

FY3 地面业务系统关键信息短信报警平台的设计及实现

田思维 屈兴之 张媛媛 赵现纲 谢利子

(中国气象局国家卫星气象中心, 北京 100081)

摘要 FY3 卫星地面业务系统关键信息短信报警平台为高可靠极轨业务系统运行提供了保障。从报警监视关键监视点的选取、轨道接收圈的智能判别, 平台报警信息的处理以及保证软件的高时效性出发, 讨论了 FY3 卫星轨道可能出现的情况, 提出了两种判别算法并进行了取舍。针对平台报警信息处理以及保证软件高时效性, 对 FY3 卫星的接收时间特性进行了分析并基于此设计报警短信过滤逻辑及基本软件结构。该平台已在实际工程中应用并取得了良好效果, 本文最后给出了运行统计数据。

关键词 极轨卫星; 自动化监视与报警; 报警信息处理

引言

我国目前的极轨气象卫星主要为 FY3A/FY3B/FY3C, 国家卫星气象中心承担着极轨气象卫星地面系统的建设及运行维护工作。长久以来, 极轨气象卫星为我国气象观测, 预报, 防灾减灾发挥了重大作用^[1]。

目前, 针对 FY3 地面系统及卫星状态的监视, 可通过集中监视软件、接收对账单软件、载荷 L1 快视软件、遥测监视软件等完成。例如针对数据的接收、传输及处理情况, 值班员根据接收时间表定时操作软件, 通过集中监视软件, 接收对账单软件查看各卫星的接收、传输情况, 通过 L1 快视软件来判断数据处理的情况。针对星上仪器载荷的运行情况, 值班员通过观察遥测软件的报警来判断。当卫星或地面系统出现异常时, 上述软件都能不同程度的反映故障问题。

在日常的业务运行中, 值班员的工作是高度重复且繁琐的。针对目前的 3 颗卫星十几个载荷的监视, 值班员可能在一天中进行类似的查看操作达上百次, 容易产生疏漏。另外针对星上仪器载荷的监视, 遥测软件提供的信息专业程度较高且数量较多,

有些报警信息较难理解。目前值班员专业背景较为多样, 不是相关专业的值班员容易造成误判漏判。

参考文献[2]所述短信平台已经搭建并正常运行, 对于发现的异常情况, 仅需要通过一定接口将报警信息推送至短信平台服务器, 即可实现通过 SMS 方式通知维护人员。本文设计一个针对极轨卫星地面系统的通用监视报警平台, 通过一些选取的系统关键点, 对系统的接收及数据处理自动监视, 对卫星仪器载荷的基本运行情况进行自动判断, 并提供一个较为专业普适性的信息。在出现异常时, 软件通过短信方式实现报警。把这个平台作为传统值班员人工监视的一种辅助和补充, 可以有效的增强业务运行的保险系数, 提高业务运行成功率。

1 系统监视关键点的选取

1.1 FY3 极轨卫星地面系统处理流程

目前 FY3 极轨卫星地面系统处理流程如图 1 所示, 图 1 详细给出了北京站的数据接收流程示意, 其他 4 站接收流程示意同北京站。FY3 卫星所载的仪器数据通过 MPT, HRPT, DPT 3 个信道下传至地面站^[3]。5 个地面站经过接收, 解调, 进机分包后产生原始分块数据(RAW 文件)。原始分块数据

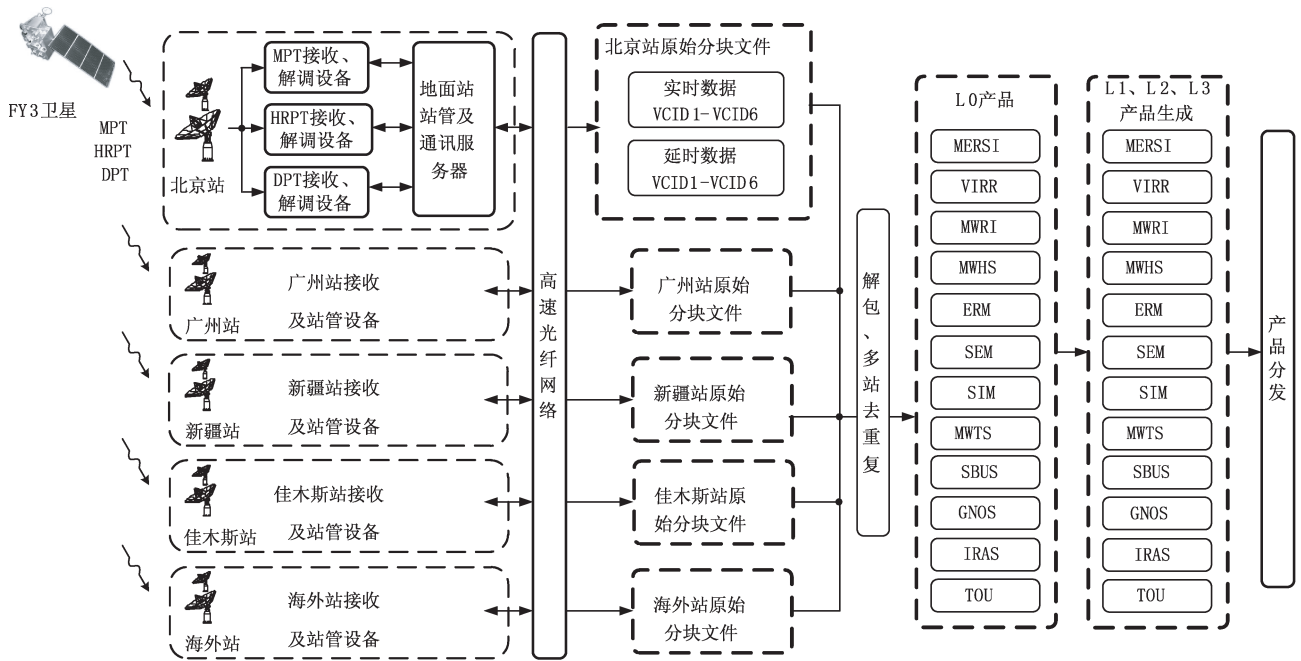


图1 FY3地面系统数据流程

分为实时数据和延时数据,分别按照仪器载荷存放在多个VCID目录中。地面站通过高速光纤网络将原始分块数据传送至数据处理中心,数据处理中心服务器对原始分块数据进行解包,多站去重生成各个仪器(图中所示MERSI、VIRR等)的0级(L0)数据,进一步处理生成L1、L2及L3产品并分发^[4]。各个处理环节的数据存放在盘阵上的不同目录中。

1.2 数据接收传输的监视

多年的运行经验表明,系统中出现最多的异常存在于接收及数据传输环节。无论是地面站接收异常、传输异常甚至是星上发射异常,都会表现为数据处理中心服务器VCID目录中文件的缺失。因此对于FY3卫星数据接收的检查,基本思路为在轨道接收完成后的 t 时刻,检查数据处理中心服务器中实时/延时VCID1-6目录中原始分块数据到达与否, t 为检查时间阈值,其大小可配置,并且为地面站、仪器载荷的函数。

1.3 仪器载荷的监视

仪器载荷一般不易出现故障,但一旦出现故障即是重大异常。因此,确保卫星载荷工作正常十分重要。通过判断是否处理得到载荷的L0数据可以快速诊断仪器载荷的基本工作状态。

数据处理中心对各个VCID目录中原始分块数

据处理得到各个仪器载荷的L0级数据^[5]。其中VCID1目录中的数据得到MERSI仪器L0数据,VCID2目录中的数据得到VIRR仪器L0数据,VCID4目录中数据得到MWRI仪器的L0数据,VCID5目录中数据得到MWHS、MWTS、ERM、SEM、SIM、SBUS、IRAS、TOU、IRAS等仪器的L0数据,VCID6目录中数据得到GNOS仪器的L0数据^[6](图2)。对于MWHS、MWTS、ERM、SEM、SIM、SBUS、IRAS、TOU、IRAS等仪器,其数据在原始分块文件级时被整体打包在VCID5目录中,通过检查VCID5目录中数据的有无,判断其中某个仪器数据的有无,故只能在接收结束后的 t 时刻,检查仪器对应L0目录中数据有无。运行经验表明, t 大小设置为90min阈值较为合适。针对不同站的不同仪器,其值大小可略有上下浮动。而对于MERSI、VIRR、MWRI、GNOS仪器,其L0级数据与VCID目录中原始分块数据存在一一对应关系,即VCID1目录中数据处理产生MERSI仪器L0数据,VCID2目录中数据处理产生VIRR仪器L0数据,VCID4目录中数据处理产生MWRI仪器L0数据,VCID6目录中数据处理产生GNOS仪器L0数据。在本文1.2章节中所述接收检查方法已经对VCID1-6数据进行了判断,若

VCID1、VCID2、VCID4、VCID6 目录中有数据到达,则可认为相应仪器基本工作状态正常,此处无需重复检查。

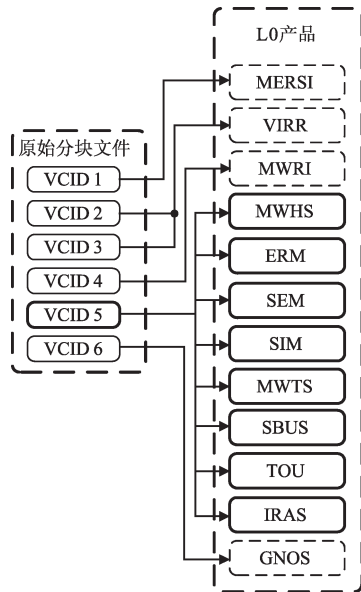


图 2 原始分块数据到 0 级数据关系

2 检查轨道的选取

极轨卫星的接收情况较为复杂, FY3 卫星的轨道星下点轨迹呈周期性改变, 并且目前国内为佳木斯, 广州, 新疆 3 站组合接收, 3 站组合接收情况可谓千变万化, 可以出现任意情况。实际运行经验表明, 当多站组合接收时, 可能会出现某一站的接收圈被另一站完全覆盖, 或者某一站的接收圈被某两站覆盖的情况。当出现此种情况时, 检查被覆盖的接收站无实际意义, 可能出现误报警的情况。考虑到轨道接收圈计算的复杂性及考虑到工程的可实施性等问题, 提出当多站组合接收时, 只检查某一次组合接收的首站和末站。对于如何判断一次组合接收的首站和末站, 提出以下两种方法。

方法 1: 根据轨道号及起始时间或结束时间判断首末站。读取时间表中某一轨道号不同的不同站接收信息。在该轨不同站中选出接收起始时间最小的站作为首站, 接收结束时间最大的站作为末站。此方法的优点为算法逻辑简单, 工程易实现。但实际仿真后发现, 此种计算方法会出现一些站被疏漏的情况。例如 FY3B 经常会在国内 3 站接收结束后, 海外瑞典站继续接收。其接收情况如图 3 所示。

对于此种情况, 由于卫星在飞过赤道时轨道号发生改变, 所以 4 站的轨道号相同, 按照方法 1, 接收起始时间广州站最小, 接收结束时间瑞典站最大, 则只检查广州站和瑞典站数据接收情况, 此时会造成新疆站未被覆盖但没有被检查。同时, 若以后增加新的国外站, 造成的检查疏漏将进一步加大。

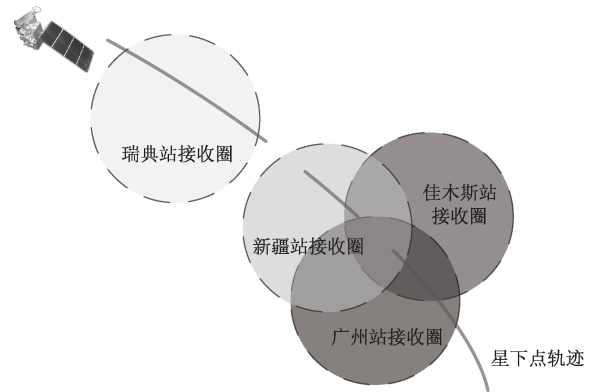


图 3 FY3B 可能出现的一种接收情况

方法 2: 根据各站起始时间结束时间, 判断组合接收圈的重叠情况, 根据重叠情况判断首末站。完全不考虑轨道号概念, 根据各站接收结束时间判断是否为重叠组合接收, 以及根据组合情况判断首末站。

首末站判断算法: ①假设时间表中所有站均为首站, 且均为末站。②设某一站(设为 A 站)起始时间为 t_{begin} , 结束时间为 t_{end} , 若存在另一 B 站, 其起始时间为 t'_{begin} , 结束时间为 t'_{end} , 若满足 $t'_{begin} < t_{begin}$ 且 $t'_{end} > t_{begin}$, 则 A 站, B 站两站接收圈有重叠, 且 A 站不是首站; 若满足 $t'_{end} > t_{end}$ 且 $t'_{begin} < t_{end}$, 则 A 站, B 站两站接收圈有重叠, 且 A 站不是末站。③循环时间表所有站, 则可判断出所有站是否为首末站。具体原理如图 4 所示。当卫星星下点轨迹如图 4 左所示时, B 站在 A 站前, 且 B 站接收结束时间晚于 A 站接收起始时间, 说明 A, B 站为多站组合接收且有重叠, A 站不是首站。当卫星星下点轨迹如图 4 右所示时, B 站在 A 站后, 且 B 站接收起始时间早于 A 站接收结束时间, 说明 A, B 站为多站组合接收且有重叠, A 站不是末站。

方法 2 完全不考虑轨道号的概念, 根据接收圈判断多站是否为多站组合接收情况。即使在增加了其他国外站后, 也不会造成数据检查的疏漏。同时该种方法充分考虑了工程的可实现性, 算法复杂度

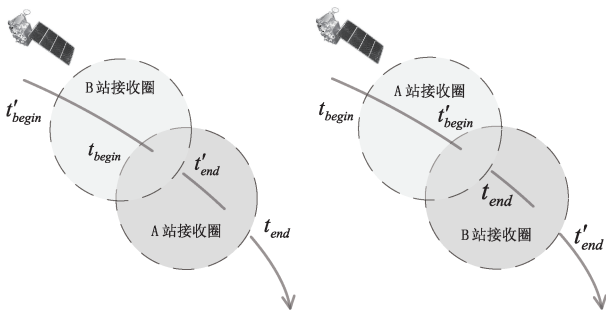


图 4 FY3 多站接收 2 种情况示意图
(图中 t_{begin} , t_{end} 对应各站接收起始、结束时间)

较低,逻辑较为简单。在实际工程应用中,采用方法 2 作为轨道选取算法。

3 报警信息的智能判别及归类合并

按照上述方法对关键点进行监视,如果发生一整轨数据缺失,会发送多条报警信息。此外,软件实际运行发现,部分仪器存在误报虚报情况。

在实际运行中,某一次轨道的接收失败,大多会导致多个仪器数据的缺失,如果报警信息不加以归类合并而直接报告给维护人员,则会造成不必要的骚扰。由于不同载荷会有不同时间阈值,对于某一整轨数据缺失的情况,各信道仪器的报警信息的产生时间可认为是不确定的。对于这种不确定时间的报警信息,唯一的办法是在一定较短时间范围内对出现的报警信息进行归类。对于一定时间范围内,可能会出现多颗星、多站的报警信息,因此必须依照卫星、轨道号、站标对报警信息进行归类。

对于存在误报的仪器,解决的方法是长时间积累经验,总结出规律。例如 SIM 仪器仅在地面站接收时间为白天时才有实时数据,则可设计相应过滤逻辑将误报的短信滤除。SBUS 等仪器实时数据有时随机缺失,则可设定为连续两轨缺失时才产生报警信息。

根据以上思路,设计报警信息智能判别归类模块架构如图 5 所示。业务系统产生的原始报警信息流包含各颗星、各轨道、各仪器的报警信息,其产生时间不确定。原始报警信息首先进入原始报警信息列表,并通过执行过滤算法将虚报误报信息滤除。SIM, SBUS 等仪器误报的处理在这一环节进行。处理后的信息被压入到待合并信息队列中,软件每 10 min 对队列中的信息执行出队操作并执行报警

信息合并算法。在合并算法中,相同星标、轨道号、站标的报警信息被合成一条信息并存入待发送信息列表,该列表中的信息将被推送到短信服务器发送。

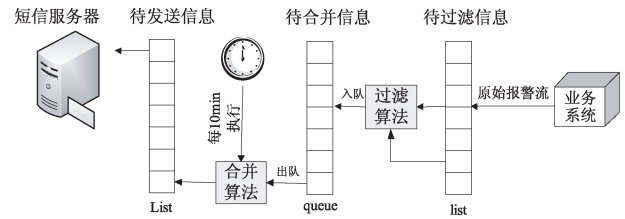


图 5 报警信息智能判别归类模块架构

4 总体处理流程

设计处理流程时需要首先对软件进行的操作以及实时性要求进行分析。针对不同的操作及实时性要求合理设计软件架构^[7]。①读取解析 FY3 时间表,该操作对实时性要求不高。该操作一天只需执行一次,消耗时间在 ms 级别。②判断当前时间是否已经超过各仪器的时间阈值,该操作需要频繁执行,该操作对实时性要求很高,要求达到 10 ms 级别响应,每次操作消耗时间 < 1 ms。③执行各轨各站各仪器数据的检查工作。该操作对实时性要求不高,但其一次操作消耗时间大概在 1 s ~ 1 min 不等时间。④对报警进行过滤操作。该操作仅在报警信息时执行,因此执行频率很低,其消耗时间很少。⑤对报警信息进行合并操作。该操作每 10 min 执行一次。该操作对实时性要求较低。⑥短信发送操作。该操作对实时性要求较低,操作消耗时间在 s 级别。⑦响应用户界面的操作。该操作对实时性要求适中,界面不允许卡死 5 s 以上时间。

根据以上实时性需求,所有后台操作全部由线程完成,软件架构如图 6 所示,图 6 分为时间检查线程、数据检查线程、短信发送线程。时间检查线程完成上述操作①和②;数据检查线程完成上述操作③和④;短信发送线程完成上述操作⑤和⑥;主线程完成操作⑦。图中标号①~⑥对应上述操作。

由于 FY3 极轨卫星接收时间不确定,各仪器检查时间阈值不确定,可能会出现检查时间相互冲突的情况,例如很有可能在较短时间内同时检查 FY3B 某轨数据和 FY3C 的某轨数据。因此引入图 6 中的数据检查任务队列:时间检查线程循环查询

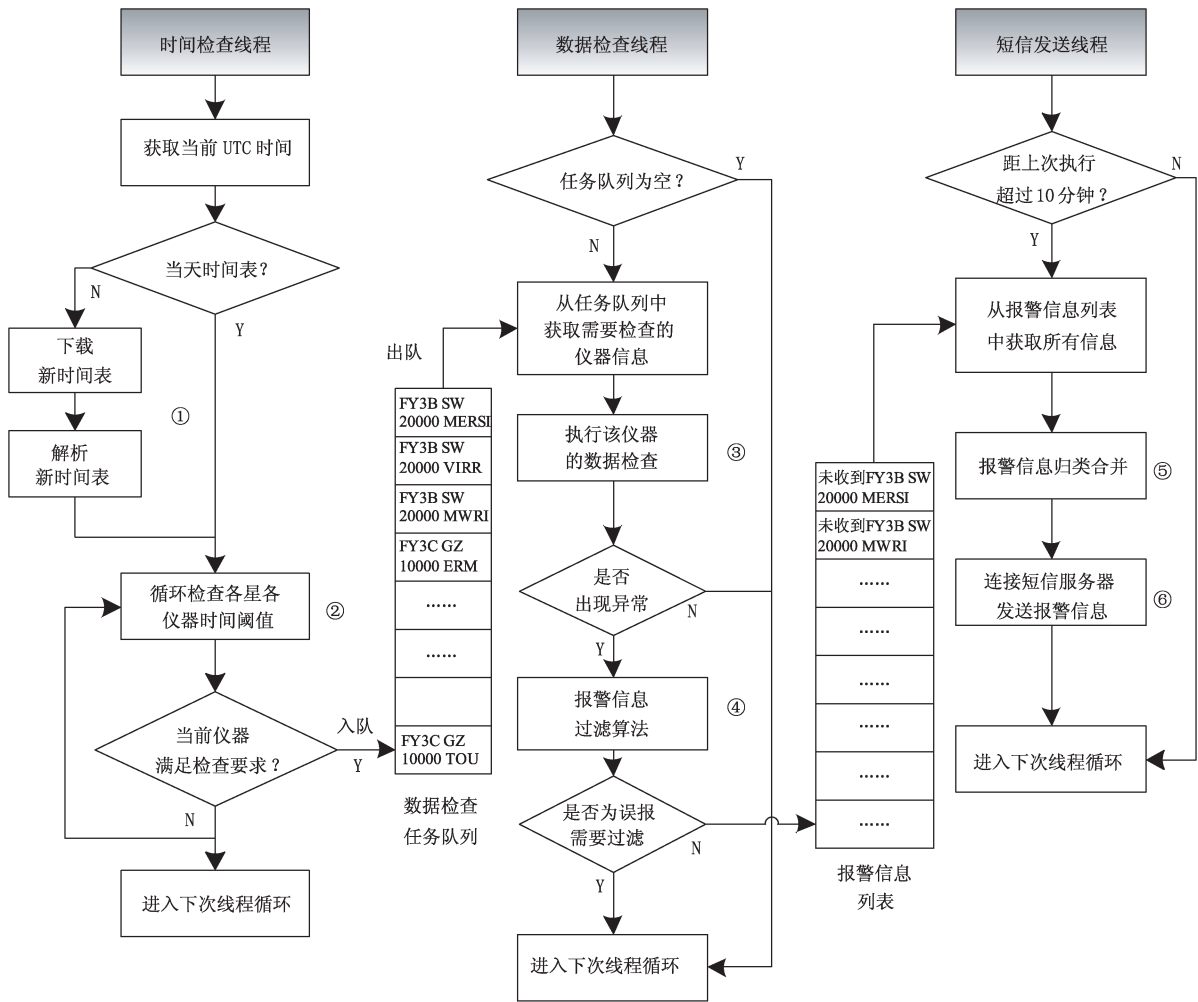


图 6 平台总体软件流程

时间表,产生当前时刻待检查数据的信息(星标、轨道号、站标、载荷名),并以任务的形式将其压入任务队列。数据检查线程依次对任务队列中的检查任务进行出队操作,执行完一个仪器数据检查再执行下一个。由于数据检查较为耗时,而时间检查要求实时性较高,这样分两个线程独立完成,时间检查线程无耗时操作,充分保证了时间检查的高实时性要求,数据检查较为耗时,则独立出线程进行专门处理,引入任务队列机制保证了两者的完美衔接^[8]。

当数据检查线程发现异常时,首先执行报警信息过滤算法,如信息不被过滤则放入图 6 中的报警信息列表,等待发送,如被过滤掉或无异常发生则直接从任务队列里取下一个任务进行检查。短信发送线程每 10 min 执行一次,自动将报警信息列表里存储的信息取出,归类合并并发送。

5 监控平台的实施效果及展望

极轨地面业务系统关键信息短信平台实施后效果良好。表 1 为 2015 年 1—10 月实际运行情况的数据统计:由表 1 可知,监控平台共捕捉到了 173 次异常,其中数据接收和传输异常占到了大约 65%,星上异常仅出现了 1 次,为 FY3B HRPT 前级发射机故障,造成了一轨 2 站均未接收到数据,发送了 2 条短信。数据处理异常均为汇集异常,出现的现象为部分仪器数据无法正确从原始分块文件中解包。值得注意的是,有 43 次异常报警信息被过滤,这主要集中在 SBUS 和 SEM 仪器的报警信息上,这两个仪器根据设定的过滤逻辑,部分报警信息被滤除。此外,为了避免重复骚扰,同一个站的异常只报一条短信,这也是造成有短信被过滤的原因。从 10 个月

的实际运行统计来看,其异常绝大多数为接收及传输异常,星上异常出现的概率极低,平台能对其捕获。

表1 2015年1—10月监控平台报警信息统计

异常原因	短信数量	所占比例
数据接收异常	75	43.4%
数据传输异常	37	21.4%
星上异常	2	1.1%
数据处理异常	16	9.2%
被过滤的短信	43	24.9%
总计	173	100%

目前地面系统监视平台还有一些不足,主要集中在短信目前仍有少量的虚报现象,部分模块通用性仍待加强等问题,需要以后进一步改进。

参考文献

- [1] 朱爱军,徐建平. 气象卫星数据传输的发展[J]. 气象科技, 2005,33(8):295-299.
- [2] 谢利子,赵现纲,郭强,等. 风云系列气象卫星关键业务监控报警系统的设计与实现[J]. 计算机应用,2012,32(增刊):192-195.
- [3] 周海莺,黄锦渊,祝春萌,等. 风云三号气象卫星及广州地面数据接收处理系统[J]. 卫星与网络,2009,5(83):59-63.
- [4] 施进明,钱建梅,林曼筠. 新一代遥感数据中心建设的关键技术[J]. 气象科技,2010,38(4):472-476.
- [5] 杨忠东,卢乃锰,施进明,等. 风云三号卫星有效载荷与地面应用系统概述[J]. 气象科技进展,2013,3(4):6-12.
- [6] 贾树泽,杨军,施进明,等. 新一代气象卫星资料处理系统并行调度算法研究与应用[J]. 气象科技,2010,38(1):96-101.
- [7] 高智杰. VC环境下多线程技术的关键问题[J]. 中文信息,2003(4):62-64.
- [8] Sundell H, Tsigas P. Fast and lock-free concurrent priority queues for multi-thread systems [C]// Parallel and Distributed Symposium. 2003:609-627.

Design and Implementation of Key SMS Monitoring Platform for Fengyun-3 Meteorological Satellites

Tian Siwei Qu Xingzhi Zhang Yuanyuan Zhao Xiangang Xie Lizi
(National Satellite Meteorological Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081)

Abstract: The method for designing a key SMS monitoring platform of Fengyun-3 meteorological satellite data processing system is proposed. The selection of key monitoring positions, the intelligent identification of orbits, the processing of alarming messages, and the way to guarantee high real-time performance are discussed. Based on the detailed analysis of orbit characters, two orbits-identification algorithms are proposed and discussed. Besides, a SMS filter logic and high efficiency software architecture is adopted to guarantee real-time performance. The operation statistic results are given.

Keywords: polar satellite; monitoring and alarming automation; alarming message processing