

Design and Development of Wireless Remote Management System for LNG Tank Monitoring Terminal Based on LEO Communication Satellites

Hao Liu^{1*}, Shouqin Zhou², Jieyin Lv³, Xiaoyong Tang¹

¹Shenzhen CIMC Intelligent Technology Co., Ltd., Shenzhen Guangdong

²China International Marine Containers (Group) Ltd., Shenzhen Guangdong

³Dongguan CIMC Intelligent Technology Co., Ltd., Dongguan Guangdong

Email: *hao.liu@cimc.com

Received: Jan. 31st, 2019; accepted: Feb. 15th, 2019; published: Feb. 22nd, 2019

Abstract

According to the statistics data of GIIGNL (International Group of Liquefied Natural Gas Importers), global LNG sales record increased by 10% in 2017 which benefits from LNG tanker transportation as a recognized and reliable and lowest cost LNG land flow operation mode. In particular, the cylindrical and boxed cold-insulated container adopts high-vacuum multi-layer insulation, and the transportation has great flexibility, which can overcome the defects of the newly-expanded natural gas market depreciation cost and accelerate the further application of LNG. As a result, LNG storage tanks have been rapidly built and developed [1]. When LNG storage tanks go through remote areas or seas without mobile networks, the LNG storage tanks are isolated from the outside world due to the failure of the base station signal to be covered. And the information data cannot be transmitted to the remote monitoring center, while the unattended LNG storage tanks have become a development trend of the currently situation of higher labor costs and management costs. In view of the difficult problems in management and equipment maintenance of LNG storage tanks in remote areas and the distant seas, this paper designs a remote management system for LNG storage tank monitoring terminals based on low orbit satellites, which realizes the collection of LNG storage tank data. That's based on low wireless data transmission and remote analysis, diagnosis and decision making of orbiting satellites. After debugging and application, the reliability of the design is verified. The system can accurately collect, transmit and analyze LNG storage tank data, providing efficient support for the management and equipment maintenance of LNG storage tanks in remote areas and ocean.

Keywords

New Energy, LNG Tank, Remote Monitoring, LEO Communication Satellites, ORBCOMM System

*通讯作者。

基于低轨卫星通信的LNG储罐监测系统研发

刘浩^{1*}, 周受钦², 吕洁印³, 唐晓勇¹

¹深圳中集智能科技有限公司, 广东 深圳

²中国国际海运集装箱(集团)股份有限公司, 广东 深圳

³东莞中集智能科技有限公司, 广东 东莞

Email: hao.liu@cimc.com

收稿日期: 2019年1月31日; 录用日期: 2019年2月15日; 发布日期: 2019年2月22日

摘要

GIIGNL (国际液化天然气进口国联盟组织)的统计显示, 2017年全世界LNG销售量增长了约10%, LNG槽车运输作为公认的相当可靠、成本最低的LNG陆运流运作模式, 尤其是圆柱加方框冷保温集装箱, 采用高真空多层绝热, 运输具有很大的灵活性, 可以克服新开辟的天然气市场折旧成本太高的缺陷, 加快LNG的进一步应用。使得LNG储罐得到了快速的建造和发展[1]。然而当LNG储罐经过一些没有蜂窝网络的偏远地区或海上时, 因基站信号无法覆盖, 使得LNG储罐与外界隔离, 信息和数据无法及时传达到远程监控中心, 同时无人值守的LNG储罐监控终端在当前人力成本和管理成本较高的情况成为了一种发展趋势。针对偏远地区及远海的LNG储罐在管理和设备维护上存在困难的问题, 本文设计了一种基于低轨卫星的LNG储罐监控终端远程管理系统, 实现了LNG储罐数据的采集、基于低轨卫星的无线数据传输和数据远程分析、诊断和决策。经过实际调试和应用, 验证了设计的可靠性, 系统能够准确的采集、传输和分析LNG储罐数据, 为偏远地区和远海的LNG储罐的管理和设备维护提供了高效和有利的支持。

关键词

新能源, LNG储罐, 远程监控, 低轨道通讯卫星, ORBCOMM系统

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着近年来 LNG 用气量的急速增长, 用于运输 LNG 的储罐(如图 1 所示)也得到了快速发展, 为国家冬季供暖提供有力的保障[2], 但 LNG 储罐运输过程中经过的偏远的地区, 或远海区域, 无线信号很差, 导致 LNG 储罐的信息化管理十分困难。同时为了应对人力成本、设备工作效率, 以及降低空罐率等问题, 为 LNG 储罐增加监控终端变成了一种趋势。当储罐经过偏远地区及远海区域时无法及时反馈储罐各类信息。这使得经营者在 LNG 储罐的管理, 安全, 设备维护等一系列问题成为巨大的挑战。

通过建设基于低轨卫星的 LNG 储罐监控终端, 采用当前最新的低轨卫星通讯技术, 可实现 LNG 储罐内的所有数据的对外传输, 对罐内压力、罐内液位、罐内剩余容量, 罐内气体温度, 气体充装记录,

储罐当前位置，设备运行情况进行远程实时监视，同时提高经营者在储罐管理、服务水平和各种应急事件的处理能力。



Figure 1. LNG Tank [3]

图 1. LNG 储罐[3]

以往偏远山区及远海地区的 LNG 储罐，没有有线网络，也无通讯基站无法获取无线信号，运输路途中的 LNG 储罐的情况无法得知，这在很大程度上制约的 LNG 储罐的使用效率，经常会出现经营者对 LNG 储罐运输位置、罐内温度、罐内气体存量、罐内压力等信息无法掌握的情况，因此储罐在运输途中成了空白的状态。以至有安全或重大事故发生时，经营者无法及时知晓并做出相应处理，造成重大损失。

基于低轨卫星的 LNG 储罐监控终端及无线远程管理系统，实现了 LNG 储罐在运输过程的全程监控，帮助经营者及时了解储罐的运输状态，实现了对储罐位置，罐内温度，罐内气体存量，罐内压力，等重要信息的全面掌控，为经营者对储罐的管理，送气服务质量，送气路线的保障，及储罐的安全运输均有极大的提升。

2. 系统组成

2.1. 系统组成

本系统由数据采集终端、无线传输终端、远程监控中心等三部分组成。

其中数据采集终端实时的采集 LNG 储罐内所有的有效数据，包括：LNG 储罐的压力，储罐内 LNG 的温度，储罐的液位，储罐剩余量，储罐位置，及速度，报警信息等。

无线传输终端，采用低轨卫星通信及 2G 蜂窝网络通讯相结合的通讯方式，卫星通信采用美国 ORBCOMM 公司低轨道卫星通信系统资源，使用 OG2 模块，2G 蜂窝网络通讯采用上海移远的模块及中国移动国内覆盖最广 2G 蜂窝网络资源。

远程监控中心，实现对 LNG 储罐数据的接收、处理、计算，以形成报表、图片、趋势图、报警记录、远程指令遥控等操作，可以为监控人员提供趋势预警，突发事件报警，设备故障提示，库存提示，储罐历史运输路径，及储罐当前位置展示。以直观、高效、准确的形式反映 LNG 储罐的运行情况。

2.2. 系统工作原理

系统在正常工作时，数据采集终端每隔 1000 毫秒采集一次数据，将采集到的数据进行初步分析，如果所有数据值均在阈值范围内，则立即启动 M35 模块将数据通过 2G 蜂窝网络上传至远程监控中心，当储罐位处偏远山区或远海地区，2G 蜂窝信号无法覆盖时，M35 模块与远程监控中心无法通讯时，监控终端将启动 OG2 模块，将数据加密后通过卫星发送到远程监控中心，远程监控中心在收到数据之后，将数据拆包入库，经过计算后，形成报表、图标等，并且会根据近期的数据结合大数据 AI 算法，形成 LNG 储罐实时运输路径，历史充装记录，实时液位变化，送气路径规划等数据。在最大程度上帮助管理人员进行经营管理。

系统在非正常情况下时，比如存在设备故障、存在阈值超限等，数据采集后会立即将采集到的数据通过 2G 蜂窝网络或低轨卫星通讯网络传输到远程监控中心，远程监控中心将视危险等级及超限超压触发阈值，及时给储罐管理人员发短信提示。以达到快速处理紧急情况的目的。

2.3. 系统拓扑图

如图 2 所示，LNG 储罐监控终端将采集的数据通过无线传输终端通过低轨卫星通讯或 2G 蜂窝网络上传到远程监控中心，从而实现储罐信息状态的远程监控。

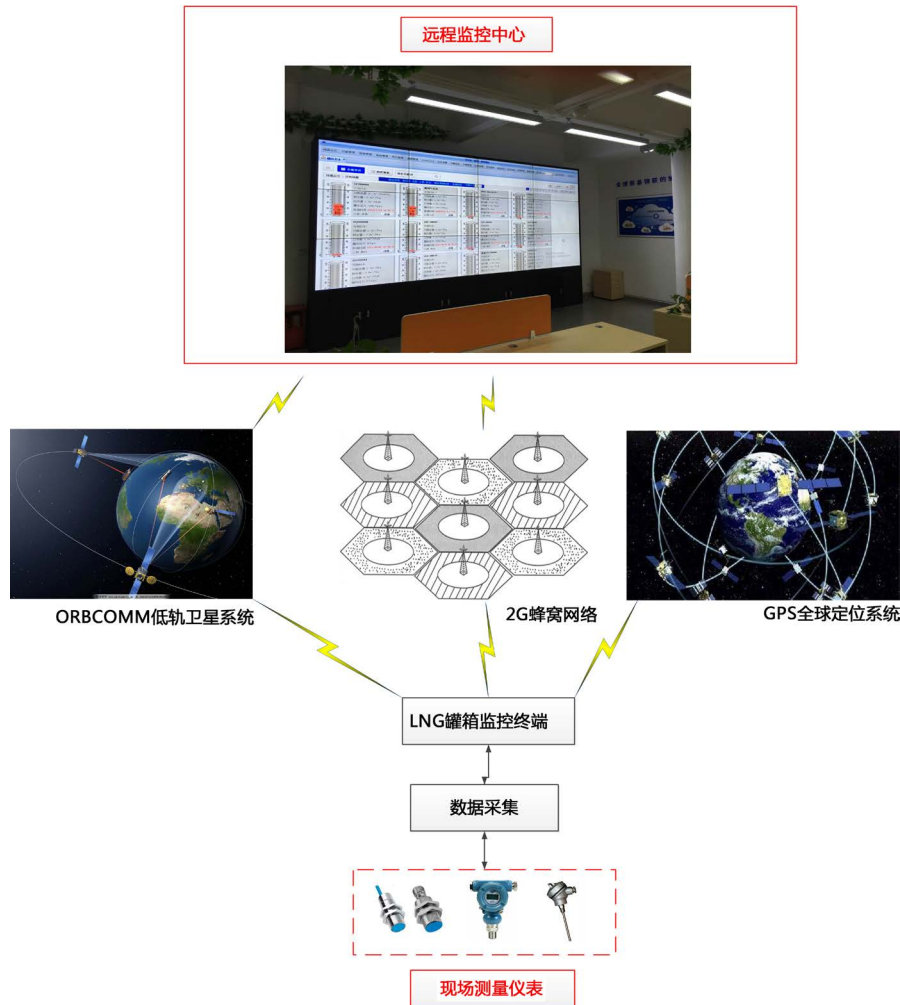


Figure 2. System topological graph
图 2. 系统拓扑图

2.4. ORBCOMM 卫星系统介绍[4] [5] [6] [7]

ORBCOMM 是一个全球领先的卫星数据通信公司，一直专注于 M2M 通信，ORBCOMM 通过全球网络的低地球轨道 LEO(Low Earth Orbit)卫星和相应的地面基础设施在世界各地的调制解调器和网关之间提供可靠的、双向的数据通信服务。系统包括空间段、地面段和用户端三部分。

ORBCOMM 卫星系统空间段目前由 35 个低轨道卫星和一个卫星控制中心组成，35 颗卫星分别运行在 6 个轨道平面上，能覆盖整个地球表面，并提供了一定的冗余机制，如图 3 所示。

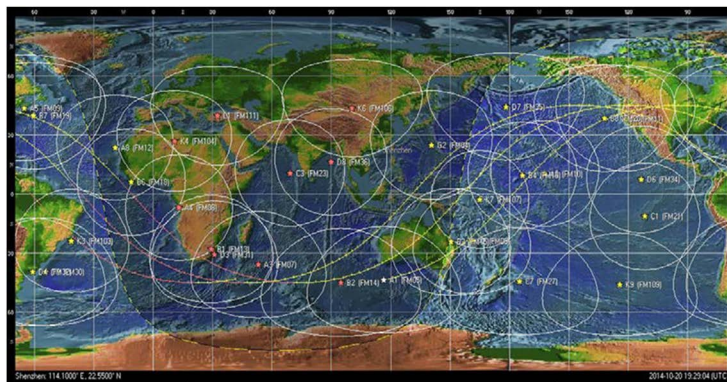


Figure 3. Constellation distribution of ORBCOMM system
图 3. ORBCOMM 系统星座分布

ORBCOMM 系统地面段主要包括网关控制中心 GCC (Gateway Control Center)和遍布世界各地的网关地面站 GES (Gateway Earth Station)。

用户段主要由用来传输和接收数据的用户通信终端 SC (Subscriber Communicator)组成。

3. LNG 储罐监控终端电路硬件设计

3.1. 数据采集电路硬件设计

数据采集电路主要进行数据的采集和计算,是整个系统的数据核心部件,因此选用 STM32F105CVT6 作为采集终端的核心处理器,该处理器为 ST 公司推出的基于 ARM & reg; Cortex™-M3 为内核的 STM32F1 系列高性价比微控制器,其采用了 90 纳米的 NVM 工艺和 ART 技术,内部集成 256K FLASH, 64K SRAM。同时支持 3 种低功耗模式,从而在低功耗,短启动时间和可用唤醒源之间达到一个最好的平衡点。

数据采集电路具备 10 路模拟量输入, 20 路开关量输入, 15 路开关量输出, 1 路 485 通道。STM32F105CVT6 最小系统如下图 4 所示,系统采用意法半导体高性能 ARM 芯片 STM32F105CVT6 作为核心处理器,芯片通过 3.3V 进行工作,外围采用 25MHz 晶振,通过内部时钟处理后可达 72MHz 的处理速度,采用 10Pin J-Tag 接口以方便调试和下载。

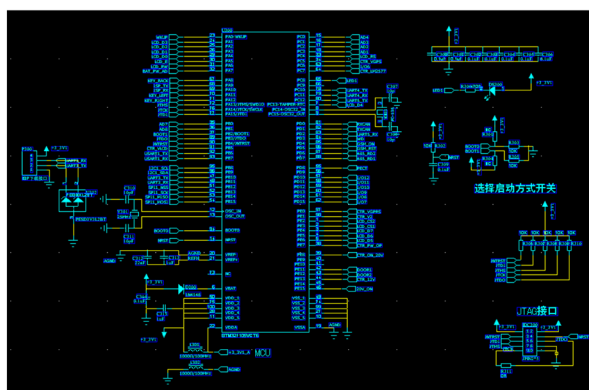


Figure 4. STM32F105CVT6 minimal system diagram
图 4. STM32F105CVT6 最小系统图

3.2. 无线传输硬件设计[8] [9]

无线传输的核心为 ORBCOMM 卫星模块,OG2 卫星通信模块是由美国 ORBCOMM 公司自主研发的

一款用于与 ORBCOMM 卫星系统通信的卫星调制解调器。OG2 模块集成了 VHF 超高频收发芯片、功率放大芯片、基带芯片等，可实现对 VHF 超高频信号的收发、滤波、变频、功率放大、调制解调等功能。模块可选内置 GPS 模块，可以实现 GPS 定位功能。

OG2 模块实物图如图 5:

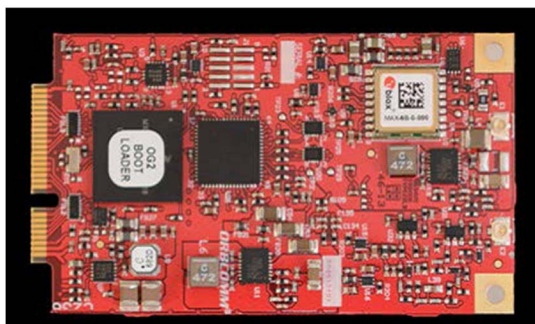


Figure 5. OG2 module
图 5. OG2 模块

无线传输终端硬件还包含电源模块，OG2 卫星通信模块工作电路如下图 6 所示，根据模块的工作性能，设计模块的工作电压为 12 V，因为当模块的工作电压较高时，发射状态下的消耗功率较小。主机串口与控制器通信串口相连接，用来接收和发送数据。在对模块进行调试时，模块调试串口与外部串口调试助手相连接，通过调试助手观察模块的工作状态。

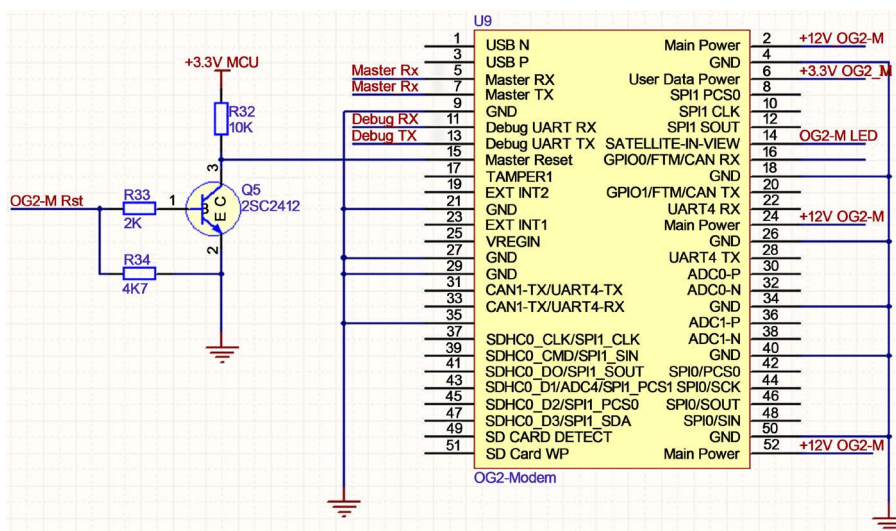


Figure 6. Working principle diagram of OG2 satellite module
图 6. OG2 卫星模块工作原理图

4. LNG 储罐监控终端系统软件设计

4.1. 数据采集软件设计

数据采集在设备开始工作时进行分别对温度，压力，液位数据的采集，完成温度，压力，液位数据采集后再进行定位数据采集，然后通过 GPS 定位数据判断储罐位置，从而选择启动 OG2 模块或 M35 模块将采集到的数据发送至远程监控中心，发送完成将进入休眠。软件流程图如图 7 所示:

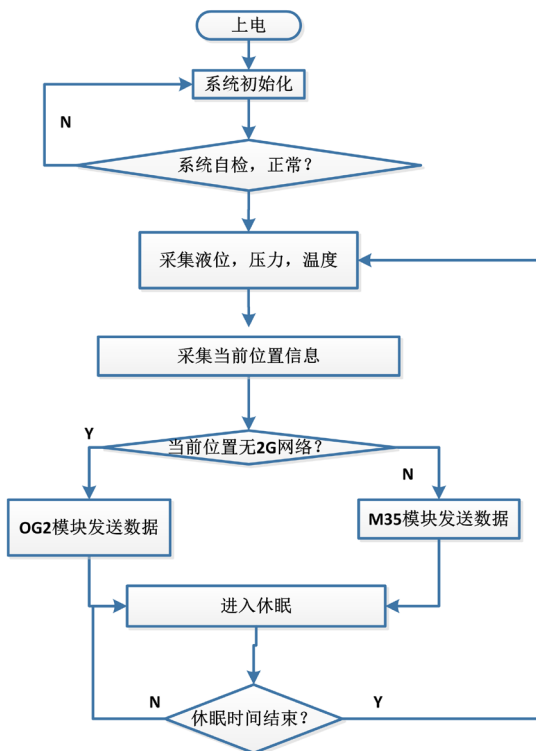


Figure 7. Software flow of data acquisition terminal
图 7. 数据采集软件流程

4.2. 远程监控终端软件设计

远程监控终端采用 B/S 架构设计, 可以在任何一台接入网络的电脑上进行使用, 同时内部搭建 VPN 服务器, 保障数据的安全和信息的完整。终端采用谷歌 Tensorflow 开源的人工智能学习系统, 搭建人工智能判断模型, 结合大数据算法达到设备监视、诊断、趋势预判, 送气路线规划等先进功能。图 8、图 9 为远程监控终端的界面展示。



Figure 8. Tank display board information interface
图 8. 罐箱看板信息界面



Figure 9. A monitoring screen for tank A
图 9. 罐箱 A 监控画面

5. 结论及展望

传统监测设备因依赖蜂窝网络通讯[10],在偏远地区及远海地区因缺少通讯基站,监控处于空白状态,导致经营者管理困难,经营成本高,不够灵活等问题。本文设计和实现了一种新型的基于低轨卫星的 LNG 罐箱无线监控系统,利用低轨卫星实现无线传输数据的方式新增了一种监控通讯方式[11],大大节省成本,提高灵活性,同时使用谷歌开源人工智能算法,建立了诊断模型,能够给 LNG 储罐的运营和维护提供先进的决策,及优秀的送气路线规划。本系统主要由现场数据采集、无线传输和远程监控中心组成,系统测试表明,该系统安全可靠、实时性高,达到了设计的目的。

基金项目

深圳市技术攻关项目(项目编号:JSGG20180713111402348);深圳市技术攻关项目(项目编号:JSGG20170414114406355);深圳星基装备物联网技术工程实验室(深发改【2016】724号);东莞市引进创新科研团队计划资助(项目编号:201636000200039)。

参考文献

- [1] 杨永明. 全球 LNG 市场现高速增长[N]. 中国电力新闻网, 2018-07-25.
- [2] 杨萌. 供暖季来临天然气价格暴涨难再现[N]. 证券日报, 2018-11-19.
- [3] 申冉. 中国首次 LNG 罐式集装箱江海联运在南京港成功完成卸载[N]. 中新网, 2019-01-03.
- [4] Ilcev, S.D. (2011) ORBCOMM Groud Segment for Mobile Satellite Communications. *IEEE on Control and Communications (SIBCON)*, Krasnoyarsk, 190-193.
- [5] George, B. (2011) Satellite-Based AIS System Provides Continuous Tracking at Sea ORBCOMM's AIS Service Offers Real-Time Ship Tracking from Port to Destination. *Compass Publications*, 15-17.
- [6] Cao, W.S. (2012) Natural Gas Liquefaction Process for Small-Scale LNG Project. *2012 International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring*, 440-442.
- [7] 苑立伟. 国外低轨道卫星综述[J]. *航天返回与遥感*, 2004, 25(4): 54-56.
- [8] (2010) ORBCOMM System Overview Rev G. 5-10.

-
- [9] 赖军威. 基于低轨卫星通信和蜂窝移动通信的冷藏集装箱监控终端开发[D]: [硕士学位论文]. 深圳: 深圳大学, 2015.
- [10] 宿家邴, 韩哲, 徐国稳, 陈树军. 物联网高精度车载 LNG 储罐液位测量系统[J]. 自动化与仪器仪表, 2017(9): 82-84.
- [11] 柳罡, 陆洲, 周彬, 等. 天基物联网发展设想[J]. 中国电子科学研究院学报, 2015, 10(6): 586-592.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3983, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjwc@hanspub.org