

doi: 10.7690/bgzd.2021.07.001

基于 JSON 的防空武器系统应用适配器

刘家雨, 王永生, 刘爱东

(海军航空大学岸防兵学院, 山东 烟台 264000)

摘要: 为满足未来战争需求, 结合部队装备发展现状, 采用简洁高效的 JSON (java script object notation) 传输格式, 设计并实现异构防空武器系统协同应用适配器, 同时结合 JSON 自身结构和防空武器系统数据特点对传输进行优化。实验结果证明: 在相应的网络负载和传输策略下, 应用适配器能够满足异构防空武器平台及节点动态组网的数据传输需求和作战性能指标, 可为军事、船舶、航天等其他强实时性异构系统信息协同交互提供借鉴。

关键词: 防空武器; JSON; 应用适配器; 异构系统; 数据交互; 网络化体系; 动态组网; 信息协同

中图分类号: TJ02 **文献标志码:** A

Application Adapter of Anti-aircraft Weapon System Based on JSON

Liu Jiayu, Wang Yongsheng, Liu Aidong

(School of Coastal Defense, Navy Aviation University, Yantai 264000, China)

Abstract: In order to meet the needs of the future war, combined with the current situation of military equipment development, the cooperative application adapter of heterogeneous air defense weapon system is designed and realized by using the JSON transmission format, which has become the mainstream because of its simplicity and high efficiency in recent years, at the same time, the JSON structure and the data characteristics of air defense weapon system are combined to optimize the transmission. The experimental results show that the application adapter can meet the data transmission requirements and operational performance index of heterogeneous air defense platform and node dynamic network under the corresponding network load and transmission strategy, it can be used for reference in information cooperation and interaction of military, ship, aerospace and other strong real-time heterogeneous systems.

Keywords: anti-aircraft weapon; JSON; application adapter; heterogeneous systems; data interaction; network system; dynamic networking; information cooperation

0 引言

现代空袭是大规模、体系化的多种武器及战术相结合的空中攻击, 具有指挥集中、隐蔽性高、速度快、目标多样和强度高特点^[1]。传统的防空武器系统各平台之间数据传输效率低、各火力单元互相缺少有效信息交互, 只能通过位于作战网络中心地位的指控中心实现目标信息和指令的协同, 火力节点无法动态加入且不能实现异构组网, 不同平台数据无法有效交流。

“马赛克战”是近年来美军研究的一个作战概念, 于 2017 年 8 月由美国国防高级研究计划局 (DARPA) 战略技术办公室提出, 现已成为美军体系作战重点发展的方向。主要概念试图像马赛克拼图一样实现灵活、自主、自适应的组合, 期望通过先进的技术手段实现多种系统、武器平台的实时灵活组合, 并进行网络化作战, 产生一系列非线性作战效果, 最终形成“效果网”^[2]。在网络化防空体系

建设中, 防空系统必须动态完成不同平台火力节点的退出和加入, 灵活组成防空网络体系, 快速有机地联结作战地域内的雷达、指控和火力等单元。这就需要数据高速、可靠、灵活地在各个武器节点传输组合。

笔者基于实战需求, 以防空武器系统为背景, 设计了基于 JSON 的防空武器系统适配器并进行优化, 从而降低防空武器系统中封装和解析数据传输格式的时间与网络带宽的消耗, 能够满足异构平台及节点动态组网数据传输需求。

1 防空武器协同应用适配器模型设计

由于在防空武器系统中, 不同武器平台部件制造厂商开发采用软件系统的编码语言不同, 平台设计的数据传输流程不同, 各平台防空数据格式不同, 跨平台信息交互困难。为了让各异构武器平台软件系统能够信息共享, 在战场上实现不同平台节点灵活高效地组网, 需要基于防空武器系统设计应用适

收稿日期: 2021-04-22; 修回日期: 2021-05-20

作者简介: 刘家雨(1996—), 男, 辽宁人, 硕士, 从事嵌入式研究。E-mail: 465311262@qq.com。

配器，将异构系统数据转化为统一的数据格式。

1.1 JSON 数据格式

JSON 是基于 JavaScript Programming Language, Standard ECMA-262 3rd Edition-December 1999 的一个子集，是一种轻量级的数据交换格式^[3]。因其简洁的表达和高效的传输及封装解析逐渐发展为流行的网络数据传输交换格式之一。

防空武器系统对数据传输的实时性要求较高，适配器采用的数据格式不仅要适合阅读和编写，更要便于传输和机器的解析生成。JSON 比其他数据格式更简洁，使用了类似于 C 语言的结构，被 C、C++、javascript、python 等主流语言支持^[4]。

开发人员可以清楚看出 JSON 数据中的内容，方便检查排错；同时，JSON 在传输过程中采用了压缩技术，更加节省带宽，编写、传输和解析都更加高效。这些特性使 JSON 成为理想的防空武器系统应用适配数据交换语言。

JSON 建构于 2 种结构：1) name/value 对的集合；2) 值的有序列表。

绝大多数现代编程语言都为上述 2 种数据结构提供支持，同时在 JSON 中，数据的表达形式相比其他结构更加简洁明了。例如：一个 JSON 对象是一组键和值的集合，以左大括号为起始，以右大括号为终止，中间是 name/value 对，格式为 name: value，数据对之间用逗号分隔。

防空武器系统数据 JSON 描述：

```

{num:"1493",
type:[{name:"干扰机",informations:{info:["编号",
"速度","方位","属性"...]}},
{name:"TBM 目标",informations:{info:["编号",
"速度","方位","属性"...]}},
{name:"分离目标",informations:{info:["编号",
"速度","方位","属性"...]}},
{name:"气动目标",informations:{info:["编号",
"速度","方位","属性"...]}},
{name:"巡航导弹",informations:{info:["编号",
"速度","方位","属性"...]}},
{name:"直升机",informations:{info:["编号",
"速度","方位","属性"...]}}
]
}

```

1.2 基于 JSON 适配器的防空武器系统模型

防空武器系统通常由火力发射系统、指挥控制

系统和雷达探测系统等部分组成，图 1 为基于 JSON 适配器的防空武器系统模型。

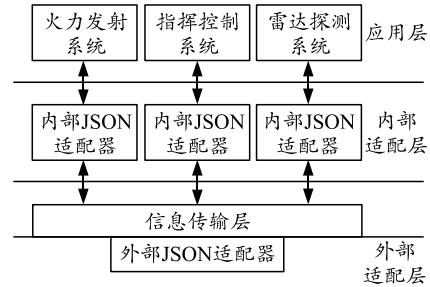


图 1 基于 JSON 适配器防空武器系统模型

防空武器内部各系统之间数据通过内部 JSON 适配器完成数据格式的转换，在信息传输层完成传输。模型和外部的数据传输通过外部 JSON 适配器转换成统一的 JSON 格式，从而达到屏蔽不同平台数据差异，降低防空武器系统中封装和解析数据传输格式的时间与网络带宽消耗的目的。

如图 2，防空武器系统中信息数据或者指令从初始节点到目标节点进行传输时，通过 JSON 数据转换模块完成 Source-JSON、传输和 JSON-DEST 3 个功能。

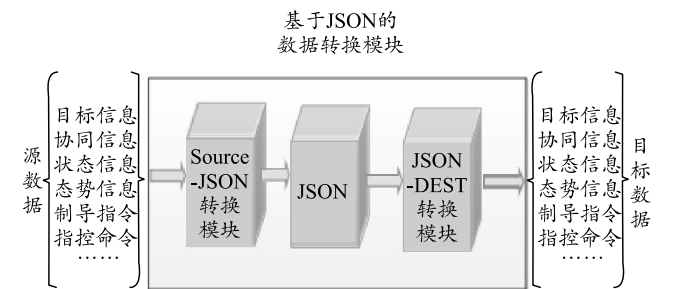


图 2 基于 JSON 的数据转换模型

Source-JSON 转换模块如图 3，首先要进行源数据合法性判断，是否匹配预设的不同平台目标信息、协同信息和状态信息等数据格式。若合法，则根据不同的数据格式匹配调用相应转换函数，序列化 JSON 格式，存入指定的存储结构。

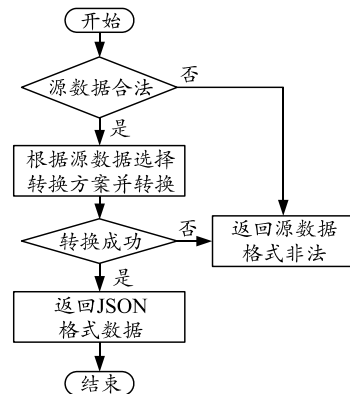


图 3 Source-JSON 转换模块转换流程

JSON-DEST 转换模块如图 4, 首先要进行 JSON 格式数据合法性判断, 若合法, 则根据目标数据格式匹配调用相应转换函数, 反序列化为目标数据。转化后再次进行目标数据格式合法性判断是否匹配预设的不同平台目标信息、协同信息和状态信息等数据格式, 返回目标数据。

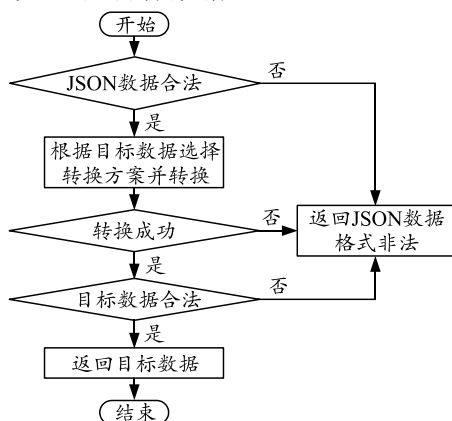


图 4 JSON-DEST 转换模块转换流程

如果涉及特殊防空武器数据, 如日期、特殊编号或加密数据等, 则使用专门的预设函数对数据进行序列化和反序列化^[5]。

基于 JSON 的应用适配器首先从异构防空武器平台组成的网络中提取待传输的源消息, 然后将消息传递给 Source-JSON 模块封装。封装完毕后的 JSON 格式数据通过实时总线共享给防空武器系统其他部分。当某节点需要获取响应数据, 节点发出获取数据请求, 并从实时总线中匹配相应 JSON 数据, 由 JSON-DEST 解析模块将 JSON 数据解析为目标数据。实时总线中 JSON 数据格式传输与封装解析提高了防空武器系统数据传输性能。

2 防空武器系统 JSON 传输优化

JSON 作为近年来主流的数据交换格式之一, 具备简洁小巧的优点, 数据以 key/value 对的形式在防空武器网络中传输交互, 有效简化原有数据格式, 压缩了数据传输内容^[6]。然而经实际调查在防空武器系统数据传输中, 大量的 JSON 数据拥有相同的格式和 key, 而这些数据在传输中所占比重很高。

例如在编号为 1493 的目标数据中 name、informations、info 反复出现, key 数据重复传输会大大降低传输效率。笔者提出一种针对防空武器系统的 JSON 传输优化方案, 提取常出现的传输重复部分为公共模板从而减少多余开销, 有效地提升了武器系统网络整体的数据传输效率。

分析调查常用防空武器系统中传输数据的

JSON 格式表达, 分类提取出部分数据对象共有的 key 值作为模板放入一个预先设定的键值对中, 而 JSON 对象中的内容数据 value 由初始键值对形式转化为常规的数组形式^[7]。并且, 如果分离后的 key 值对应的 value 值依旧为一个可拆分的对象, 即内嵌对象, 则可以再次对内容数据与 key 值模板进行分离。例如在 {num:"1493", </aim>} 中提取 name、informations、info 作为公共模板, 从而每次只传输对象中内容数据 value, 避免 key 值重复传输。

传输开销计算公式如下:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (A_i + D_{ij}) + KL \quad (1)$$

优化后传输开销计算公式为:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m D_{ij} + \sum_{i=1}^m A_i + KL + tKL \quad (2)$$

优化公式说明如表 1。

表 1 优化公式说明

符号	说明
A_i	数组元素对象的第 i 个属性的长度, $i \in \{1, 2, 3, \dots, m\}$
D_{ij}	第 j 个数组元素对象中第 i 个属性对应的数据长度, $j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$
KL	该 JSON 数组对象的 key 的字符长度
tKL	提取出来的公共模板长度

如图 5 所示, 由于 JSON 语法自身设计原因, A_i 被反复叠加, 导致防空武器数据传输时间开销显著增加, 而防空武器系统具有相似数据结构重复率高的特点又加重了带宽浪费^[8]。防空武器系统传输的优化过程可由状态机 $M(\text{JSON})=(Q, S, T, f, g)$ 表示。

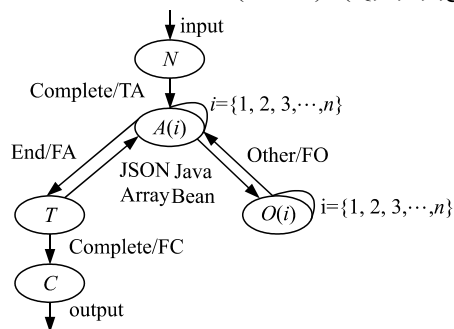


图 5 JSON 优化状态机

未来网络化作战下防空武器系统数据趋向大规模和复杂化, 有效地优化传输策略对提升整体作战性能具有非常重要的意义^[9]。

3 实验及结果分析

如图 6、7, 采用常用防空武器异构平台和传输数据, 对防空武器系统应用适配器模型进行传输测试, 文本大小和传输时间有显著改善。

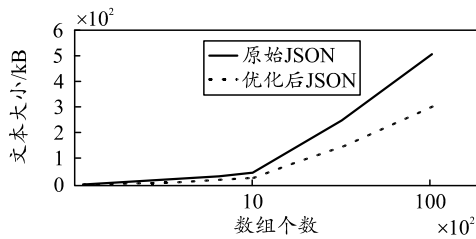


图 6 优化前后文本大小比较

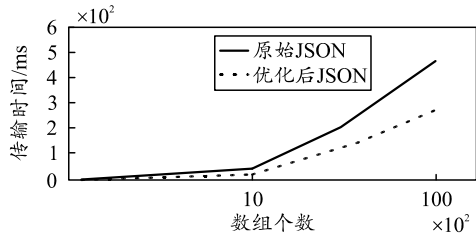


图 7 优化前后传输时间比较

对系统战术性能指标进行试验测试，系统以 200 字节/s 速率发布指令或目标数据，约在 300 μs 消息量达到 612 452 M 时，随着传输消息量的增加，数据传输可靠有效^[10]。系统吞吐量和响应时间如图 8、9。

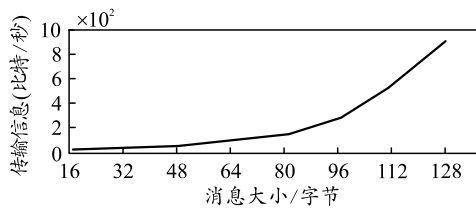


图 8 系统吞吐量

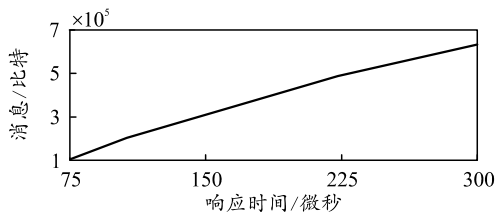


图 9 系统响应时间

实验结果表明：基于 JSON 格式的防空武器系统应用适配器，可以屏蔽不同平台数据格式差异，实现作战数据高速、可靠、灵活地传输融合^[11]，符合目前防空武器系统响应时间和吞吐量的性能指标要求；尤其随着数据量的增大，优化后 JSON 时耗降低明显^[12]。这正是未来战场的网络化大规模数据传输的必然需求^[13]。

4 结束语

笔者为满足未来战争不同武器平台动态组成防空网络的需求，分析 JSON 格式较传统的数据格式在存储传输上的优势，并根据防空武器系统的传输需求对 JSON 进行优化，提出基于 JSON 的防空武

器系统应用适配器。实验结果表明：该适配器应用在大规模数据传输方面有相应的优势，可对军事装备或者其他强实时性异构系统数据传输提供借鉴帮助。今后，将对防空武器系统传输机制进行深入优化，并扩展研究其他指挥控制系统。

参考文献：

- [1] Yellowbrick Data. Yellowbrick and Sonra Partner to Modernize Data Warehouses by Making XML and JSON Data Conversion Faster and Easier[J]. Computer Technology Journal, 2020, 9(2): 38-43.
- [2] Energistics. Energistics Defines JSON Style Guide for Upstream Data Exchange Standards[J]. Information Technology Newsweekly, 2020, 3(2): 21-26.
- [3] BOURHIS P, REUTTER J L, VRGOC D. JSON: Data model and query languages[J]. Information Systems, 2020, 89(C), 37-43.
- [4] 黄志, 李涛, 宋瑶. 基于 Json 的小型异构数据库同步策略研究[J]. 气象研究与应用, 2020, 41(1): 48-53.
- [5] 许珂, 杨旭东, 范玉强. 一种基于 JSON 的防火墙策略标准化及优化方法[J]. 电力信息与通信技术, 2020, 18(2): 43-48.
- [6] ZHONG X F, CHEN F J, GUAN Q S. On the distribution of nodal distances in random wireless ad hoc network with mobile node[J]. Ad Hoc Networks, 2020, 97(6): 47-52.
- [7] 李敏波, 许鑫星, 李强. 基于 JSON 文档结构的工业大数据多维分析方法[J]. 中国机械工程, 2020, 31(14): 1700-1707, 1716.
- [8] ZAKARYA, BENYAMINA, KHELIFA, et al. ANEL: A novel efficient and lightweight authentication scheme for vehicular ad hoc networks[J]. Computer Networks, 2019, 164(4): 18-24.
- [9] BOEIRA F, ASPLUND M, BARCELLOS M. Decentralized proof of location in vehicular Ad Hoc networks[J]. Computer Communications, 2019, 147(6): 87-94.
- [10] IGARTUA M A, MEZHER A M, URQUIZA-AGUIAR L. Special issue on “Performance evaluation, modeling and analysis of wireless ad-hoc networks”[J]. Ad Hoc Networks, 2019, 94(3): 19-25.
- [11] WANG S P, ZHANG Q, ZHANG Y L. Improving the proof of “Privacy-preserving attribute-keyword based data publish-subscribe service on cloud platforms”[J]. PloS one, 2019, 14(2): 36-41.
- [12] Information Technology-Database Management. Study Results from University of Quebec TELUQ University in the Area of Database Management Reported (Parsing Gigabytes of Json Per Second)[J]. Computer Technology Journal, 2019, 7(2): 17-22.
- [13] 肖小智. 面向多源异构数据的共享与交换模型设计[J]. 电脑知识与技术, 2019, 15(27): 261-264.