一代高通量卫星通信系统设计[J].通信学报,2020,41(07):59-72.
- [4]司闻智.高通量卫星通信系统设计因素分析[J].中国新通信,2018,20(06):22.