

doi: 10.7690/bgzdh.2024.04.016

“云杀伤链”构建方法

陈虹, 张洪江, 叶希, 潘璠

(西南计算机有限责任公司技术中心, 重庆 400060)

摘要: 针对传统“杀伤链”要素单一、抗毁性弱等问题, 基于作战资源“虚拟化、服务化、共享化”的核心思想, 提出“云杀伤链”作战构想及其系统架构。阐述装备建模、资源服务化、云服务聚类及柔性组织等关键技术, 初步构建“云杀伤链”作战系统的技术框架; “云杀伤链”作战系统能以自协调、自适应的方式完成临机任务规划及兵力重组, 更适合快节奏、高强度对抗的战场环境。结果表明, 该方法可为军队提升网络化联合作战能力和敏捷精确打击能力提供参考。

关键词: 杀伤链; 作战资源; 云服务; 聚类; 柔性组织

中图分类号: E91 **文献标志码:** A

Construction Method of “Cloud Kill Chain”

Chen Hong, Zhang Hongjiang, Ye Xi, Pan Jin

(Technology Center, Southwest Computer Co., Ltd., Chongqing 400060, China)

Abstract: Aiming at the problems of single elements and weak invulnerability of the traditional “Kill chain”, based on the core idea of “virtualization, service and sharing” of combat resources, the “cloud Kill chain” combat concept and its system architecture are proposed. The key technologies such as equipment modeling, resource service, cloud service clustering and flexible organization are described, and the technical framework of the “cloud Kill chain” combat system is initially constructed; The “Cloud Kill chain” combat system can complete the mission planning and force restructuring of the aircraft in a self coordinated and adaptive manner, which is more suitable for the battlefield environment of fast-paced and high-intensity confrontation. The results indicate that this method can provide reference for the military to enhance its networked joint combat capabilities and agile precision strike capabilities.

Keywords: kill chain; combat resources; cloud services; clustering; flexible organization

0 引言

未来高智能、强对抗、快节奏战争条件下, 战场空间和作战领域极大拓展, 敌、我作战力量更加多元化, 参战要素在战场空间广域分布, 对陆、海、空、天、网、电磁等多域情报快速共享、多军兵种敏捷协同、多元火力综合毁伤等作战需求愈来愈强烈, 如何高效地组织管理和运用各类作战资源达到火力打击效益最大化, 如何提升作战体系的抗毁顽存性和灵活适变性, 是未来很长时期内军事网络信息体系装备建设需要重点思考和解决的问题。

笔者针对传统杀伤链存在要素单一、抗毁性弱等问题, 提出“云杀伤链”作战构想及其系统架构, 基于装备建模及资源服务化等技术, 形成云服务资源池, 能够以作战任务和战术规则为牵引, 实现多域作战资源的自组织、自协调及自适应^[1-3], 具有抗毁顽存、敏捷高效等显著优势。

1 “云杀伤链”构想

1.1 概述

“云杀伤链”的基本思想是借助云网络, 实现多域作战资源的跨域共享、灵活组合、无缝衔接和柔性组织, 从而提升情报感知的精准性、指挥决策的敏捷性及火力打击的高效性。

“云杀伤链”作战构想如图 1 所示。

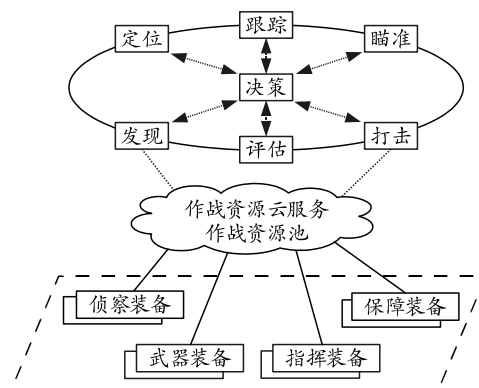


图 1 “云杀伤链”作战构想

收稿日期: 2023-12-20; 修回日期: 2024-01-25

第一作者: 陈虹(1979—), 女, 陕西人。

“云杀伤链”的主要内涵包括：

1) 打破了传统的装备功能与物理实体紧耦合的现状，实现了装备逻辑功能与物理实体地解耦，将物理世界存在的侦察、指挥、武器、保障等实体装备映射成逻辑世界的各种虚拟作战资源和一系列作战资源服务，便于作战资源的统一组织和管理。

2) 依托军事云网络，在云端聚合形成作战资源池和作战资源云服务目录，并能基于目标打击任务，完成作战资源云服务的自组织与调度，能够动态自主地形成一条或多条涵盖“发现、定位、跟踪、瞄准、打击、评估”^[4-5]6个环节的“杀伤链”。

3) “云杀伤链”的每个环节都需要进行决策，在“发现、定位、跟踪、评估”环节，完成目标搜索、识别、定位、跟踪和打击效果评估等决策；在“瞄准、打击”环节，完成目标分配、火力规划与控制等决策。

1.2 典型流程

一体化联合作战背景下，“云杀伤链”典型作战流程包括：

1) 发现目标。

根据目标侦察任务要求，在云作战资源池中自动匹配和调用可用的侦察传感器资源，开展广域搜索和探测，发现可疑目标后立即进行识别，并生成初始的目标清单及目标情报，并同步共享到云平台。

2) 定位目标。

通过对汇集到云端的多种传感器数据进行关联分析及融合处理，完成目标确认与精准定位，形成高精度的目标情报信息，并初步提出目标打击建议。

3) 跟踪目标。

调用广域分布的云传感器资源对目标进行连续精确跟踪，实时更新目标情报信息以及目标打击建议，确保能准确掌握最佳的打击时机。

4) 瞄准目标。

利用云传感器资源快速确认要打击的目标，通过调用云打击决策服务，自动分析目标特性，评估武器、信息保障需求，确定最优火力打击方案。

5) 打击目标。

根据指挥官批准的打击行动方案，调用云武器资源，完成目标打击任务。

6) 评估打击效果。

调用云传感器资源观察打击效果，从物理毁伤和功能毁伤等方面进行综合毁伤分析评估，并给出毁伤结论和后续打击建议。

1.3 作用与意义

“云杀伤链”屏蔽了装备的异构性，打破了传统战场上的层级化组织关系，通过对装备资源的服务化抽象与管理，实现了基于云服务的装备资源精准匹配和协同运用，对提升部队情报实时共享、火力快速反应、多域协同作战等实战能力具有重要意义。

1) 提高了情报精确感知与敏捷共享能力。

通过军事云网及各类侦察资源云服务，实现了陆、海、空、天、网及电磁等多域情报信息地快速汇集、融合与共享，使指挥员可以更快地获取到更加全面、准确的信息，提升了战场情报精确感知能力。

2) 提高了火力快速反应能力。

基于网络化军事云服务环境，将各种广域分布的异构作战资源链接到云资源池，通过访问各类武器装备提供的打击服务，快速地完成多元火力协同组织和运用，实现了作战指挥体系的扁平化，提高了火力反应速度，有效克服了传统的“树状”指挥体系作战效率低的问题。

3) 提升了作战体系的抗毁重构能力。

“云杀伤链”作战体系具有较好的开放性和扩展性，任意作战资源都可按授权注册到云资源池，并在云网络上开放相应的资源服务。作战过程中，云作战中心能通过访问相关的资源服务，实时感知敌我态势的变化情况，自组织、自协调、自适应地快速完成任务重规划及力量调整，能有效提升作战体系的顽存性。

2 “云杀伤链”系统架构

“云杀伤链”系统简化了指挥协调流程，缩短了情报协同共享链路，能面向作战任务快速地组织和调度作战资源。

系统总体技术架构由实体装备层、虚拟资源层、云服务支撑层、业务组件层和系统应用层组成，如图2所示。

1) 实体装备层。

战场环境中离散分布的各类装备、人员、基础设施、数据库、模型库等实体要素，是构建“云杀伤链”的基础支撑。

2) 虚拟资源层。

通过逻辑属性建模，实现对作战实体物理属性的抽象化描述；通过物理接口适配，获得实体装备的物理属性集；通过服务化封装，实现对作战实体

能力和互操作接口的服务化描述，为上层业务应用提供服务支撑。

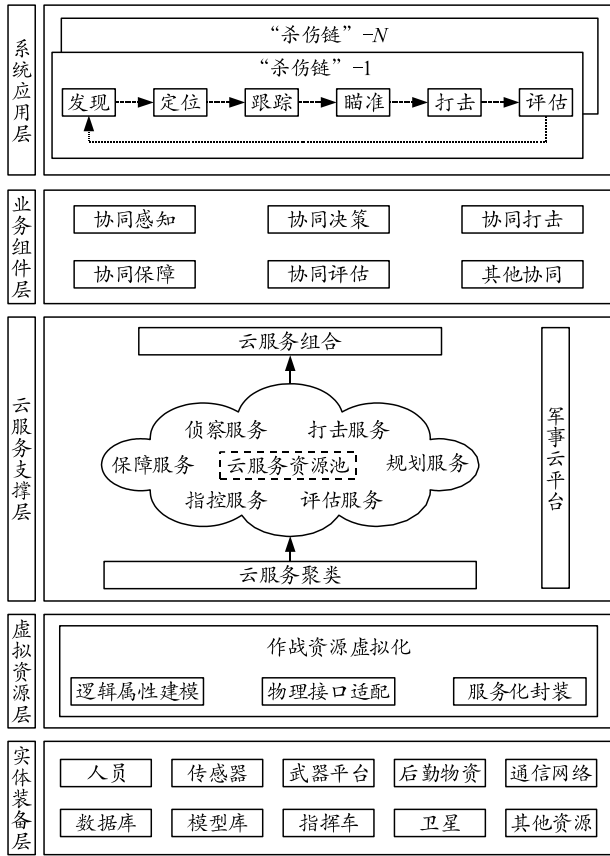


图 2 “云杀伤链”作战系统总体技术架构

3) 云服务支撑层。

对于注册到云平台的所有服务进行聚类处理，形成涵盖侦察、打击、指控、规划、评估、保障等要素类型的云服务资源池；可按业务需求，灵活组合与调度各类云服务，实现作战资源的柔性组织。

4) 业务组件层。

以任务需求为牵引，依托各类作战资源云服务的组合调用，完成协同感知、协同决策等多种协同作战业务。

5) 系统应用层。

基于多个业务组件功能的集成应用，协同组织与调度多域作战资源，敏捷构建一条或多条顺序执行、并行执行或交替执行的“云杀伤链”，完成对单目标或多目标的快速发现、定位、跟踪、瞄准、打击及评估。

3 关键技术

3.1 装备建模技术

通过使用计算机可直接理解的语言，对战场上广域分布、数量众多、种类繁多、形态各异的各种

传感器、火力、决策、评估、保障等作战装备的物理属性进行抽象和描述，是实现作战资源服务化封装的基础。

在构建装备逻辑属性模型过程中，通常需要关注以下几点：

1) 一个装备实体可以抽取出多种不同的逻辑属性模型，如某型察打一体无人机可以抽取出侦察能力、火力打击能力、空中机动能力等多种逻辑属性模型；而不同类型的装备也可能抽取出相同的逻辑属性模型，如侦察车、指挥车都可以抽取出机动能力和通信能力逻辑属性模型。

2) 在构建装备逻辑属性模型的过程中，需要综合考虑作战过程中各类人员对不同装备属性的关注度和使用需求，并考虑现有的装备技术条件约束等因素。

3) 需合理划分装备逻辑属性模型的分类粒度。如果分类过粗，则导致细粒度的资源搜索和精准匹配会比较困难；而分类过细，则又降低了海量资源管理和组织调度的效率。

综合考虑以上原则，设计装备的通用逻辑属性模型，如图 3 所示。

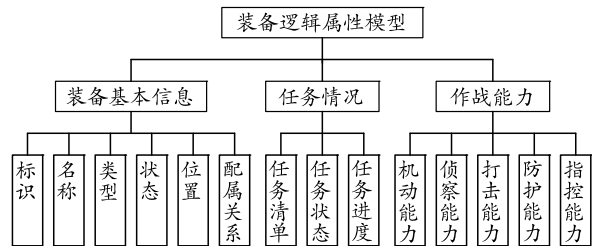


图 3 装备逻辑属性模型

在具体的装备信息系统开发实践过程中，首先需要抽象和设计装备逻辑属性数据字典，建立装备属性数据库表，并将相关数据库和数据库访问服务打包成数据库服务段；其次，在作战数据中心云服务器、装备本地端服务器上分别部署装备逻辑属性数据库服务段，能支持分布式存储和访问装备基本信息、任务数据及作战能力数据等。作战过程中，可根据战场态势变化情况，实时更新装备逻辑属性信息，以便指挥员能方便地查询、计算、分析、评估各类装备实力情况，为临机任务规划、指挥决策、力量调度与控制提供有效支撑。

3.2 装备接口适配技术

装备接口适配就是通过一系列的专用接口获得反映装备当前逻辑功能状态的属性集，为后续装备逻辑功能的服务化封装提供数据支撑；同时，也提

供了装备的互操作通道。

战场上广泛存在的装备，按照功能大致可以分为指控、侦察、武器、保障4类装备，这些装备一般由各种软件系统和硬件平台组成。因此，可将实体装备的适配接口设计为以下2类：

1) 软件适配接口。软件适配接口以后台服务的形式集成到装备软件应用系统中。通过该接口可实现对装备信息系统数据库的访问，也可实现与应用软件程序、硬件适配接口的交互。不仅可以完成装备物理特征信息的采集，还可接收远程控制指令，并调度硬件适配接口完成对装备的控制。

2) 硬件适配接口。硬件适配接口通常以信息采集与控制模块的形式集成到装备硬件平台上，实时采集装备硬件平台运行状态特征数据。如装备位姿信息、载荷状态、剩余油料等数据。同时，也提供对装备硬件平台的互操作通道，如控制设备开关机等。

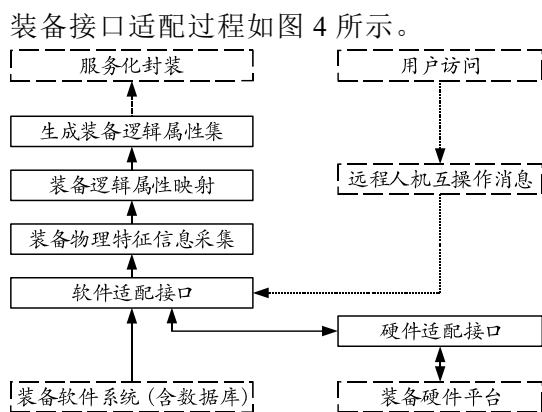


图4 装备接口适配过程

装备适配接口的设计与研制，通常需要同步考虑装备系统总体研制。首先，需要在传统的装备设计方案中增加装备属性数据采集与控制功能设计；其次，定义和开发相关的装备属性状态数据采集软件及硬件总线数据采集适配器；最后，在装备本地信息系统终端上安装、部署装备数据采集软件和数据采集适配器，实现对装备属性状态数据的实时采集与处理，同时还可通过接收侦察、打击等用户指令实现对装备载荷的调度控制。

3.3 装备资源服务化技术

装备资源服务化^[6]，就是将装备逻辑属性集描述的装备能力进行抽象、组合并封装成一系列功能服务，为上层业务应用搜索、发现、评估和运用装备资源提供支撑。

通常，根据“云杀伤链”作战系统对装备资源

的使用需求，将装备功能封装为以下3种类型的服务：

1) 装备信息订阅类云服务。作战过程中，指挥员更多关注本次作战中有多少可用的装备资源、装备的基本情况如何。而通过调用已经封装好的一系列装备信息订阅服务，就能方便地掌握所需的信息，包括装备位置、装备载荷状态、装备防护情况等信息订阅服务。

2) 装备实力评估类云服务。在掌握装备基本信息后，根据作战任务，通过调用封装的装备机动能力评估模型、侦察能力评估模型、打击能力评估模型、保障能力评估模型等计算分析类服务完成对装备实力的分析和评估，从而为“云杀伤链”行动规划与决策提供支撑。

3) 装备互操作类云服务。通过该类服务可使授权用户向装备发送一系列指挥控制或操控类消息指令，并完成对装备的远程控制。如侦察目标服务、火力打击服务、通信保障服务及机动转移服务等。

装备资源服务化的工程实现，主要是依托装备逻辑属性资源库和装备适配接口，开发和封装一系列面向装备数据查询、装备实力数据分析评估以及装备控制等应用业务的软件服务，并在军事云平台上完成服务注册与发布，形成装备资源云服务库，为作战应用提供丰富的底层功能服务支撑。

3.4 战场资源云服务聚类技术

由于战场上的作战资源种类繁多、数量庞大，通过服务化封装后，可能会存在大量功能相似或相同的服务，如轻型侦察车、履带侦察车等侦察类装备完成服务化封装后，都能提供目标侦察服务。

然而，在作战任务分配过程中，云服务数量规模越大，越会影响和降低资源匹配及优化组合的效率；因此，必须对规模庞大的云服务进行聚类^[7]处理。

采用支持向量聚类(support vector clustering, SVC)算法，在无监督条件下，以VC维理论和结构风险最小化原则为基础，使用支持向量技术进行类别学习，泛化能力良好，可以解决小样本学习的问题，具有较高的收敛性及置信水平，能够快速、高效地完成大规模云服务聚类重组。

在云服务聚类的技术实现过程中，首先根据聚类算法开发聚类服务软件，然后在云服务器上部署聚类服务软件，云服务管理器通过调用聚类服务软件，实现对云资源池中的各类装备资源服务的分类

编排,生成云资源服务目录,便于各类作战应用能快速地发现和精准匹配作战资源。

3.5 云资源柔性组织与应用技术

“云杀伤链”的核心就是以任务为牵引,通过作战资源云服务的协同应用,实现作战资源的科学规划与柔性组织调度^[8-11],从而提升火力反应速度和综合毁伤效能。

面向任务的云资源柔性组织与应用流程主要包括 3 阶段:

1) 任务分析。围绕“云杀伤链”作战的总体目标及指挥员的战术意图,完成任务解析、任务形式化描述及任务资源需求分析,从而形成任务目标及资源需求清单。

2) 资源感知与规划。利用云资源查询服务,即时发现与感知满足任务需求的各类侦察、打击、指挥、保障等作战要素的资源状态及位置,自动匹配和推荐可用的作战资源,并通过调用资源规划与冲突消解云服务,生成最优的资源运用方案。

3) 资源协同应用。基于云服务资源池即时完成资源服务映射及资源服务的组合化调用,实现对任务资源的柔性组合与控制,快速形成一条或多条并行执行的“云杀伤链”。

系统应用流程如图 5 所示。

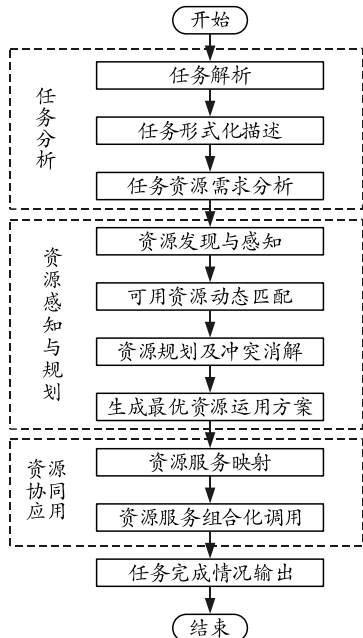


图 5 面向任务的云资源柔性组织与应用流程

4 “云杀伤链”作战运用及效果

相比于传统“杀伤链”主要依托自身编制体制内的作战力量实施目标侦察、指挥决策、火力打击

及毁伤评估。“云杀伤链”能够打破部队编制体制的约束,根据目标毁伤任务,自主计算作战资源需求、自主推荐作战力量和作战方案,能自由组合作战资源,跨域调度和控制作战资源,真正实现作战资源的全网共享,极大地缩短了“杀伤链”反应时间。

以“信、火、特”协同作战为例说明“云杀伤链”的运用模式。例如,敌后执行侦察监视任务的特战小队突然发现威胁度较高的一个重要目标,立即向云作战中心上报情报信息,并提出火力支援申请;云作战中心通过融合处理卫星、雷达、光电等多源情报信息后,完成目标确认与精准定位;同时,计算目标打击任务需求,从云资源库自动匹配到地面侦察雷达和空中侦察无人机等情报资源以及地面远程火箭炮、空中武装直升机等火力资源,并快速确定“信、火、特”协同行动方案,生成指令直接下达到相关指挥、侦察及打击节点,精准协调与控制各方力量对目标实施连续跟踪、瞄准、打击和毁伤评估。

在上述的多要素协同作战过程中,依托云网络体系支撑,构建云资源池,按需组织调度各类作战资源云服务,实现了指挥层次扁平化、力量运用灵活化、情报共享便捷化,达到了缩短决策时间、提高火力反应速度的战术目标,使得多域协同作战效益更加显著。

5 结束语

笔者基于作战资源“虚拟化、服务化、共享化”的核心思想,构建“云杀伤链”,屏蔽了各种装备的异构特性,实现了装备物理实体与功能应用之间的解耦,形成了统一、规范地云感知、云决策、云打击、云评估等作战服务能力,能提升作战体系的抗毁性、灵活性、敏捷性,为我军提升网络化联合作战能力和敏捷精确打击能力提供参考。

然而,目前的“云杀伤链”相关技术研究尚处于起步阶段。为推进我军加快生成“云杀伤链”战斗力,还需从以下 3 方面开展相关工作:

- 1) 加快建立扁平化作战指挥机制和流程,提高作战的灵活性;
- 2) 推动作战资源服务化标准建设,为作战资源的统一管理和柔性组织运用创造条件;
- 3) 加快建设全域覆盖、高速率、大带宽、灵活组织、按需分配的智能化通信网络,为构建军事云网络提供支撑。