

气象卫星数据传输的发展

朱爱军 徐建平

(国家卫星气象中心,北京 100081)

摘要 分析了国内外气象卫星数据传输的发展方向:气象卫星数据传输的频率正在从传统单一的 L 波段向 L 波段和频率更高的 X 波段及 K 波段同时使用发展;数据格式采用空间数据系统咨询委员会标准(CCSDS 标准)分包传输,信道编码采用了纠错及抗干扰能力较强的 RS 加卷积的级联编码技术;原有的模拟传输体制都改为数字传输。文章归纳了各国极轨和静止气象卫星高低速率数据传输特性。便于广大气象卫星数据接收站及早做好接收新的气象卫星数据的准备。

关键词 气象卫星 数据传输 分包传输 数字化 级联编码

引言

近年来,气象卫星数据传输在以下几个方面发生了变化:

(1) 传输频段的扩展。现有气象卫星数据传输的频段大都用 L 波段(1670~1710 MHz),这是国际电信联盟已划分好的供气象卫星使用的频段,频率范围总共只有 40 MHz,因此传输的数据码速率只许可在几兆/秒范围。由于气象卫星探测仪器的增加和精度的提高,数据传输量大为增加、码速率增加,要求信道的带宽也随之增加。例如码速率要求几十兆/秒,带宽几十兆赫,甚至更高更宽。显然 L 波段已不能满足需要,必须提高到更高波段,例如 X 波段(7750~7850 MHz,8025~8400 MHz)。

(2) 采用 CCSDS 分包传输。现有气象卫星数据传输大都采用时分、频分多路复用体制和固定数据格式,而卫星上有多种探测仪器,大量数据需要同时向地面传输,为了提高信道传输效率和增加灵活性,必须采用国际空间数据系统咨询委员会(CCSDS: Consultation Committee of Space Data System) 标准分包传输。

(3) 数字化。现有气象卫星低分辨率资料仍采用模拟传输,为了提高传输质量,要将它们数字化。例如,现有极轨气象卫星低分辨率实时云图传输(APT:

Automatic Picture Transmission) 将改为低分辨率图像传输(LRPT: Low Resolution Picture Transmission), 静止气象卫星低分辨率模拟云图,将改为低速率信息传输(LRIT: Low Rate Information Transmission)。

基于目前气象卫星数据传输的上述变化,本文归纳总结了各国极轨和静止气象卫星高低速率数据的传输特性,以使各气象卫星数据接收站提前做好接收新的气象卫星数据的准备。

1 分包传输和 CCSDS

目前气象卫星数据传输大部分采用时分、频分多路复用体制,不同的探测器资料 and 不同应用过程资料是采用几个信道、几个频率传输或是采用一个信道一个频率但进行时分传输,这样,一个探测器资料或一个应用过程占用一个固定的信道或一个时间片,因此传输的效率不高。为了提高信道传输效率,将采用 CCSDS 分包传输方式,利用一个实际物理信道同时传输各种探测器和应用过程的数据,根据需要动态地对星载各种仪器数据进行打包,因此传输效率大为提高,同时也给传输系统的设计带来了高度的灵活性。

CCSDS 分包传输流程如图 1 所示^[1]。多个数据源(不同探测仪器数据)的物理过程产生多种数据源包,经过长包分段(或短包不分段),将源包或数据段多路复接打包成虚拟传输帧,再把虚拟信道多路

复合到主信道,经编码和调制,由射频(物理信道)传输到地面。地面接收后首先将射频信号解调,进行

译码,再对虚拟信道进行分路,然后对包和段合成,重构源包,再从源包恢复成原始数据。

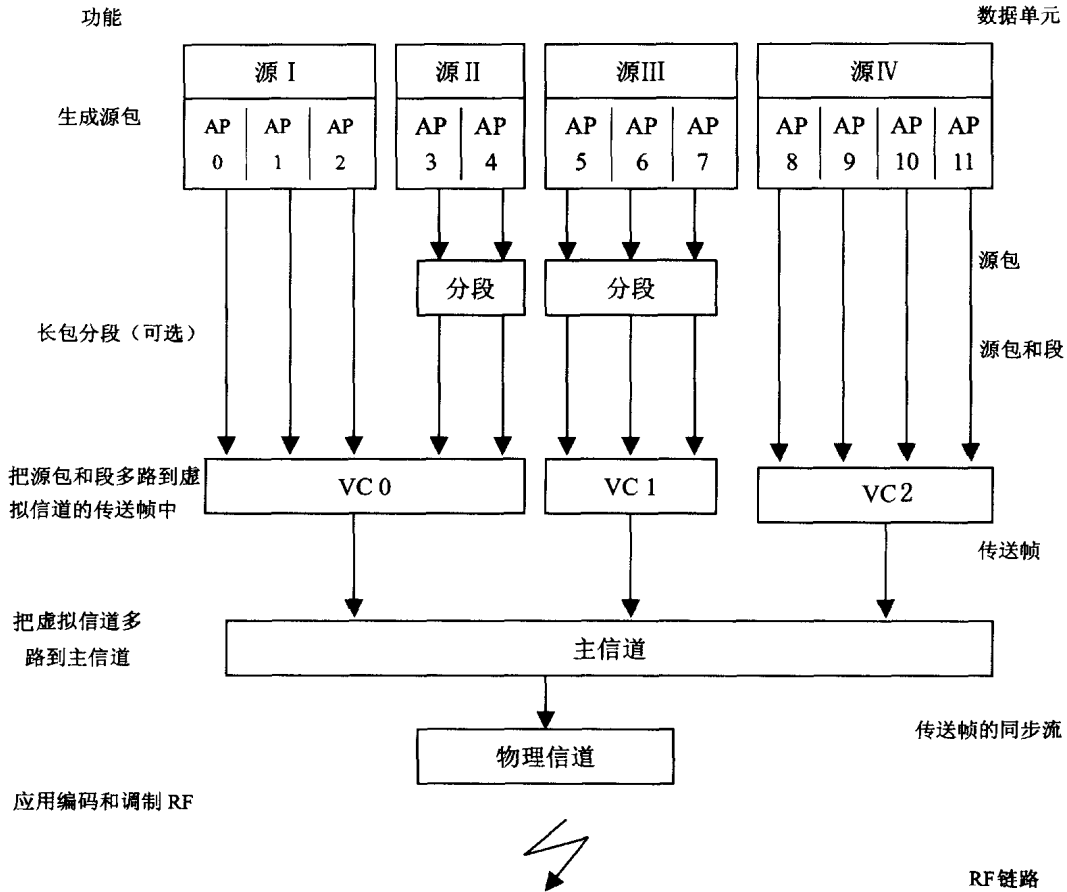


图 1 CCSDS 分包传输流程^[1]
(AP:应用过程;VC:虚拟信道)

数据传输按 CCSDS 7 层模式进行分解、规范。对源包的结构以及在信道中传输的基本数据单元(编码存取数据单元)等都做了明确的定义,分包传输都遵从这种规定。

分包传输已成为气象卫星数据传输的一个重要发展方向。例如,日本新一代静止气象卫星 MT-SAT 的 HiRID(高分辨率图像资料,未采用 CCSDS 打包传输)将变成 HRIT(高速率信息传输,CCSDS 打包传输)。美国极轨气象卫星高分辨率资料传输将从 HRPT(高分辨率图像传输,固定帧格式,非 CCSDS 标准)改为 HRD(高速率数据)。

2 极轨卫星高速率数据传输

未来的主要极轨气象卫星有美国的 NPOESS、欧洲的 Metop 和中国的 FY-3。它们的传输体制都

采用 CCSDS 标准。

2.1 欧洲 Metop 卫星

欧洲气象卫星组织(EUMETSAT)的极轨气象卫星 Metop 的第 1 颗将于 2005 年发射。向数据处理中心传输的有 GDS(Global Data Stream,全球数据源),载波频率为 7800 MHz,带宽 63 MHz,码速率 70 Mbps。向用户播发的高速率资料 HRPT 传输特性为:载波频率 1701.3 MHz(备用频率 1707 MHz);带宽 4.5 MHz(1698.75 ~ 1703.5 MHz);码速率 3.5 Mbps;调制 QPSK;右旋极化;采用 CCSDS 标准分包传输;信道级联编码为 RS 编码(255,223)和卷积编码($R=3/4, K=7$);不压缩;所有仪器的资料都向用户直接播发。由美国提供的仪器(AVHRR、HIRS、AMSUA 和 SEM)资料将不加密;而欧盟提供的仪器(IASI、MHS、ASCAT、GRAS 和

GOME)资料将加密,用户必须向 EUMETSAT 提出申请获得密钥。

2.2 美国 NPOESS 卫星

美国 NPOESS 系列第 1 颗卫星计划于 2009 年发射, NPOESS 系列将广播几种数据:全球存贮数据(SMD: Stored Mission Data), 高速率数据(HRD: High Rate Data)和低速率数据(LRD: Low Rate Data)。SMD 供美国数据处理中心用,而 HRD 和 LRD 为大地面用户站用。NPOESS 没有在 137 ~ 138 MHz 频段播发的 LRPT。

为了对 NPOESS 卫星上的关键仪器进行试验,美国计划于 2006 年发射一颗试验卫星 NPP (NPOESS Preparatory Project), 它的数据传输有 SMD 和 HRD, 其特性与 NPOESS 卫星都不一样, 本文不进一步叙述。

NPOESS 的 SMD 播发频率为 Ka 波段(25500 ~ 27000 MHz), 载波频率 25.65 GHz, 带宽 300 MHz, 传输码速率 150 Mbps。SMD 播发给美国 4 个业务数据处理中心(天线口径 8 ~ 13 m)和 15 个分布全球的廉价无人地面站, 这些地面站通过商业光纤通信网与中心相接。SMD 包括所有的全分辨率的探测仪器数据和辅助数据。

向用户地面站提供的有 HRD 和 LRD 两种数据。高速率数据 HRD 的传输特性如下:载波频率, X 波段 7812 MHz 和 7830 MHz; 带宽 30.8 MHz; 码速率 20 Mbps; 调制 QPSK; 右旋极化; 可用直径不大于 2 m 的跟踪天线接收; 信道级联编码, R-S 编码(255, 223)加卷积编码; HRD 资料包括了完整的全分辨率的所有探测仪器(除了 SESS 以外)资料和辅助/附属资料, 以生成所有 NPOESS 的环境资料集(EDR: Environmental Data Records)。

2.3 中国风云三号(FY3)气象卫星

中国下一代极轨气象卫星 FY-3 的第 1 颗星计划于 2006 年发射, 初步考虑 FY-3 卫星资料将通过 L 波段和 X 波段播发, 都采用 CCSDS 标准分包传输。其传输特性: L 波段, 播发 HRPT 资料; X 波段, 实时传输中分辨率成像光谱仪数据(MPT); X 波段, 传输星上记录存贮的全球数据(DPT)。

3 极轨气象卫星低速率数据传输

3.1 欧洲 Metop 卫星

Metop 卫星播发的低分辨率图像传输 LRPT 的

传输特性如下:载波频率 137.1 MHz (备用频率 137.9125 MHz); 带宽 150 kHz; 码速率 72 kbps; 调制 QPSK; 右旋极化; 采用 CCSDS 标准分包传输; 信道级联编码, R-S 编码(255, 223)和卷积编码($R = 0.5, K = 7$); JPEG 压缩; 不加密; 传输内容有部分通道的 AVHRR 图像, AMSU-A1、AMSU-A2、MHS 和 HIRS/3 的红外和微波探测资料、SEM 数据等。

3.2 美国 NPOESS 卫星

美国 NPOESS 低速率数据 LRD 的传输特性如下^[2,3]:载波频率 1706 MHz; 带宽 8 MHz; 码速率 3.88 Mbps; 调制 SQPSK; 右旋极化; CCSDS 打包传输; 信道级联编码, R-S 编码(255, 223)和卷积编码($R = 1/2$); 采用 JPEG2000 压缩(有损或无损); 可用直径不大于 1 m 的天线接收; 不加密; LRD 传输的内容有 8 种优先度最高的 NPOESS 环境数据(EDR), 即图像、大气垂直温度廓线、全球海面风速风向、云高、云层、压力、海面温度。此外, 还有 15 种优先度较低的 EDR, 例如气溶胶光学厚度、反照率、云参数、降水等。

LRD 的传输参数接近于国际气象卫星协调组织(CGMS)所制定的和 EUMETSAT 已采用的 HRPT 的传输参数。LRD 相对于 HRD 称为低速率数据, 实际上它比现有极轨卫星高分辨率图像传输 HRPT 速率(0.6654 Mbps)还高得多, 更不是 APT 或 LRPT 可以比拟的了。

4 静止气象卫星高速率数据传输

静止气象卫星高速率数据传输有的已发生或未来几年将发生重大变化, 例如欧洲的 MSG 和日本的 MTSAT。而美国 GOES 卫星、中国的风云二号(FY-2)和印度的 INSAT 卫星高速率数据传输没有重大变化。

4.1 欧洲 MSG 卫星

上一代欧洲静止气象卫星(Meteosat 1 ~ 7)的高速率数据传输为 HRI(High Resolution Image, 高分辨率图像)。新一代 MSG 卫星的第 1 颗于 2002 年 8 月发射, 运行后改名为 Meteosat-8。MSG 的高速率信息传输为 HRIIT(High Rate Information Transmission), 其传输特性如下:载波频率 1695.15 MHz; 带宽 1.96 MHz; 码速率: 打包后码速率 1 Mbps, 总码速率 2.28 Mbps; 调制 PCM/NRZ-L/QPSK; 线极化, 极化方向垂直于旋转轴; 采用 CCSDS 标准分包

传输;信道级联编码, R-S 编码(255,223)和卷积编码($R = 0.5, K = 7$);采用压缩(JPEG、Wavelet transform 和 T.4 压缩);加密;利用口径为 3.7 m 天线接收;传输内容有 MSG 卫星及其它卫星图像、气象资料及产品、数据收集平台资料等。

4.2 日本 MTSAT 卫星

日本计划于 2005 年发射气象和航空管制多用途卫星 MTSAT-1R,开始播发与现在的展宽数字资料(S-VISSR)相类似的高分辨率图像资料 HiRID,同时还播发新的 HRIT 资料。在 2005~2008 年间,HiRID 和 HRIT 将同时播发,2008 年后只播发 HRIT。HRIT 的传输特性如下^[4]:载波频率 1687.1 MHz;带宽 5.2 MHz;码速率,打包后码速率为 3.5 Mbps;调制 PCM/NRZ-M/QPSK;线极化,垂直于轨道平面;CCSDS 打包传输;信道级联编码, R-S 编码(255,223)和卷积编码($R = 0.5, K = 7$);压缩(JPEG);加密;传输内容有图像(全圆盘图、半圆盘图、区域图和投影图)、服务信息等。

5 静止气象卫星低速率数据传输

国际气象卫星协调组织(CGMS)经过多年的讨论和协商达成了共识,要将静止气象卫星的 WE-FAX(低分辨模拟云图,或称天气图)数字化,变成 LRIT(Low Resolution Information Transmission,低分辨率信息传输),传输内容不仅限于数字化云图,而且还有其它气象信息。

CGMS 已制定了全球 LRIT 技术规格,确定了 LRIT 的框架。EUMETSAT 和日本气象厅等也都制定了符合此框架的更详细的技术规格,它们和全球 LRIT 技术规格大同小异。各国气象卫星 LRIT 对比见表 1,其中 GOES、MTSAT、MSG 卫星 LRIT 的传输频率等相同,但极化方向、码速率、带宽和调制等不一样,对接收站的要求也不完全相同。链路层(纠错、加扰、同步)和传输层(CRC 校验)则完全相同,会话层中数据加密则取决于各国的资料政策,EUMETSAT 对图像和气象信息都加密,美国则都不加密。

表 1 各国气象卫星 LRIT 传输特性对比^[2-6]

| | | GOES | MTSAT | MSG | FY-2 |
|----------|---------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 物理层 | 频率 | 1691 MHz | 1691 MHz | 1691 MHz | 1691 MHz |
| | EIRP | 48.2 dBm | 55 dBm | 34 dBm | 57.5 dBm |
| | 极化 | 线极化 | 线极化(垂直于轨道平面)南北极方向 | 线极化(水平极化垂直于旋转轴) | 与自旋轴平行线极化(与 MTSAT 一致) |
| | 带宽 | 能接收 293 kbps | 250 kHz | 660 kHz | 260 kHz |
| | 卷积编码 | 卷积码(1/2 速率, $K = 7$) | 卷积码(1/2 速率, $K = 7$) | 卷积码(1/2 速率, $K = 7$) | 卷积码(1/2 速率, $K = 7$) |
| | 调制 | PCM/NRZ-M/BPSK | PCM/NRZ-M/BPSK | PCM/NRZ-L/BPSK | PCM/NRZ-M/BPSK |
| | 码速率 | 64 kb/s (IOC) (1 m 天线) 128 kb/s (FOC) (1.8 m 天线) | 打包后 75 kb/s 总码速率 150 kb/s | 打包后 128 kb/s 总码速率 290 kb/s | 打包后 75 kb/s 总码速率 150 kb/s |
| 2 链路层 | 小站 G/T | -0.3 dB/K (IOC) -(1 m 天线) 3.2 dB/K (FOC) -(1.8 m 天线) | 3 dB/K (天线增益 30 dB) | 5.0 dB/K (需 1.8 m 天线) G = 27.7 dB | |
| | 纠错 | R-S(255,223)间隔 $I = 4$ | R-S(255,223)间隔 $I = 4$ | R-S(255,223)间隔 $I = 4$ | R-S(255,223)间隔 $I = 4$ |
| | 扰码 | 扰码多项式 $x^8 + x^7 + x^5 + x^3 + 1$ | 扰码多项式 $x^8 + x^7 + x^5 + x^3 + 1$ | 扰码多项式 $x^8 + x^7 + x^5 + x^3 + 1$ | 扰码多项式 $x^8 + x^7 + x^5 + x^3 + 1$ |
| 3 网络层 | 帧同步码 | 1 ACFFCID | 1 ACFFCID | 1 ACFFCID | 1 ACFFCID |
| | 加 VC-ID | 加虚拟信道标识符 | 加虚拟信道标识符 | 加虚拟信道标识符 | 加虚拟信道标识符 |
| 4 传输层 | CRC 校验 | CRC 多项式 $x^6 + x^2 + x^5 + 1$ | CRC 多项式 $x^6 + x^2 + x^5 + 1$ | CRC 多项式 $x^6 + x^2 + x^5 + 1$ | CRC 多项式 $x^6 + x^2 + x^5 + 1$ |
| | 加密 | 不加密 | 图像不加密 | 加密 | 不加密 |
| 5 会话层 | 压缩 | 图像数据采用 JPEG2000 压缩 | 图像采用 JPEG 压缩,其他不压缩 | <ul style="list-style-type: none"> Wavelet transform 无损压缩 JPEG 有损压缩 JPEG 无损压缩 T.4 压缩(其中图像是有损 JPEG 压缩,其它待定) | 图像数据采用 JPEG2000 压缩,其他不压缩 |

与高速率数字传输不同,各国的 LRIT 是兼容的,都遵守 CGMS 的约定;未来几年各国静止气象卫星都陆续开始播发 LRIT,因此全球数千个 WE-FAX 都将更新。

6 结语

气象卫星数据传输正围绕着提高传输容量,提高传输效率和质量发展。某些数据传输的频段将提高到更高频段。因此,气象卫星地面接收处理系统也面临着更新换代,这是气象部门十分关注的。

参考文献

- 1 空间数据系统咨询委员会.空间数据系统标准建议书,CCSDS 蓝皮书.北京:航空工业出版社,1995
- 2 Coordination Group for Meteorological Satellites. Future Polar Orbiting Meteorological Satellite Systems. CGMS-XXXI USA- WP-05, 2003
- 3 Coordination Group for Meteorological Satellites. Coordination of Data Formats and Frequency Planning for Polar-orbiting satellites. CGMS-XXIX USA- WP-21, 2001
- 4 WMO CGMS AD Hoc Task Force. On Integrated Strategy for Data Dissemination From Meteorological Satellites. Geneva: WMO, 2002
- 5 Japan Meteorological Agency. JMA HRIT Mission Specific Implementation. Tokyo:Japan Meteorological Agency, 2003
- 6 徐建平,施进明.气象卫星低分辨率资料传输的数字化.气象科技,2003,31(5):289-292

1 空间数据系统咨询委员会.空间数据系统标准建议书,CCSDS 蓝

Development of Meteorological Satellite Data Transmission Technology

Zhu Aijun Xu Jianping

(National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract: An analysis was made of the development trend of meteorological satellite data transmission technology. The data transmission frequency of meteorological satellite is changing from L-band only to L-band and X-band plus K-band, adopting higher frequency and CCSDS package transmission. The convolutional multilevel R-S coding technology with advanced error correcting and antijamming capabilities is adopted, changing analog data into digital data. The data transmission characteristics of polar orbiting and geostationary meteorological satellites across the world are summarized to help data-receiving stations to make preparatory for receiving the new meteorological satellite data.

Key words: meteorological satellite, data transmission, package transmission, digitization, multilevel coding