

# 可编程遥感数据动态采集下临空高速目标探测系统设计

尚 晖

(浙江工贸职业技术学院人工智能学院, 浙江 温州 325000)

**摘要:**为实现对临空高速目标数据的跨域存储与调度,解决与目标节点探测相关的实际应用问题,设计可编程遥感数据动态采集下的临空高速目标探测系统;同时连接物理设备层、数据聚合化层与应用接口层,完成可编程遥感数据动态采集下的目标探测系统应用框架搭建;利用 MongoDB 数据库架构与 MySQL 数据库表,建立必要的目标数据存储模型,实现临空高速目标数据存储模块的指向性连接;计算最大探测距离实值,根据目标探测参数的设计原理,定义与脉冲函数相关的应用表达式,实现对待探测临空高速目标信号源的分析与处理,完成可编程遥感数据动态采集下临空高速目标探测系统设计;实验结果表明,可编程遥感探测系统中已存储目标数据的跨域调度速率可达  $10.0 \times 10^7$  T/s,单位时间内的最小信息存储值也接近  $4.2 \times 10^7$  T,可在解决相关节点探测应用问题的同时,实现对临空高速目标数据的合理化存储与调度。

**关键词:** 可编程遥感数据; 高速目标探测; 数据聚合化; 探测距离; 探测参数; 脉冲函数

## Design of High Speed Target Detection System Under Dynamic Acquisition of Programmable Remote Sensing Data

Shang Hui

(School of artificial intelligence, Zhejiang Industry & Trade Vocational College, Wenzhou 325000, China)

**Abstract:** In order to realize the cross domain storage and scheduling of high-speed target data, and solve the practical application problems related to target node detection, a high-speed target detection system with programmable remote sensing data dynamic acquisition is designed. At the same time, the physical equipment layer, data aggregation layer and application interface layer are connected to complete the application framework of target detection system under the dynamic acquisition of programmable remote sensing data. Using mongoddb database architecture and MySQL database table, the necessary target data storage model is established to realize the directional connection of airport high-speed target data storage module. The real value of the maximum detection distance is calculated. According to the design principle of the target detection parameters, the application expression related to the pulse function is defined to realize the analysis and processing of the high-speed target signal source to be detected, and the design of the high-speed target detection system under the dynamic acquisition of programmable remote sensing data is completed. The experimental results show that the cross domain scheduling rate of stored target data in the programmable remote sensing detection system can reach  $10.0 \times 10^7$  t/s, and the minimum information storage value per unit time is close to  $4.2 \times 10^7$  t. It can not only solve the application problem of related node detection, but also realize the reasonable storage and scheduling of high-speed aerial target data.

**Keywords:** programmable remote sensing data; high speed target detection; data aggregation; detection distance; detection parameters; pulse function

## 0 引言

遥感数据是指遥感影像所表达出的物理信息,根据地物电磁波频率的不同,可分为航空影像数据、卫星影像数据两类。可直接用于计算机处理的遥感数据必须来源于数字图像,而通过摄影等方式获取的遥感数据,必须在图像扫描仪的作用下,将模型化的信息参量转换为数字化的信息参量后,才可输入进遥感影像控制主机中<sup>[1]</sup>。一般情况下,以扫描方式获取的遥感数据不能得到系统主机的直接识别与存储,而是需要在数字计算机的作用下,先将节点

中包含的信息参量释放到通用载体之上,才能按照 CCT 读写程序进行后续的数据转录与译码。与其它动态信息采集手段相比,遥感数据识别可接收计算机主机的远程识别与控制,随着信息化系统处理环境的不断完善,遥感数据主体中待校正的信息节点数量也会逐渐增加<sup>[2-3]</sup>。

在临空飞行环境中,随高速运动目标节点数量的增加,已存储信息会出现明显的跨域调度问题,从而导致目标节点的探测时效性大幅下降。传统 HDFS 型节点探测系统的时域脉冲传输信道相对较宽,且对于高速目标节点的定位

收稿日期:2020-09-17; 修回日期:2021-01-08。

作者简介:尚 晖(1981-),女,甘肃兰州人,硕士,讲师,主要从事计算机应用技术方向的研究。

引用格式:尚 晖. 可编程遥感数据动态采集下临空高速目标探测系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(3): 108-113.

完全取决于待探测信号所处的外界应用环境。然而随着遥感脉冲波辐射周期的延长，一部分节点耦合信号可能会传输至接收天线的前方或后方，从而导致临空高速目标数据在单位时间内的存储实值快速下降，造成信息跨域调度速率的持续降低。为解决上述问题，引入可控遥感数据动态采集技术，在数据聚化层、MongoDB 数据库等多项软硬件执行设备的支持下，设计一种新型的临空高速目标探测系统，并通过对比实验的方式，突出说明该系统的实际应用能力。

### 1 可控遥感数据动态采集下的目标探测系统应用框架

可控遥感数据动态采集下的目标探测系统应用框架由物理设备层、数据聚化层、应用接口层 3 部分组成，具体搭建方法如下。

#### 1.1 物理设备层

临空高速目标探测系统的物理设备层由外围目标探测设备、目标节点接入设备、分布式服务器群 3 类应用结构共同组成。其中，分布式服务器群是整个系统应用框架的物理服务基础，可为目标探测指令的实施提供存储资源、计算资源等基础性的应用信息参量。在遥感数据接入节点、动态采集节点、可控操作节点的同步作用下，与临空高速目标相关的节点组织会快速与分布式服务器群建交，在遥感数据进程同时部署的情况下，所有目标信息同时开始由输入端到输出端的传输行为，直至所有目标节点组织全部达到理想化的设备接入状态<sup>[4]</sup>。外围目标探测设备与目标节点接入设备同时附属于物理设备层外表面，前者能够为目标探测系统提供可控遥感数据传输所必须的节点应用资源，通常保持分布状的物理连接形式；后者则具备较强的信息采集能力，在确保临空高速目标所处节点位置不发生变化的情况下，该设备结构体可快速建立与系统动态采集节点的连接，并从中获取与动态采集行为相关的可控遥感数据参量<sup>[5]</sup>。

为都必须保持广义化的执行状态，即系统应用行为必须以临空高速目标数据收集为目标。当系统内部形成独立的集群组织后，分布式服务器可自动开启与系统主机间的定向连接，再借助已接入目标节点，将所有待采集信息整合到动态采集节点中，也就是传统认知上的遥感数据资源聚化性应用<sup>[6-7]</sup>。基础探测设施的抽象化，是指针对一类临空高速目标节点进行应用化表达，按照网络设施、硬件设施、软件设施等基础资源定义形式的不同，可将所有可控遥感数据封装在不同的动态采集空间内，从而实现由返回值到抽象值的表达与转化。在数据聚化层处理主机中，返回值类型属于 boolean 的节点信息常与探测节点的释放行为相关，具体处置应用原理如表 1 所示。

表 1 数据聚化层中的目标信息抽象方法

抽象方法	返回值类型	方法说明
free()	boolean	释放与可控遥感数据相关的基础探测资源
setType (TypeCode)	boolean	设置与临空高速目标相关的探测设施类型
allocate()	boolean	分配各级临空高速目标探测节点
getType()	TypeCode	获取与临空高速目标相关的探测设施类型
getSize()	long	获取与临空高速目标相关的探测设施总量
setSize(long)	boolean	设置与临空高速目标相关的探测设施总量

#### 1.3 应用接口层

应用接口层是可控遥感数据动态采集框架向系统用户提供的访问接口，包括应用服务接口、应用集成接口、框架管理接口 3 类。

1) 应用服务接口，由集成在可控遥感数据动态采集框架上运行的分布式存储和目标探测框架自身提供的服务型应用接口，包括信息发布接口、节点访问接口、指令编程接口等多种处理形式，接口的形式主要包括节点化接口、信息传输接口两种<sup>[8]</sup>。

2) 应用集成接口，用于实现临空高速目标探测系统和分布式服务器群等节点信息应用在可控遥感数据动态采集框架上的集成，由目标探测信息封装接口和遥感数据调度器接口构成。目标探测信息封装接口将数据信息按照其所属的应用类型进行划分；遥感数据调度器接口按照节点应用类型对应的调度器类型进行处理。当两种接口都实现连接后，就可以将临空高速目标数据部署到服务节点上，并在物理设备层中对主机对象进行注册，从而将待探测数据信息集成到可控遥感数据动态采集框架中<sup>[9]</sup>。

3) 框架管理接口，用于对可控遥感数据动态采集框架运行状况进行监控和管理，以指令形式提供给下级探测主机，具体指令定义形式如表 2 所示。

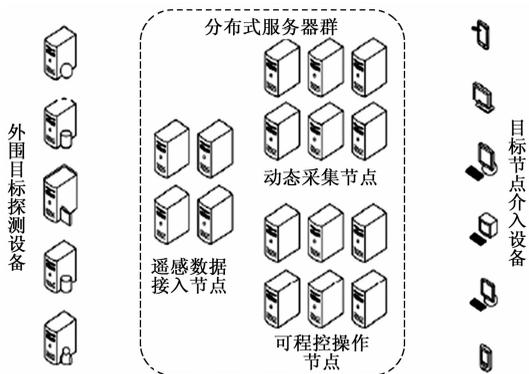


图 1 物理设备层实际应用结构

#### 1.2 数据聚化层

在可控遥感数据动态采集框架中，所有管理调度行

表 2 应用接口层管理命令

命令	说明
chaos kill	关闭某个正在运行的目标探测或数据存储服务
chaos start	启动可控的遥感数据动态采集框架
chaos stop	关闭可控的遥感数据动态采集框架
chaos app	显示各种临空高速目标数据的探测运行情况
chaos register	对待探测的临空高速目标数据进行注册
chaos status	显示可控遥感数据动态采集框架的工作情况

## 2 临空高速目标数据存储模块

在目标探测系统应用框架的支持下，按照可控遥感数据的动态采集处理需求，完成临空高速目标数据存储模块的搭建与应用。

### 2.1 MongoDB 数据库架构

MongoDB 数据库提供基于可控遥感数据动态采集机制的信息处理服务，通过路由模块实现对临空高速目标节点的自动分片规划。探测系统需要容量扩展时，主机只需添加新的数据分片组织即可，当集群并入数据节点后，系统路由由进程自动开启连接，并通过多次实质性的分片组织协调与规划，实现数据聚化层设备与应用接口层设备的应用连接<sup>[10]</sup>。一个完整的 MongoDB 数据库体系中至少包含 6 个完全独立的 Server 主机，且每个主机中都具备一个 Mongod shard 设备、一个 Mongos 存储芯片或一个 Conhig 应用装置。其中，Mongod shard 设备主要用于存储与可控遥感数据相关的应用信息，在理想化的架构体系中，11、12、13 号主机分属于第一级服务器领域，21、22、23 号主机分属于第二级服务器领域，前者负责临空高速目标信息的第一次存储，后者负责对已存储临空高速目标信息的二次记录。Mongos 存储芯片与 Conhig 应用装置的执行能力基本完全相同，前者被分配于第一级服务器领域，可对临空高速目标节点内的数据信息进行初步的备份处理；后者被分配于第二级服务器领域，在存储临空高速目标信息的同时，履行与可控遥感数据动态采集相关的应用执行指令。

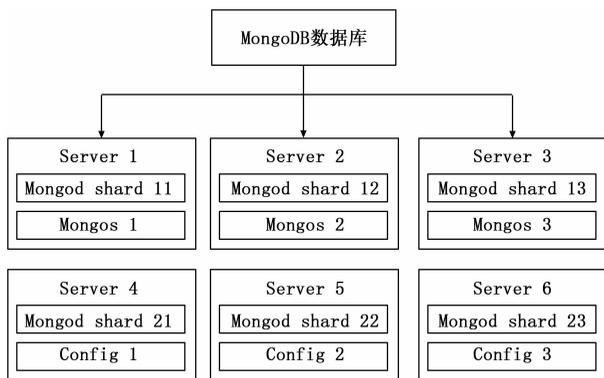


图 2 MongoDB 数据库架构体系

### 2.2 MySQL 数据库表结构

系统最核心的表应用结构包含数据源表、信息模板表、

数据源映射表、属性项表、属性组表 5 张表。数据源表记录了与系统动态采集指令相关的可控遥感数据；信息模板表可遵照系统探测目标的指定行为，将临空高速目标信息分割成多个应用结构体；数据源映射表可检验系统探测信息所属的包含位置，并建立 MySQL 数据库与其它系统应用结构之间的指向性连接关系；属性项表位于 MySQL 数据库表最底层，能够直接感知临空高速目标探测信息的实际引用行为；属性组表能够感知系统内部的探测目标指定行为，并生成大量符合 MongoDB 数据库存储需求的临空高速目标信息参量<sup>[11-12]</sup>。具体 ER 图如图 3 所示，可控遥感数据源表常与临空高速目标信息模板保持多对一的应用关系，即每个数据源只能采集一个目标信息模板，而一个目标信息模板会被应用到多个数据源结构体之中。一般来说，在 MySQL 数据库组织中，临空高速目标属性项只能与属性组保持单向化的对应关系，即每条动态采集映射关系下，只能存在一项保持独立状态的可控遥感数据信息。

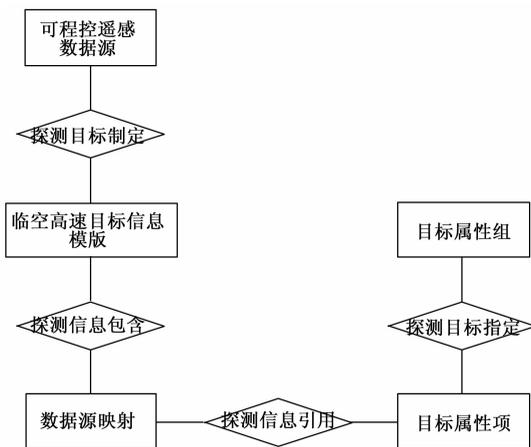


图 3 MySQL 数据库 ER 图

### 2.3 目标数据存储模型

目标数据存储模型会记录 MongoDB 数据库中的所有临空高速目标信息应用形式，再根据动态采集指令的输出形式，判断现有的可控遥感数据是否能满足系统的实际探测处理需求<sup>[13]</sup>。随系统中累积可控遥感数据总量的增加，动态采集指令的实际实施空间也会逐渐扩大，直至 MySQL 数据库表中 5 类表单结构体的存储实值全部达到理想化数值水平。设  $v$  代表与临空高速目标实际行进速率相关的运动位移系数， $\omega'$  代表可控遥感数据的动态采集转码常量，在一个完整的系统探测周期内，临空高速目标信息的物理存储量越大，数据库所面临的执行压力也就越大，当该数值超过理想化限定标准后，现有数据存储模式可能会被打破，从而造成目标数据跨域调度速率的持续性下降。为避免上述情况的发生，规定  $H$  代表单位时间内临空高速目标信息的理想化存储实值，联立系数  $v$  与  $\omega'$ ，可将探测系统的目标数据存储模型定义为：

$$P = \frac{2\sqrt{H^2 + d^2}}{v} - \frac{2\bar{y}}{w^{1/2}} \quad (1)$$

式中,  $d$  代表与可控遥感数据相关的目标信息采集条件,  $\bar{y}$  代表执行临空高速目标探测指令所必备的数据转存原量值。

### 3 待探测临空高速目标的信号源分析

在确保临空高速目标数据处于可靠存储状态的情况下, 按照最大探测距离计算、目标探测参数设计、脉冲函数表达式定义的处理流程, 实现对待探测临空高速目标信号源的分析与应用。

#### 3.1 最大探测距离

临空高速目标信号源的最大探测距离确定, 必须取决于如下几类指标参量。采集路径中的总损耗量包括信号源损耗、脉冲损耗和节点反射损耗<sup>[14]</sup>。由于临空高速目标信号源脉冲行为相对较为复杂, 在实际应用过程中, 很难对其进行精准的测量与计算。因此, 在实施探测处理前必须先对其进行初步的估测运算, 并根据最终数值结果做出一定的数值预留。HDFS 型节点探测系统的信号源节点脉冲频域环境相对较为复杂, 各待测目标也基本分布在远距离的信号采集区域中, 通常情况下, 实际探测距离与脉冲损耗行为的 4 次方成正比, 而由于可控遥感数据信息的存在, 探测系统中时域脉冲信号的媒质损耗量不能被完全忽略, 因此在既定的近景采集环境中 (如可控遥感数据的动态采集区域), 系统的最大探测距离始终受到临空高速目标信号脉冲采集波长的直接影响<sup>[15]</sup>。设  $G_1, G_2, \dots, G_n$  分别代表  $n$  个不同的临空高速目标信号源脉冲波长,  $L_n$  代表第  $n$  个可控遥感数据动态采集节点的位置信息, 联立公式 (1), 可将临空高速目标信号源的最大探测距离表示为:

$$E = \frac{P \cdot G_1 G_2 \dots G_n \lambda^2}{(4\mu)^3 \bar{R}^4} L_n \quad (2)$$

其中:  $\lambda$  代表可控遥感发射脉冲的能量强度,  $\bar{R}$  代表探测脉冲的损耗行为向量,  $\mu$  代表系统探测信号时域脉冲的媒质损耗量。

#### 3.2 目标探测参数设计

在可控遥感数据动态采集下临空高速目标探测系统中, 已发射脉冲信号源的参数由重复频率、幅度、脉宽等几大类共同组成, 它们并不能保持完全独立的存在状态, 通常情况下, 一个参数物理实值的改变, 会使其它参数的表现数值量随之发生改变, 有时这种协调制约行为可能是相互矛盾的, 因此在实施可控遥感数据动态采集指令时, 需要对各项参数指标进行综合考虑。当选定一种临空高速目标信号源后, 由于脉冲波输入功率值始终受限, 在理想化状态下, 输出功率的最大物理限度值也就只能以固定参数的形式存在, 大多数脉冲波的峰值功率都远远超过这个已被定义的功耗极限值<sup>[16]</sup>。规定  $V_{\max}$  代表临空高速目标信号源的最大输入功率值, 联立公式 (2), 可将基于可控遥感数据动态采集原理的目标探测参数表示为:

$$K = \frac{f \cdot d \xi V_{\max}^2}{E} \quad (3)$$

式中,  $f$  代表已发射脉冲信号源的幅度实值,  $d$  代表已发射脉冲信号源的脉宽实值,  $\xi$  代表已发射脉冲信号源的固定重复频率。

#### 3.3 脉冲函数表达式

动态采集形式的探测脉冲只能借助物理设备层接口向外输出, 成为临空高速目标探测系统中的常用输出脉冲形式。在 MySQL 数据库表的支持下, 根据被探测目标所处位置及运动方式, 若探测脉冲时域信号源波形存在定向更改的可能, 则改变信号频谱的能量分布, 就成为了调整临空高速目标特征形态的必要处理手段。一般来说, 为使信号动态采集组织处获得更强的可控遥感数据信息, 这些参量在脉冲频谱上基本一直属于不同的数值范围区间<sup>[17]</sup>。

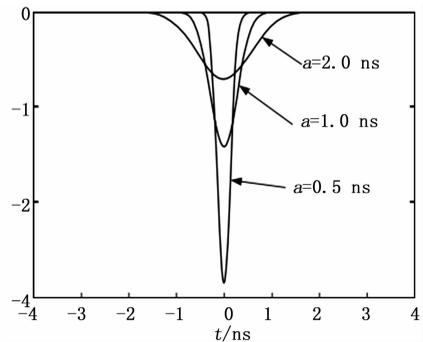


图4 探测脉冲信号的输出波长

规定在可控遥感数据动态采集技术的支持下, 临空高速目标探测脉冲信号的输出波长  $a$  只具备 0.5 ns、1.0 ns、2.0 ns 三种表现形式,  $t$  代表既定信号采集时长, 联立公式 (3), 可将临空高速目标探测系统的脉冲函数表达式定义为:

$$J = -\frac{4\varphi t}{K^2 \bar{h}} e^{-2t^2/a^2} \quad (4)$$

其中:  $\varphi$  代表脉冲探测系数,  $\bar{h}$  代表单位时间内的信号数据传输均值,  $i$  代表与可控遥感数据相关的动态采集指标参量。至此, 完成各项软硬件执行环境的搭建, 在可控遥感数据动态采集技术的支持下, 实现临空高速目标探测系统的顺利应用。

### 4 实验分析

由于在频域上可以将可控遥感数据动态采集波隔离, 临空高速目标的跨域调度速率探测, 可在非微波暗室的环境下进行, 因此可直接在实验室普通环境中完成实验。为接收到更为可靠的临空高速行进主机脉冲信号, 选择与应用接口层连通形式完全相同的收发天线, 如图 5 所示, 以使接收到的信号波形拖尾始终处于较小数值状态, 以免探测目标数据信息时, 入射信号波长与反射信号波长产生较大误差。在整个实验过程中, 探测信号接收天线的极化形式与临空高速行进主机的极化形式完全匹配, 始终保持垂

直的极化传输状态。

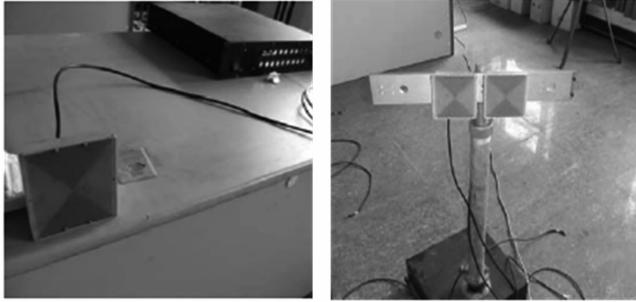


图 5 探测系统的信号收发天线

如图 6 (1) 所示, 为临空高速目标探测信号的转台控制器, 为实现对待探测目标信号的自动控制, 需要借助可控程遥感主机对接收信号进行处理, 在不出现突发行为的情况下, 转台始终可按照应用指令的约束需求进行转动, 具体角度精确值可达 0.10。图 6 (2) 为接收探测脉冲信号的示波器结构, 其型号为 Lecroy Wavepro760Zi, 实时带宽最大值可达 8 GHz, 能够满足实验的应用检测要求。



(1)



(2)

图 6 探测仪器与设备

将实验组、对照组探测仪器同时与信号收发装置相连, 在相同实验环境下, 记录已存储目标数据跨域调度速率、单位时间内信息存储值的实际变化情况, 其中实验组主机搭载可控程遥感数据动态采集下的临空高速目标探测系统, 对照组主机搭载传统 HDFS 型节点探测系统。

通常情况下, 临空高速目标数据跨域调度速率数值始终呈现类圈状变化趋势, 随实验时间的延长, 最终所呈现

数值范围的覆盖面积也就越大。图 7 反应映实验组、对照组临空高速目标数据跨域调度速率数值的具体数值变化情况。

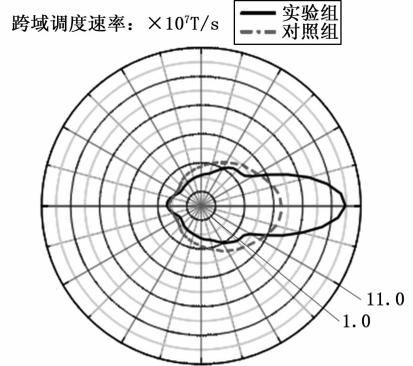


图 7 已存储目标数据跨域调度速率对比图

图 7 中最小圆环对应的调度速率数值为  $1.0 \times 10^7$  T/s, 最大圆环对应的调度速率数值为  $11.0 \times 10^7$  T/s, 相邻两个圆环之间的物理差值为  $1.0 \times 10^7$  T/s。分析图 7 可知, 在相同实验环境下, 实验组临空高速目标数据跨域调度速率数值的类圈状曲线覆盖面积更大, 最大数值水平达到  $10.0 \times 10^7$  T/s; 对照组临空高速目标数据跨域调度速率数值的类圈状曲线覆盖面积更小, 最大值仅能达到  $5.7 \times 10^7$  T/s, 远低于实验组数值水平。

表 3 记录了实验组、对照组临空高速目标信息存储值在单位时间内的实际变化情况 (规定 15 min 作为一个单位探测时长)。

表 3 单位时间内的目标信息存储值对比表

实验组别	实验时间/ (min)	单位时间内的目标信息 存储值/( $\times 10^7$ T)	
		实验组	对照组
1	5	7.4	5.0
	10	7.6	5.2
	15	7.3	5.3
2	20	4.7	5.5
	25	4.5	5.6
	30	4.8	5.7
3	35	7.7	4.1
	40	7.5	3.8
	45	7.6	3.4
4	50	4.1	3.1
	55	4.3	3.1
	60	4.4	3.1

分析表 3 可知, 实验组临空高速目标信息存储值在单位时间内的变化趋势, 始终保持阶梯型状态, 且单数实验组别的数值水平始终大于双数实验组别的数值水平, 全局最小值可达到  $4.1 \times 10^7$  T。对照组临空高速目标信息存储值在单位时间内的变化趋势, 基本保持先上升、再下降、最后稳定的状态, 全局最小值仅能达到  $3.1 \times 10^7$  T, 与实

验组最小值相比,下降了  $1.0 \times 10^7$  T,全局最大值达到  $5.7 \times 10^7$  T,与实验组最大值  $7.7 \times 10^7$  T 相比,下降了  $2.0 \times 10^7$  T。

综上所述,在相同实验环境中,随着可控遥感数据动态采集下探测系统的应用,临空高速目标数据跨域调度速率、单位时间内的目标信息存储值均出现明显上升的变化趋势,解决了与目标节点探测相关的实际应用问题,也使得临空高速目标数据的跨域存储与调度情况得到明显好转。

## 5 结束语

与传统 HDFS 型节点探测系统相比,可控遥感数据动态采集下目标探测系统从物理设备层、数据聚化层、应用接口层 3 个角度,实现对硬件执行环境的初步完善。在软件处理方面,同时联合 MongoDB 数据库架构与 MySQL 数据库表,可在确定最大探测距离实值的同时,定义最基本的脉冲函数表达式。从实用性角度来看,已存储目标数据跨域调度速率与单位时间内目标信息存储值的同步提升,可促进临空高速目标数据存储与调度环境的不断完善,符合与目标节点探测处理相关的实际应用需求。

### 参考文献:

- [1] 王向军, 张嘉豪, 王 越. 基于位姿数据校正的遥感红外图像相似性先验拼接 [J]. 红外技术, 2019, 41 (12): 1091-1099.
- [2] 丁 凯, 李清泉, 朱家松, 等. 运用 MODIS 遥感数据评测南海北部区域机载激光雷达测深系统参数 [J]. 测绘学报, 2018, 47 (2): 180-187.
- [3] 张思思, 高旭光, 滑文强. 基于聚类与人工神经网络的遥感图像信息提取方法 [J]. 电子设计工程, 2020, 28 (15): 106-109.
- [4] 陈 军, 王利平, 朱小红, 等. 基于设备功能的智能变电站二次设备状态评估方法研究 [J]. 电测与仪表, 2019, 56 (3): 47-51.
- [5] 阳育德, 蓝水岚, 覃智君, 等. 电力信息物理融合系统的网络一

(上接第 107 页)

## 4 结束语

本文提出了一种导航卫星载荷的自主健康管理策略,通过配置健康管理器进行载荷故障的独立监测并进行了自主故障诊断和恢复的优化设计。该自主健康管理策略,可以完成载荷分系统的的全系统、全链路的自主完好性监测,并且可以根据监测结果逐级定位问题,确保故障定位的准确性和实时性。同时,自主健康管理器可以根据问题定位位置的不同,采取不同的自主故障处置策略,确保可以及时快速排除故障,减少故障恢复时间,降低故障对导航卫星的连续性和可用性的影响。

### 参考文献:

- [1] 谭述森. 卫星导航定位工程 [M]. 北京: 国防工业出版

- 物理协同攻击 [J]. 电力自动化设备, 2020, 40 (2): 97-102.
- [6] 申燕萍, 顾苏杭, 郑丽霞. 基于云计算平台的仿生优化聚类数据挖掘算法 [J]. 计算机科学, 2019, 46 (11): 247-250.
- [7] 庞 宁, 张继福, 秦 喙. 一种基于多属性权重的分类数据子空间聚类算法 [J]. 自动化学报, 2018, 44 (3): 517-532.
- [8] 陈书立, 李新建, 胡玉霞, 等. 互信息引导下的前向搜索脑机接口导联选择算法 [J]. 计算机应用研究, 2018, 35 (4): 1080-1083.
- [9] 董明旭, 楚 彬, 陈春花, 等. 一种 CORS 的高精度位置服务云平台建设方法 [J]. 测绘科学, 2018, 43 (7): 164-169.
- [10] 王 萍, 周治平, 李 静. 无后端数据库的 RFID 安全认证协议的改进方案 [J]. 计算机科学与探索, 2018, 12 (7): 1117-1125.
- [11] 严丽云, 何震苇, 杨新章, 等. 基于 Kubernetes 的容器化数据库及其集群方案 [J]. 电信科学, 2018, 34 (12): 163-171.
- [12] 许 鑫, 时 雷, 何 龙, 等. 基于 NoSQL 数据库的农田物联网云存储系统设计与实现 [J]. 农业工程学报, 2019, 35 (1): 172-179.
- [13] 吴晓玲, 邱珍珠. 基于云存储架构的分布式大数据安全容错存储算法 [J]. 中国电子科学研究院学报, 2018, 13 (6): 720-724.
- [14] 安 宁, 陈煜丰, 刘承志, 等. 基于激光大气传输特性的卫星激光测距系统的最大探测距离 [J]. 光学学报, 2018, 38 (9): 15-20.
- [15] 姚宗辰, 张 合, 张祥金, 等. 探测距离对激光定距引信探测能力影响的分析与评价 [J]. 红外与激光工程, 2018, 47 (3): 46-54.
- [16] 周必雷, 王永良, 段克清, 等. 一种主瓣干扰环境下的雷达目标参数“同维”稀疏估计方法 [J]. 电子学报, 2019, 47 (6): 1201-1208.
- [17] 张宇佳, 张婷婷, 梁 慧. 基于块脉冲函数求解第一类 Volterra 积分方程的数值分析 [J]. 黑龙江大学自然科学学报, 2019, 36 (2): 50-55.
- [1] 袁建平, 罗建军, 岳晓奎. 卫星导航原理与应用 [M]. 北京: 中国宇航出版社, 2003.
- [2] 谢 钢. GPS 原理与接收机设计 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2014.
- [3] 王宏兵, 高 扬, 肖胜红. 导航卫星主备钟平稳切换性能设计分析 [J]. 无线电工程, 2016, 46 (9): 76-79.
- [4] 张 雷, 李志栋, 孙 波. 航天器健康管理平台设计研究 [J]. 计算机测量与控制, 2019, 27 (10): 18-22.
- [5] 胡绍林, 肇 刚, 郭小红, 等. 航天安全与健康管理工作研究述评 [J]. 上海应用技术学院学报 (自然科学版), 2015, 15 (3): 286-292.
- [6] 王文平, 王向晖, 徐 浩, 等. 高分三号卫星自主健康管理系统设计及实现 [J]. 航天器工程, 2017, 12 (6): 40-45.