

# 一种靶场实时系统云控制平台 及其实现方法

曾明亮, 刘衍军, 黄 炜

(中国人民解放军 95972 部队, 甘肃 酒泉 735018)

**摘要:** 随着靶场试验范围的扩大和测控设备的增多, 为满足靶场指挥控制、测量引导等系统高实时性和可靠性要求, 需要一种信息交互便利、控制策略简捷、系统重构迅速、功能扩充方便的实时控制系统处理平台; 为此, 在分析武器试验靶场实时控制中应用的双机热备份、集群以及分布式控制计算机系统基础上, 构建了云控制平台, 提出了云控制概念、节点自动监测和动态任务自动调度方法; 依据靶场信息传输处理流程, 提出了靶场实时控制系统的层次结构; 目前, 已按该方法成功构建成满足使用要求的云控制通用平台。

**关键词:** 靶场; 实时系统; 云控制; 方法

## A Kind of Cloud Control Platform in Real Time in Weapon Test Range and its Actualizing Method

Zeng Mingliang, Liu Yanjun, Huang Wei

(Unit 95972 PLA, Jiuquan 735018, China)

**Abstract:** With the enlargement of test range and the increase of measurement and control equipment, a kind of control system process is in need of a platform, capable of convenient interact with information, convenient control method, rapid system restructuring, convenient functional expansion, meeting the demand of real-time and reliability. Therefore, the paper puts forward a principle method for automatic monitor of each node and automatic executive of dynamic task dispatch, after giving an idea of cloud-control and building cloud control platform. It is based on analyzing the application of the real time control for computers system of complex, distributed control and double-computers hot standby in weapon test range. Next, according to information transform process, it gives the hierarchy of control system in real time in test range. At present, the common platform of cloud control has been built successfully by the method and meets the demand.

**Key words:** range; real time system; cloud-control; method

### 0 引言

武器试验靶场指挥控制与测控引导系统是典型的高实时控制系统, 对其处理平台的处理能力、实时性、可靠性和自愈性都提出了高要求。靶场实时控制中心处理平台通常采用双机热备份计算机系统、集群计算机系统和分布式处理计算机系统。这些系统在靶场武器装备试验指挥控制和设备引导中发挥着极其重要的作用, 但仍存在许多局限性。双机热备份系统的处理能力受制于单台服务器性能, 开关箱和总监控台是影响可靠性的短板, 硬、软件继承性和扩展性差; 集群计算机系统的可靠性短板是总监控台和对外信息交互的代理服务器; 分布式控制系统的缺点是分层多, 实时性差, 信息的共享性和综合处理能力差, 全系统可靠性不高。虽然云计算 (Cloud Computing) 目前已被广泛应用, 但云计算平台是针对商业用途的, 如非实时性的巨量信息处理、复杂任务计算和企业数据服务等<sup>[1]</sup>, 其控制机制与方法不适用于靶场高实时控制系统。因此, 靶场迫切需要有一种高实时、高可靠、自愈能力强的处理控制平台。

### 1 云控制概念

云控制 (Cloud Controlling) 是一种基于宽带实时网络将大量参与控制的计算机 (又称控制节点<sup>[6]</sup>) 连成一个控制资源

池, 各种控制应用系统可以从池中按需要灵活获取控制力<sup>[2-3]</sup>。云控制是将一个实时应用系统分成若干控制任务项, 并把这些任务项分布在实时网络构成的大量计算机上, 由承担任务的这些计算机相互协调一致地完成信息综合处理与控制任务。若把连接控制和被控设备的实时网络称作“云”, 则被连接的所有计算机就犹如飘在云中的、具有不同功能的控制粒子, 不同的应用系统只是赋予这些控制粒子不同的功能而已。

云控制系统与双机热备份、集群以及分布式控制计算机系统不同, 一是把包含被控设备在内的所有与网络连接的计算机视作一个整体; 二是在内部任务调度机理上, 各计算机在控制地位上是平等的, 没有主控和备份之分; 三是各节点的监测是顺序循环的。在双机热备份和集群计算机系统中, 任务切换 (或任务调度) 是通过主控台监视计算机的“心跳”信号进行的; 分布式控制计算机系统则按分工独立完成自己的任务, 不进行动态任务调度。而在云控制系统中, 各计算机之间是以顺序循环方式进行监视, 一旦某计算机发现其它计算机出现问题 (或故障), 则自行发起任务调度控制。因此, 云控制系统中的监测是“相互”的, 动态任务迁移是“谁发现谁调度”的, 一切过程自动完成。由此可见, 云控制是双机热备份、集群和分布式控制计算机系统发展融合的产物。

### 2 云控制平台构架

云控制平台主要由云控制节点、通信网络、时统设备及平台控制软件组成。控制节点包括被控设备端计算机群和控制处理计算机群。被控设备端计算机群以网络接口联入控制系统,

收稿日期: 2013-12-15; 修回日期: 2014-02-08。

作者简介: 曾明亮 (1958-), 男, 江西南丰人, 高级工程师, 主要从事靶场测控总体技术方向的研究。

带宽以设备输出信息和接收信息量确定,通常作为控制系统的分支,占用带宽相对较小,用百兆网连接即可,多台设备信息汇集后与控制计算机群的通信拟用千兆联网;控制计算机群宜选用当前处理能力强的高性能服务器组成,由于计算机之间信息量大、处理周期短、信息交互频繁,拟采用万兆网络联接;通信网络主要由光纤和网络交换机组成。云控制平台的规模需要根据被控设备数量、控制复杂程度和信息处理量进行搭建,资源冗余设计是保证系统可靠性的前提。

云控制系统是由网络时间统一来保持各计算机之间的时间和时钟同步,以确保控制系统各控制节点严格按统一时序要求进行精确同步控制。由于靶场试验测量设备均有时间统一系统,其数据采样和输入/输出可以按靶场时间精确同步控制;考虑到靶场实时控制处理中对时间同步要求严格,用万兆联网的控制计算机之间需要采用基于 IEEE1588 标准的网络化测量和控制系统的精确时钟同步协议<sup>[6]</sup>,实现各控制节点的时间统一。

### 3 平台控制方法—动态云图法

#### 3.1 控制云图建立

在云控制系统中,应用软件被分成若干个任务项,每一任务项必须确保系统中的任何一台控制计算机(控制节点)能够在处理周期内完成。控制系统的应用软件一旦确立,各任务项之间的信息传输关系便固定了。各控制节点计算机之间的信息交互关系可以依据任务项之间的固定信息关系按云控制策略动态构建。为此,建立云控制计算机 C1、C2……Cn 与任务项 D1、D2……Dm 的对应关系如表 1 所示。

表 1 云控制计算机与任务项的对应关系

任务项号	计算机号	IP 地址号	健康状况	启/停状态
D1	C1	xx. xxx. xxx. xx1	1/0	0/1
D2	C2	xx. xxx. xxx. xx2	1/0	0/1
:	:	:	:	0/1
Dm	Cm	xx. xxx. xxx. xxm	1/0	0/1
0	:	:	1/0	0
0	Cn	xx. xxx. xxx. xxn	1/0	0

这张反映应用软件任务项与执行计算机之间的对应关系图表称为控制云图(Control Cloud Chart)。随平台系统软件安装在各计算机中的固定控制云图称为基础云图(Basic Cloud Chart)。系统运行时,会根据节点监测情况实时自动地修改云图,这张动态变化的云图称为动态云图(Dynamic Cloud Chart)。

控制云图是云控制的基础,是基础云图和动态云图的统称。控制云图是开放性,横向表征系统的可控度,可控项可根据系统控制需要扩充;纵向表征系统的规模度,任务项和节点可按需随意增加。本文涉及的节点健康自动监测机制、动态任务调度原理方法等都是基于控制云图。基础云图反映了系统的基本特性,系统节点和软件功能的变更必须修改基础云图。动态云图既反映了系统运行的动态特征,又是系统软件实施控制的依据,系统控制的核心就是动态云图的实时更新。

#### 3.2 平台控制原理

在云控制平台中,定义一个广播式的“云图修改信息包”,对所有控制节点发送。该信息包只有在系统某节点发生问题、新节点联入或启/停应用软件时才出现。平台控制原理是:各

控制计算机事先都安装了包含基础云图的系统软件 and 所有应用软件任务项,系统启动后,按照一定方式对各节点健康状况进行监测,当 Cj 节点计算机检测到 Ci 节点计算机出现问题时,Cj 计算机便对当前云图中 Ci 计算机的健康状况进行修改,如果 Ci 计算机承担了某任务项 Di 时,则把 Di 任务项(含启/停状态)调配到健康状况良好且空闲的计算机,并将更新的云图通报给所有控制节点(计算机);各控制节点按照当前云图启/停各自的软件任务项;依据任务项固定的输入/输出关系,通过当前云图建立与相应计算机(IP 地址)的信息传输关系;若系统有云图更新,各节点接收到新云图后,则按新云图确定的任务项运行。以此反复,实现云控制平台的自动检测和自动动态任务调度。

#### 3.3 节点自动监测

采用“顺序循环”的监测方法实现对系统各控制节点健康状况的自动监测。定义一个简短的“节点健康信息包”(相当于“心跳信号”),这是一个常态信息包,每个节点在每个处理周期都要发送一次。按照当前云图中健康计算机的编号顺序,每个处理周期内,前一节点向后一节点(最后节点向最前节点)发送一个健康信息包,各节点则监测前一健康节点的状况。当 Cj 节点未收到 Ci 节点的健康信息包时,说明 Ci 节点计算机出现问题,需要即刻更新云图并通报给系统。云控制系统一个处理周期内节点控制流程如图 1 所示。

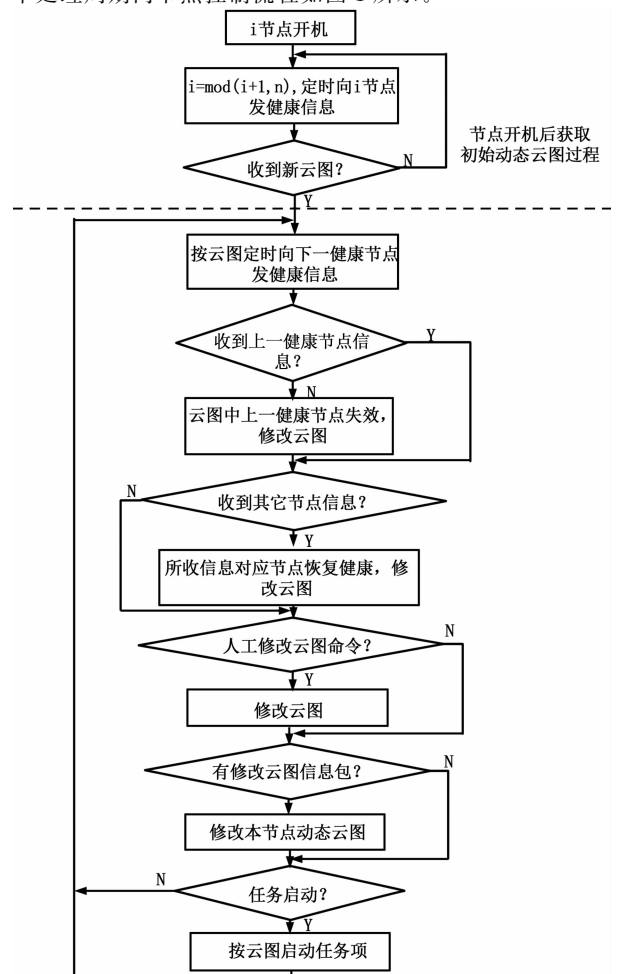


图 1 一个处理周期内节点控制流程图

云控制平台的这种“顺序循环”监测机制和“谁发现谁调度”的控制机制不仅确保了各节点地位的平等性，没有影响可靠性的短板，而且避免了集群计算机平台各节点健康信息全都涌入总控台的信息风暴和总控台负担过重问题的发生。无论节点如何增多，云控制平台中各节点的监控量不变，只对下一健康节点发送“心跳”信息，并监视上一节点发来的健康信息。云控制系统开机后只需要一个处理周期就可以完成系统检测、形成动态云图，一旦有节点出现问题，可以在一个处理周期内自动完成任务调度；基于控制云图，操作人员不仅能启/停整个应用软件，还能操控到每个任务项，做到按需启用资源，最大限度地提高系统效能。动态云图是“云”中各控制粒子功能和信息流向的内在反映和控制依据，也是云控制平台系统软件的核心。

#### 4 靶场实时控制系统层次结构—云层划分

为了使武器试验靶场实时云控制系统的实时任务软件层次<sup>[5]</sup>更分明、处理控制更有效，可以根据信息传输与处理流程，把靶场实时云控制系统原则性划分成多个云层（Cloud Layer），即传感云层、服务云层、核心云层和界面云层，示意图 2 所示。

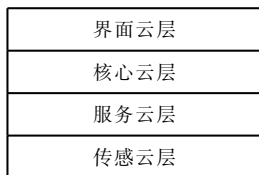


图 2 靶场实时系统云层

传感云层（Sensor Cloud Layer）即为用于靶场信息感知的传感器设备层。如光测、雷达、遥测、卫星定位、区域测距定位等测量设备层，其中大部分也是被控制设备。

该云层的任务是实时采集信息送给服务云层，同时接收服务云层发来的引导控制信息，对本设备进行引导控制等。由于靶场测量设备多，为便于服务云层处理，我们把传感云层中可以按照一定形式分成组的设备称为“云团”。云团的划分以使用和服务方便为原则，以服务云层中的服务器处理能力为基础，即云团中传感器设备的数量不能超出服务云层中单台服务器处理这些设备信息的能力范围。这样，传感云层可以由许多云团组成，随着系统扩展的需要，云团可以按需增加。服务云层按照云控制机理动态为云团分配服务节点，一个服务节点对应为一个云团提供服务。

服务云层（Service Cloud Layer）就是直接为靶场测量设备提供服务的云层。主要负责对单台设备的信息进行预处理，送给核心云层和界面云层；同时接收核心云层送来的全部目标的综合航迹信息，按照设备分工选择正确的目标信息送给测量设备，可以按需要用多台服务器分别为传感云层的不同云团服

务，这样也便于新设备和外来信息的扩充。

核心云层（Nucleus Cloud Layer）是指对多台设备信息进行综合处理的云层。主要接收服务云层处理好的各设备信息，并按目标进行综合处理，如信息融合、属性识别、相关解算、智能决策、信息分发等，将结果送给服务云层和界面云层。

界面云层（Interface Cloud Layer）又可称为监控云层，是用于人机交互的显示与控制界面，主要进行各种显示页面的处理和人工干预命令的响应，为试验指挥控制、测量引导、操作使用和技术人员提供丰富友好的综合交互界面。考虑到界面云层需要显示器、键盘等输入/输出设备，且显示软件是按监控人员所需随意调用的，不象其他云层的任务项在每个周期内均必须运行，因此界面云层的计算机可以设为专用监控终端。

靶场实时系统云层的原则性划分是为了使应用软件各项任务更清晰、更合理，各云层属于同一云控制系统，除传感云层的计算机（多数为测量设备一部分）与测量设备为一一对应之外，其他云层可以按需、灵活地共享云控制平台资源。

#### 5 结束语

在云计算被广泛运用的今天，云控制概念的建立是大型实时控制系统的需要，也是网络和计算机技术发展之必然。本文提出的实时云控制系统既融合了目前双机热备份计算机系统、集群计算机系统和分布式控制计算机系统的优点，又在其基础上按“云”的概念作了改进和发展，使云控制系统具有处理能力强大、可靠性高、实时性好、自愈力强、层次结构晰等特点，体现出良好的开放性、灵活性、继承性和扩展性，目前已经按该方法成功构建成满足使用要求的云控制通用平台。随着武器装备的发展，武器试验靶场将迎来新的建设机遇，云控制必将在将来的靶场实时系统中发挥重要作用，同时也适用于其它领域的大规模实时控制系统。

#### 参考文献：

[1] Jim Baty. take Your Business to a Higher level; Sun Cloud Computing [J]. 2008 (13).

[2] 陈全, 邓倩妮. 云计算及其关键技术 [J]. 计算机应用, 2009, (9): 2562-2567.

[3] 梁东莺, 高潮. 云计算及其应用 [J]. 计算机测量与控制, 2011, (8): 1958-1961.

[4] 苏春梅, 段惠芬, 陈思. 基于软构件的海上测控指挥显示系统设计 [J]. 飞行器测控学报, 2010, (6): 60-65.

[5] 曾明亮, 刘衍军, 彭小林, 等. 逻辑靶场理论与应用研究 [J]. 飞行器测控学报, 2011, (3): 89-94.

[6] 方锦明. 云计算中虚拟资源调度的决策系统 [J]. 计算机测量与控制, 2011, (12): 3145-3148.