



船用欠稳定网络环境下“请求响应”数据集成模式研究

刘子杨 孙玲 孙锋 申帅 董冠华

A "request-response" data integration model in unstable marine network environments

LIU Ziyang, SUN Ling, SUN Feng, SHEN Shuai, DONG Guanhua

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.19693/j.issn.1673-3185.03703>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

潜艇装备保障信息系统的设计研究

Design research of submarine equipment integrated logistic support information system

中国舰船研究. 2020, 15(6): 190-196 <https://doi.org/10.19693/j.issn.1673-3185.01926>

基于分布式网络的水面舰艇编队一体化导航方法

Distributed network-based integrated navigation method for surface ship formation

中国舰船研究. 2024, 19(2): 233-244 <https://doi.org/10.19693/j.issn.1673-3185.03159>

舰艇综合信息服务系统的设计与实现

Design and implementation of an integrated information service system for warship

中国舰船研究. 2021, 16(4): 217-223 <https://doi.org/10.19693/j.issn.1673-3185.01927>

基于数据大脑的船岸一体机舱智能运维系统研究设计

Research and design of ship-shore integrated engine room intelligent operation and maintenance system based on data brain

中国舰船研究. 2022, 17(6): 79-87 <https://doi.org/10.19693/j.issn.1673-3185.02642>

舰艇信息基础设施研究进展

Development of ship information infrastructure

中国舰船研究. 2022, 17(6): 1-14 <https://doi.org/10.19693/j.issn.1673-3185.02599>

舰艇损管指挥信息系统复杂网络结构建模及优化分析

Analysis of structure modeling and optimization of complex network of warship damage control command information system

中国舰船研究. 2022, 17(4): 220-227 <https://doi.org/10.19693/j.issn.1673-3185.02441>



扫码关注微信公众号，获得更多资讯信息

引用格式: 刘子杨, 孙玲, 孙锋, 等. 船用欠稳定网络环境下“请求-响应”数据集成模式研究[J]. 中国舰船研究, 2025, 20(2): 131-139.

LIU Z Y, SUN L, SUN F, et al. A "request-response" data integration model in unstable marine network environments[J]. Chinese Journal of Ship Research, 2025, 20(2): 131-139 (in Chinese).

船用欠稳定网络环境下“请求-响应” 数据集成模式研究



扫码阅读全文

刘子杨¹, 孙玲², 孙锋^{*2}, 申帅², 董冠华²

1 海军驻大连地区第一代表室, 辽宁 大连 116005

2 中国舰船研究设计中心, 湖北 武汉 430064

摘要: [目的] 在船用欠稳定网络环境下, 为提高数据传输效率和减少通信费用, 提出一种基于“请求-响应”模式的分布式信息集成模式。[方法] 结合信息元的有效组织和管理, 通过详细定义信息元的组织方法, 实现元数据的高效获取和平台元数据库的创建。此外, 研究还涉及信息标识解析、元数据映射配置及SQL语句的动态解析编译器设计, 有效处理语义异构问题, 并实现不同软件系统间数据的集成。[结果] 实验结果显示, 与传统模式相比, 基于“请求-响应”模式的数据集成方法显著降低了24 h通信量。在单项数据集成实验中, 24 h通信量从原有模式的3456000 byte显著降低至3696 byte(每小时请求)和154 byte(每天请求)。对于10项数据集成, 24 h通信量从原有模式的11232000 byte降低至17952和748 byte。此外, 还有效降低了数据传输频次, 同时保持数据信息利用的有效性, 显著提高数据处理的效率和准确性。[结论] 证明了基于“请求-响应”模式的分布式信息集成方法在船用欠稳定网络环境下的高效性和实用性。

关键词: 数据通信系统; 分布式信息集成; 元数据映射; 信息标识解析; 配置化思想

中图分类号: U662.9

文献标志码: A

DOI: 10.19693/j.issn.1673-3185.03703

0 引言

随着全球化进程的加速和信息技术的迅猛发展, 船舶行业在全球物流和交通网络中扮演着越来越重要的角色^[1]。船舶及船载设备的运行状态数据对于提升船舶运维效率、确保航海安全以及增强海上物流管理具有至关重要的意义^[2-5]。然而, 船舶运维过程中产生的大量运维数据在向岸基发送时, 面临着对船岸通信带宽的高需求和运维系统可靠性降低的问题。此外, 大量数据传输所需的高流量费用也是一个重要考虑因素。在保证有效信息不丢失的前提下, 急需研究如何降低数据冗余度和数据量, 提高船岸数据传输效率, 并降低通信费用。

Jurdana等^[6]提出一种基于差分二进制编码的自适应船载数据压缩方法, 显著降低数据传输速率要求, 为海上实时通信中的大量数字船载数据的可持续传输提供了有效解决方案。Cui等^[7]构

建的基于Douglas-Peucker算法的船舶时空AIS航迹数据压缩方法, 通过有效压缩船舶AIS航迹数据, 保留关键特征点, 提高了数据质量。王远渊等^[8]针对船舶远程驾驶背景下的网络时延补偿、网络丢包补偿等问题进行了综合分析 with 系统回顾。

在船舶营运中, 船岸通信网络的稳定性受到环境、天气变化和船舶移动等多种因素的影响, 形成典型的欠稳定网络环境, 给数据的有效集成和处理带来了巨大挑战。在这种背景下, 研究和开发适用于船用欠稳定网络环境的信息集成模式和方法变得尤为重要。

对于这一领域, 国内外学者已有相关研究。Tierney等^[9-11]通过改进数据传输协议, 提高了在不稳定网络环境中的数据传输效率; Rodríguez-molina等^[11-12]尝试通过优化网络架构来提升数据处理能力, 并且研究了数据使用安全性和稳定性^[13-14]。然而, 这些研究大多集中在网络层面的优

收稿日期: 2024-01-02 修回日期: 2024-07-15 网络首发时间: 2025-03-18 07:25

作者简介: 刘子杨, 男, 1989年生, 工程师

孙锋, 男, 1985年生, 高级工程师

*通信作者: 孙锋

化^[45],较少涉及数据层面的集成方法。特别是在处理海量分散的船用数据时,传统方法的网络不稳定性导致数据传输效率低下,无法满足实时性和准确性的双重需求。此外,传统方法在处理数据异构性方面也存在局限,无法有效处理来自不同系统和设备的数据。因此,针对船用欠稳定网络环境下的特殊要求,迫切需要一种新的信息集成模式和方法。

本文将提出一种基于信息元的“请求-响应”模式的分布式信息集成方法,旨在船用欠稳定网络环境下提高数据传输效率和减少网络带宽占用。该方法不但要考虑网络环境的不稳定性,还要重点解决数据的异构性问题。通过定义信息元的组织方法,并结合信息标识解析、元数据映射配置以及 SQL 语句的动态解析编译,提出新的理论框架,并通过实际应用验证其有效性和实用性。此外,本文还将探讨该方法在船用欠稳定网络环境中的应用前景,为该领域提供新的研究方向和应用模式。

1 方法论

1.1 理论框架

1.1.1 分布式信息集成原理

分布式信息集成是指通过分布式计算和数据存储技术,实现跨系统、跨平台的数据共享与集成。其核心思想包括:

1) 分布式计算。将计算任务分布到多个节点上处理,从而提高系统的计算能力和处理速度。每个节点可以是一个独立的计算单元,如服务器或工作站。

2) 数据分片与分布。将数据按照一定的规则进行分片,并分布到不同的存储节点上。这种方式不仅可以提高数据的访问速度,还能增强系统的容错能力。

3) 数据一致性。通过分布式事务和一致性协议(如两阶段提交协议、Paxos 算法等),确保分布式系统中的数据一致性,即所有节点在任何时刻看到的数据都是一致的。

4) 容错与恢复。通过数据冗余和故障检测机制,确保系统在出现节点故障时仍能继续运行,并能够快速恢复受损数据。

5) 动态扩展性。支持系统资源(计算节点和存储节点)的动态扩展,以应对不断增长的计算和存储需求。

1.1.2 基于“请求-响应”模式的分布式信息集成

设计基于信息元的船用欠稳定网络环境下分

布式“请求-响应”模式的高效数据集成方法,该方法针对船用系统广泛采用的 C/S 架构,中心平台(岸基)与各站点(船端)仅根据实际需求完成相关数据的组织与传输,从而降低船岸分布式信息集成与交互时对网络带宽的要求,该模式原理如图 1 所示。

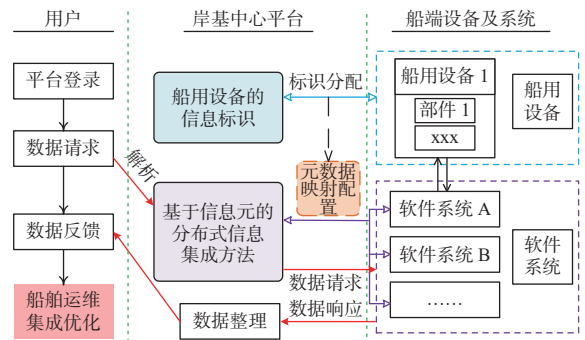


图 1 基于“请求-响应”模式的分布式信息集成原理

Fig. 1 The principle of distributed information integration based on the “request-response” pattern

如图 1 所示,用户登录平台后,根据平台数据服务协议提出数据请求,然后由平台进行解析,并通过元数据映射、SQL 语句解析编译等技术手段生成配置化 SQL 语句,之后平台通过网络传输向船端各站点下发语句,完成船用设备相关软件系统间数据的采集与整理,最终反馈至用户层面,完成船舶运维、集成优化等后续工作。

在“请求-响应”模式下,该分布式信息集成方法可实现所需集成信息内容在船端的整理,减少无用信息在船岸数据传输时对网络带宽的占用,进而解决船用欠稳定网络环境下分布式信息的高效集成问题。

1.2 信息元的组织方法

信息元(information element, IE)是数据集成中的基本单元,用于描述和管理平台与各站点之间交互的具体信息。其定义包括以下几个方面:

1) 元数据(metadata)。描述数据本身的信息,包括数据的名称、类型、长度、来源等。

2) 数据标识(data identifier)。用于唯一标识信息元的标识符,如数据 ID 或标签。

3) 数据值(data value)。信息元的具体值,是实际传输和处理的数据内容。

4) 描述信息(description)。对信息元的详细描述,包括其用途、相关联的数据源等。

信息元是实现平台与各站点之间信息交互的核心关键,不仅局限于数据库系统中的元数据,还包含以下内容:

1) 获取元数据的辅助工具,如系统存储过

程、系统函数、系统表及信息架构视图等内容。

2) 中心平台定义的 SQL 语句模板,各站点通过 SQL 语句解析与编译,响应中心平台的数据请求。

3) 信息结构体变量,包括多个元数据的组合。

基于“请求-响应”模式的分布式信息集成方法,信息元的有效组织是基础,包括软件数据库系统元数据的获取、平台元数据库的创建等关键步骤。船端与岸基元数据字典的异同如表 1 所示。

表 1 船端与岸基元数据字典的异同

Table 1 Differences and similarities between shipboard and shore-based metadata dictionaries

元数据类型	船端元数据	岸基元数据
定义	船端元数据字典记录船用设备及其软件系统中的元数据信息,反映设备状态、操作参数等具体细节	中心平台利用岸基元数据字典统一管理和集成各船端数据的目录,包含所有船端数据的映射和标准化定义
数据类型	多为实时监测数据,如温度、转速、扭矩等	多为整合后的分析数据,用于决策支持和运维管理
采集方式	通过船端系统的自动监测和记录功能获取	通过各船端数据字典的上传和汇总生成
更新频率	由于船端设备的实时监测需求,数据字典更新较为频繁,通常按秒或分钟级别进行更新	相对较低,通常按小时或日级别进行更新,以保证数据的稳定性和一致性

船端与岸基元数据字典的相同点主要体现在:都包含了系统中数据的元数据信息、都用于数据的描述和管理、都需要保证数据的准确性和一致性。

不同则表现为:数据内容和类型不同,船端数据字典侧重于实时监测数据,岸基数据字典侧重于整合分析数据;更新频率不同,船端数据字典更新频繁,岸基数据字典更新较慢;采集方式不同,船端数据字典通过设备监测获取,岸基数据字典通过汇总船端数据生成。

1.2.1 船端:软件系统元数据获取方法

元数据属于信息元核心,是实现基于信息元集成的重要基础。元数据是关于系统中不同数据的定义信息,用于描述系统的信息组成、来源和格式等。

实现岸基中心平台与各船端站点映射配置、SQL 语句配置化处理的前提是获取合适的元数据字典。通常采用以下两种方法:一是利用辅助软件工具实现自动采集,该方法适用于结构化、无歧义等条件下元数据抽取;二是人工整理,对于非结构化、异构数据库等情况,很难通过简单的计算机软件直接获取元数据,因此需要采用人工添加的方式。

下述以 SQL Server 2008 数据库为例,展示获取元数据定义的几种主要手段:

1) 系统存储过程。如 sp_columns, sp_databases 和 sp_fkeys 等,用于获取表、视图和数据库信息。

2) 系统函数。如 OBJECT_ID, OBJECT_NAME, OBJECTPROPERTY 等,用于获取数据库及其对象的信息。

3) 系统表。如 syscolumns, syscomments, sysconstraints, sysdatabases 和 sysindexes 等,用于获取数据库及其对象的信息。

4) 信息架构视图。基于 SQL-92 标准,提供稳定数据库元数据视图,如 INFORMATION_SCHEMA.TABLES, INFORMATION_SCHEMA.VIEWS 等。

1.2.2 岸基:中心平台元数据库的创建

数据字典是一种记录数据库和软件系统元数据的目录,即元数据的集合。本文所述元数据库其本质上就是一种数据字典。创建岸基中心平台元数据库可以统一不同船用设备系统对相同数据的定义,消除各系统数据间的结构差异和语义差异,是实现异构数据集成的重要基础。

岸基平台元数据库的创建过程如图 2 所示。

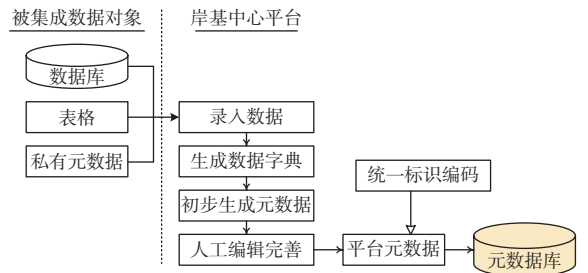


图 2 平台元数据库创建流程

Fig. 2 The process of creating a platform's metadata database

各船端站点首先通过软件辅助工具或人工进行各软件系统中元数据的采集,并生成本站点数据字典,然后各站点将数据字典上传至中心平台进行登记汇总,初步生成平台元数据,最后经人工在现有元数据库的基础上加以补充修正。同时平台信息标识体系为各元数据进行标识编码,并将带有编码的元数据统一存入平台元数据库中。

1.3 关键技术研究

1.3.1 信息标识解析

数据层面,船用设备在全生命周期不同阶段、不同系统中存在语义异构等典型问题。其中语义异构是指词语在不同文本中具有不同含义,

即同一数据在不同信息源中的含义、解释、用途等方面表现出差异化。典型异构问题包括：

- 1) 命名冲突。如信息元标识字符相同，但本质含义完全不一样。
- 2) 类型冲突。本质相同的信息用不同的编码表示。

为解决信息集成数据层面所带来的语义异构问题，除建立平台元数据库外，还需要信息标识的配合。通过中心平台分配统一标识编码可以对各系统信息元进行唯一识别，从而从根本上解决分布式信息语义异构问题。平台标识编码分配机制如图 3 所示。

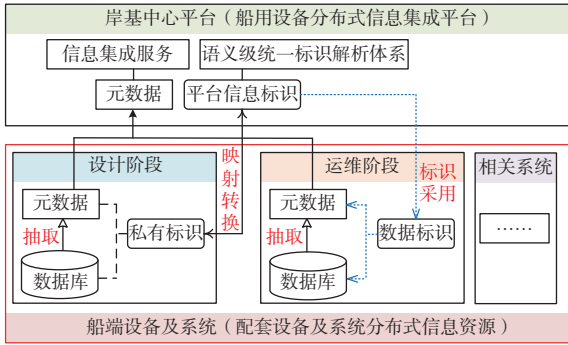


图 3 平台标识编码分配机制

Fig. 3 Platform identification code allocation mechanism

根据船用设备的唯一编码，结合平台元数据与船用设备对应不同软件系统中的元数据，可以构建出平台与各站点之间的标识编码转换规则。对于新开发的软件系统以及未建立元数据的数据库，则可以直接采用平台元数据及标识编码。其中，对于元数据本身，也需进行信息标识编码，便于中心平台实现基于信息标识解析体系的统一管理。

1.3.2 元数据映射配置

通过各船端站点软件系统元数据与岸基中心

平台元数据的映射转换，可解决数据间的异构问题，为船用设备信息集成与交互打下基础，元数据映射转换原理如图 4 所示。

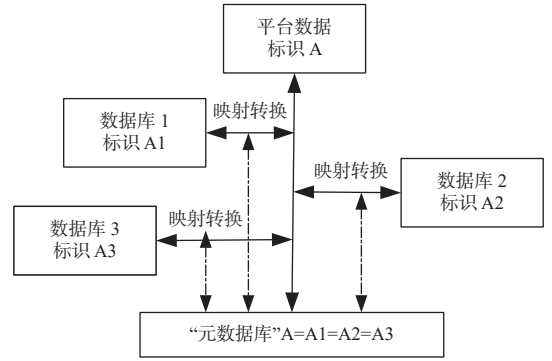


图 4 元数据映射转换原理

Fig. 4 The principles of metadata mapping and transformation

首先平台为各站点元数据分配统一标识，然后构建各系统数据字典与中心平台元数据库间的映射转换关系，最后完成基于信息标识的元数据的映射转换。

需要注意的是，由于平台所涉及的船用设备软件系统种类繁多、结构复杂，若针对每一个系统都构建映射模块，则工作量大且扩展性弱。为此需要根据映射转换特征，设计出基于配置化思想的映射转换方法。基于此构建 SQL 语句的动态解析编译器，通过对元数据映射、自定义函数及数据库创建等配置化实现，完成不同软件系统间元数据映射自适应适配操作。

1.3.3 SQL 语句动态解析编译器设计

通过 SQL 语句建立岸基中心平台与各船端站点之间的数据请求与响应规则，动态解析编译器的配置化设计包括以下 3 个部分，如图 5 所示。

首先，中心平台根据服务需求并按编译规则

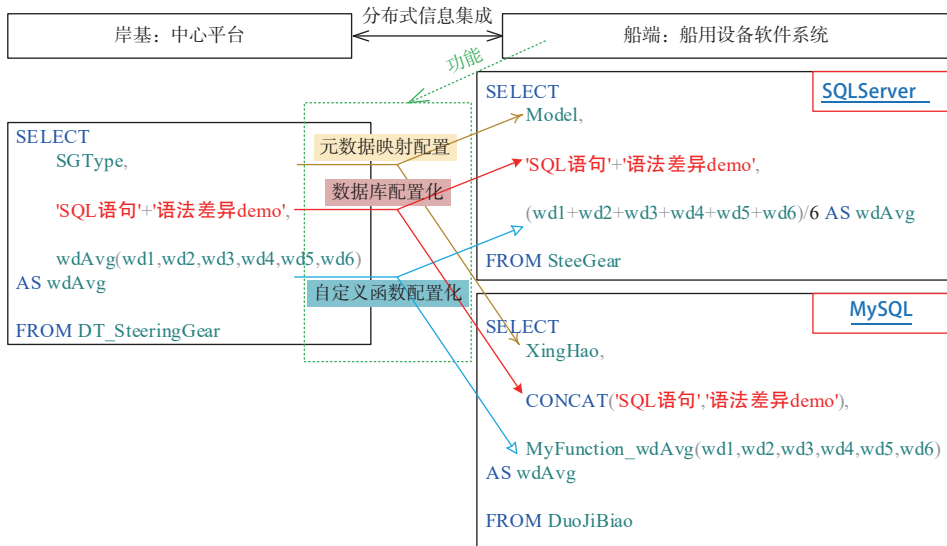


图 5 岸基中心平台与船端设备软件系统间 SQL 语句的配置化处理

Fig. 5 Configuration processing of SQL statements between the shore-based center platform and the ship-side equipment software system

制定 SQL 语句标准格式,之后由平台下发服务请求、经网络传输分配至各个分布式站点,最后各站点系统接收服务请求(编译后的标准 SQL 语句格式)后,执行以下 3 类操作:

1) 数据库配置化。根据船用设备的软件系统数据库类型,修改 SQL 语句中的关键字等信息,使得数据库管理系统能够识别执行。典型差异如:SQL Server 存储过程中变量的定义一定要以@符号开头,而 MySQL 数据库中没有这样的要求;SQL Server 存储过程的 AS 在 MySQL 中需要用 begin...end 替换等内容。

如图 5 所示,将云服务平台的字符串拼接定义为“SQL 语句+语法差异 demo”;经数据库配置化处理,再使用 SQL Sever 类型数据库的软件系统,经解析编译处理后,为 SQL Sever 可执行的语言“SQL 语句+语法差异 demo”;而在 MySQL 中则用到系统函数,解析编译为“CONCAT('SQL 语句','语法差异 demo)”。SQL 语句的动态解析编译器根据不同数据库类型,完成相应的 SQL 语言中涉及数据库差异的配置化处理。

2) 自定义函数配置化。对 SQL 语句中的自定义函数进行解析。一是解析为由相应数据库管理系统的标准函数通过合理组合来实现该功能;二是利用数据库管理系统的自定义函数功能,例如 MySQL Stored Routines, SQL Sever 的 Create function 等。

如图 5 所示,云服务平台中的“wdAvg(wd1, wd2, wd3, wd4, wd5, wd6)”含义为求解(wd1+wd2+wd3+wd4+wd5+wd6)的平均值。为了实现这一功能,当使用 SQL Sever 类型数据库的软件系统,经解析编译处理后成为 SQL Sever 可以执行的语言“(wd1+wd2+wd3+wd4+wd5+wd6)/6”;而在 MySQL 中则用到自定义函数“MyFunction_wdAvg”,SQL 语句解析编译为“MyFunction_wdAvg(wd1, wd2, wd3, wd4, wd5, wd6)”,其中自定义函数的功能为求解(wd1+wd2+wd3+wd4+wd5+wd6)的平均值。

3) 元数据映射配置。依据云服务平台元数据与船用设备的软件系统数据库的映射关系,进行配置。如图 5 所示,云平台的元数据为“SGType”,经元数据库配置化处理,对应的船端 SQL 中,根据数据库表设计不同,分别编译为“Model”和“XinHao”。

为支持用户按需进行自定义操作及支持数据集成动态化业务需求,上述操作执行都需要结合配置化技术。如操作 1 中需要定义各类数据库管理系统对应的标准 SQL 语句关键字配置表,操作 2 中需要配置自定义函数解析算法文件等。

2 实验设计

2.1 实验船

为了对本文提出的分布式信息集成方法进行检验,本文精选一艘具有代表性的船舶作为实验对象,该船的主要技术指标如表 2 所示。

表 2 实验船主要技术指标

指标参数	数值
总长/m	~60
型宽/m	~12
型深/m	4.20
空载吃水/m	≤2.0(100%油水)
满载吃水/m	2.5
主机功率/kW	~625×2
装机功率/kW	~2 540

2.2 实验工具

为了支持本文设计的在船用欠稳定网络环境下的“请求-响应”模式分布式信息集成方法,开发出了一套专门的软件系统。该系统具有以下核心功能:

1) 元数据映射功能(metadata mapping function)。此功能支持数据元素之间的有效映射,确保数据的一致性和准确性。

2) 平台元数据库功能(platform metadata database function)。此功能用于创建和管理元数据,提供一个统一的数据视图,方便不同系统间的数据集成。

3) 船端系统管理功能(ship-end system management function)。此功能使船端系统能够有效地管理和响应来自岸基平台的数据请求。

4) SQL 语句配置工具(SQL statement configuration tool)。此工具支持 SQL 语句的动态解析和编译,以满足不同数据库系统的需求。

2.3 响应流程

为实现船用欠稳定网络环境下分布式信息集成,降低网络带宽对信息交互的影响,关键在于岸基平台与船端软件系统之间按需进行数据资源的获取请求与反馈响应,在“请求-响应”模式下数据请求服务响应流程如图 6 所示。

其中,岸基平台用户通过互联网向数据集成管理系统提交数据请求服务。比较常见的是 XML 文档型式,系统在收到请求后,进行必要的身份认证,并对其进行解析分析。然而,依据解析结果将请求分配给对应的船端站点或数据库进行执

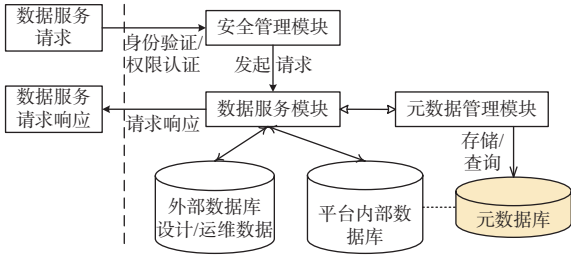


图6 数据请求服务响应流程

Fig. 6 The process of data request service response

行处理;最后系统将不同数据的执行结果进行汇总整理,并反馈服务请求。

3 结果与讨论

3.1 实验结果

在本文研究中,针对船端数据的信息集成,采用基于“请求-响应”方法原理进行了深入的实验分析。本实验主要对比了两种数据集成模式:原有模式与创新的基于“请求-响应”方法。针对后者,实施了两种不同策略,一种是每小时将监测参数分成20等份,针对每份数据根据用户定义的算法返回处理后的输出,如监测的温度数据用每份数据的平均值代替当前组数据;另一种是每天进行同样的操作。这两种策略的核心目标是在保证数据质量的同时减少数据传输量。

以温度监测参数的船端至岸基中心传输为

例,在原有模式中,数据包结构(图7)表明每次传输的数据包尺寸较小,但发送频次极高,达到每秒一次。相比之下,基于“请求-响应”模式的数据包(图8),尽管单次数据包尺寸较大,但发送频率大幅降低,减少至每小时一次或每天一次。具体是每小时还是每天的数据,可以根据命令码进行区分。

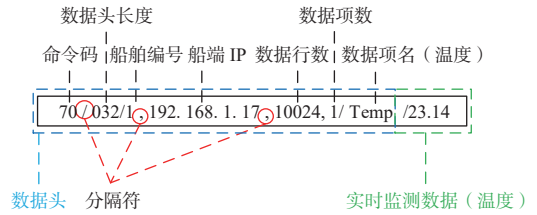


图7 原有模式的数据包结构

Fig. 7 Data packet structure of the original mode

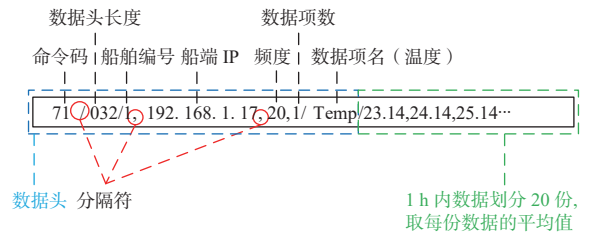


图8 基于请求响应模式的数据包结构

Fig. 8 Data packet structure based on request-response mode

实验结果显示,原有模式与基于“请求-响应”模式在单项数据集成方面对比如表3所示,在10项数据集成方面对比如表4所示。

表3 单项数据集成结果统计表

Table 3 Statistical table of single-item data integration results

对比项	原有模式	基于请求响应模式	
		每小时20等分数据	每天20等分数据
数据项名	温度	温度	温度
数据包长度/byte	40	154	154
发送频次	1次/s	1次/h	1次/d
24 h通信量/byte	40×24×60×60=3 456 000	154×24=3 696	154×1=154
数据包结构	图7	图8	

表4 10项数据集成结果统计表

Table 4 Statistical table of 10-item data integration results

对比项	原有模式	基于请求响应模式	
		每小时20等分数据	每天20等分数据
数据项名	温度、转速、扭矩、油压、油温、燃油消耗、航速、航向、风速、风向	温度、转速、扭矩、油压、油温、燃油消耗、航速、航向、风速、风向	温度、转速、扭矩、油压、油温、燃油消耗、航速、航向、风速、风向
数据包长度/byte	130	748	748
发送频次	1次/s	1次/h	1次/d
24 h通信量	130×24×60×60=11 232 000	748×24=17 952	748×1=748
数据包结构	图7	图8	

3.2 讨论

本研究通过系统的实验方法对船端数据的信息集成进行了深入探究,对比分析了原有模式与创新的基于“请求-响应”模式的模式:每小时20等分数据和每天20等分数据。实验结果清晰地展示了基于“请求-响应”模式的数据集成方法在船用欠稳定网络环境下的高效性。通过对比原有模式与基于“请求-响应”模式的数据集成效果,可以从数据包长度、发送频次以及24h通信量等方面进行深入分析。

1) 数据包长度和发送频次的差异。

在单项数据集成实验中,基于“请求-响应”模式的数据包长度虽然大于原有模式(分别为154和40 byte),但其发送频次大幅降低,从原有模式的1次/s降至1次/h或1次/d。

对于10项数据集成,虽然基于请求响应模式的数据包长度(748 byte)远超原有模式(130 byte),但由于发送频次的显著降低,该模式在数据传输效率上依然占据优势。

2) 24h通信量显著减少。

在单项数据集成中,基于请求响应模式的24h通信量从原有模式的3456000 byte显著降低至3696或154 byte(表3),表明在保持数据质量的前提下,该模式能显著降低数据的传输量。

对于10项数据集成,24h通信量从原有模式的11232000 byte降低至17952或748 byte(表4),同样体现了基于“请求-响应”模式在数据传输效率上的显著优势。

3) 对网络带宽和通信费用的影响。

基于“请求-响应”模式显著降低了数据传输频次,对于船岸通信带宽要求的降低具有直接影响。在船用欠稳定网络环境下,这种模式有助于保持更稳定的数据传输。

同时,减少的数据传输量可直接降低通信费用,对于运维成本控制具有重要的经济价值。

4) 数据集成效率与质量的平衡。

虽然基于“请求-响应”模式的数据包长度相对较大,但由于其发送频次的显著减少,总体上实现了数据集成效率与质量的有效平衡。

以上实验结果表明,基于“请求-响应”模式的数据集成方法,在船用欠稳定网络环境下,显著降低了数据通信量,提高了传输效率,并有望显著减少通信成本。此外,该方法在降低发送频次的同时,通过集成更丰富的数据内容,实现了数据的完整性和传输效率的有效平衡,展现了在船用数据传输和管理中的巨大潜力。

3.3 应用场景讨论

3.3.1 应用场景

所提出的基于“请求-响应”模式的分布式信息集成方法集成的数据,主要应用于以下几个方面:

1) 设备运行监控。通过实时监测关键操作参数(如温度、转速、扭矩等),保障船用设备的安全运行,预防故障发生。

2) 数据分析与决策支持。集成的多源数据可以用于更高级的数据分析,提供决策支持,优化船舶运营和管理策略。

3) 远程运维支持。通过岸基中心平台获取船端实时数据,支持远程运维和管理,提高运维效率,减少现场维护成本。

4) 历史数据归档与回溯。集成的历史监测数据可用于后期的分析和回溯,为设备改进和系统优化提供数据支持。

3.3.2 不适用情况分析

尽管所集成数据在上述多个方面具有广泛的应用场景,但在以下情况下可能不适用:

1) 实时控制系统。在需要毫秒级响应时间的实时控制系统中,基于“请求-响应”模式的数据传输频次可能无法满足要求。

2) 极端高频数据传输。对于需要每秒传输大量数据的高频传输场景,该模式可能导致数据传输延迟。

3) 超大数据量场景。当数据量极大且需要在短时间内完成传输时,该模式的效率可能不足,如大规模视频流媒体传输。

4) 低延迟要求的互动应用:需要极低延迟的互动应用,如虚拟现实(VR)或增强现实(AR)应用中,数据传输的频次和延迟需要进一步优化。

5) 特定法律和安全要求:在某些法律和安全要求严格的场景中,数据传输的频次和方式需要符合特定标准,该模式可能无法完全满足这些标准。

4 结论

在船用设备状态维护数据方面,岸端更关心的是监测量的统计分布规律方面的数据,而不是每次监测的原始数据。基于该数据集成特征,本研究提出了一种适用于船用欠稳定网络环境的分布式信息集成方法,此方法相较于传统方法在理论与实践层面均展现出显著优势,特别是在处理船岸数据传输的高效性和实用性方面。

首先,我们对信息元的组织方法和元数据的获取、平台元数据库的创建等关键步骤进行了详细阐述,有效解决了船用网络环境中的数据异构

问题。其次,通过创新的信息标识解析、元数据映射配置和SQL语句动态解析编译器的设计,本方法不仅能有效处理语义异构问题,还可实现不同软件系统间的数据无缝集成,从而提高整体的数据处理效率和准确性。

通过实验证实了该方法在降低船岸数据传输中对网络带宽的需求,并显著提高数据处理的效率和准确性方面的有效性。通过减少数据传输量和降低发送频次,同时保证数据内容的丰富性和完整性,本研究为船舶运维数据集成提供了一个有效的解决方案,极大提升了海上通信和数据管理的技术水平。

总体而言,本研究不仅为船用欠稳定网络环境下的分布式信息集成问题提供了创新的技术途径,而且为相关领域的研究提供了新的视角和方法论。期待这些成果能够进一步应用于更广泛的场景,为海上数据通信和管理提供更加可靠和高效的技术支持。

参考文献:

- [1] VELASCO-GALLEGO C, DE MAYA B N, MOLINA C M, et al. Recent advancements in data-driven methodologies for the fault diagnosis and prognosis of marine systems: a systematic review[J]. *Ocean Engineering*, 2023, 284: 115277.
- [2] 王凯, 徐浩, 张梦妍, 等. 数字孪生技术在水路运输领域的应用及研究[J]. *中国舰船研究*, 2023, 18(5): 1–10.
WANG K, XU H, ZHANG M Y, et al. Research and application of digital twin technology in waterway transportation[J]. *Chinese Journal of Ship Research*, 2023, 18(5): 1–10 (in Chinese).
- [3] 柯赞, 宋恩哲, 姚崇, 等. 船舶柴油机故障预测与健康管理技术综述[J]. *哈尔滨工程大学学报*, 2020, 41(1): 125–131.
KE Y, SONG E Z, YAO C, et al. A review: ship diesel engine prognostics and health management technology [J]. *Journal of Harbin Engineering University*, 2020, 41(1): 125–131 (in Chinese).
- [4] XU X J, YAN X P, YANG K, et al. Review of condition monitoring and fault diagnosis for marine power systems[J]. *Transportation Safety and Environment*, 2021, 3(2): 85–102.
- [5] GHARIB H, KOVÁCS G. A review of prognostic and health management (PHM) methods and limitations for marine diesel engines: new research directions[J]. *Machines*, 2023, 11(7): 695.
- [6] JURDANA I, LOPAC N, WAKABAYASHI N, et al. Shipboard data compression method for sustainable real-time maritime communication in remote voyage monitoring of autonomous ships[J]. *Sustainability*, 2021, 13(15): 8264.
- [7] CUI C, DONG Z Y. Ship space-time AIS trajectory data compression method[C]//Proceedings of 2022 7th International Conference on Big Data Analytics (ICBDA). Guangzhou: IEEE, 2022: 40–44. doi: 10.1109/ICBDA55095.2022.9760355.
- [8] 王远渊, 刘佳仑, 马枫, 等. 智能船舶远程驾驶控制技术研究现状与趋势[J]. *中国舰船研究*, 2021, 16(1): 18–31.
WANG Y Y, LIU J L, MA F, et al. Review and prospect of remote control intelligent ships[J]. *Chinese Journal of Ship Research*, 2021, 16(1): 18–31 (in Chinese).
- [9] TIERNEY B, KISSEL E, SWANY M, et al. Efficient data transfer protocols for big data[C]//Proceedings of 2012 IEEE 8th International Conference on E-Science. Chicago: IEEE, 2012: 1–9. doi: 10.1109/eScience.2012.6404462.
- [10] DHABLIYA D, SOUNDARARAJAN R, SELVARASU P, et al. Energy-efficient network protocols and resilient data transmission schemes for wireless sensor networks—an experimental survey[J]. *Energies*, 2022, 15(23): 8883.
- [11] RODRÍGUEZ-MOLINA J, MARTÍNEZ B, BILBAO S, et al. Maritime Data Transfer Protocol (MDTP): a proposal for a data transmission protocol in resource-constrained underwater environments involving cyber-physical systems[J]. *Sensors*, 2017, 17(6): 1330.
- [12] RODRÍGUEZ-MOLINA J, BILBAO S, MARTÍNEZ B, et al. An optimized, data distribution service-based solution for reliable data exchange among autonomous underwater vehicles[J]. *Sensors*, 2017, 17(8): 1802.
- [13] RODRÍGUEZ-MOLINA J, CORPAS B, HIRSCH C, et al. SEDIBLOFRA: a blockchain-based, secure framework for remote data transfer in unmanned aerial vehicles[J]. *IEEE Access*, 2021, 9: 121385–121404.
- [14] LEE C, KIM Y, SHIN Y. Data usage and the legal stability of transactions for the commercial operation of autonomous vessels based on digital ownership in Korean civil law[J]. *Sustainability*, 2021, 13(15): 8134.
- [15] SEPEHRI A, VANDCHALI H R, SIDDIQUI A W, et al. The impact of shipping 4.0 on controlling shipping accidents: a systematic literature review[J]. *Ocean Engineering*, 2022, 243: 110162.

A "request-response" data integration model in unstable marine network environments

LIU Ziyang¹, SUN Ling², SUN Feng², SHEN Shuai², DONG Guanhua²

1 The First Military Representative Office of Naval Armament Department of PLAN in Dalian, Dalian 116005, China

2 China Ship Development and Design Center, Wuhan 430064, China

Abstract: [**Objectives**] In the face of unstable network environments at sea, this study aims to develop a novel information integration model and method to improve data transmission efficiency and reduce communication costs. [**Methods**] This study introduces a distributed information integration method based on the "request-response" model, which is combined with the effective organization and management of information elements. By precisely defining the structure of information elements, the efficient acquisition of metadata and the creation of platform metadata databases were achieved. Furthermore, the study involves the design of an information identifier resolution system, metadata mapping configuration, and a dynamic parsing compiler for SQL statements, effectively addressing the issue of semantic heterogeneity and achieving seamless data integration between different software systems. [**Results**] Experimental results indicate that, compared to traditional models, the "request-response" based data integration method significantly reduces the 24-hour communication volume. In individual data integration experiments, the 24-hour communication volume was reduced considerably from 3 456 000 bytes in the original model to 3 696 bytes (per hour request) and 154 bytes (per day request). For 10-item data integration, the 24-hour communication volume was reduced from 11 232 000 bytes in the original model to 17 952 bytes and 748 bytes. Additionally, this method effectively reduces the frequency of data transmission while maintaining data utilization efficiency, significantly improving data processing efficiency and accuracy. [**Conclusions**] This study demonstrates the efficiency and practicality of the distributed information integration method based on the "request-response" model in unstable maritime network environments. It provides a new technical approach for ship operation and maintenance data integration and offers valuable insights for research in related fields.

Key words: data communication systems; distributed information integration; metadata mapping; information identifier resolution; configuration approach