

# 军事工程物联网:概念模型、支撑技术与领域应用

杨启亮,邢建春,王平,王双庆,谢立强,王荣浩

(中国人民解放军理工大学国防工程学院,南京 210007)

**[摘要]** 本文将物联网的思想和技术引入军事工程领域,提出军事工程物联网的研究理念,以促进军事工程与高度信息化的指挥系统和武器平台的对接和融合;定义了军事工程物联网的基本概念,分析了其内涵,建立了军事工程物联网的概念模型;结合军事工程物联网研究所面临的技术挑战,阐述了笔者在军事工程感知技术、军事工程特殊空间的网络传输技术、军事工程多模式大数据资源管理与挖掘技术、面向军事工程物联网的软件范型等方面的研究进展和成果;最后讨论了军事工程物联网在军港工程岸基保障中的应用实例。军事工程物联网对于有效提升军事工程的综合保障能力和防护能力具有重要意义。

**[关键字]** 军事工程;物联网;工程感知;数据挖掘;软件技术

**[中图分类号]** E95 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2013)05-0095-11

## 1 前言

军事工程是创建良好战场环境、争取战争主动权、提高军队战场生存能力的基础平台,是军队遂行指挥、作战、训练等任务的保障基地,是舰船、飞机、导弹等武器装备形成战斗力的重要支撑,包括指挥防护工程、军港工程、军用机场工程、洞库工程等。军事工程既是敌方的重点打击目标又承担着为指挥系统和武器平台提供保障的任务,也就是说“防护”与“保障”是军事工程的双重使命。在信息化战争作战模式驱动下,一方面,军事工程正受到远程精确制导武器等的严重威胁;另一方面,军事工程的保障对象如指挥系统和舰艇、飞机等武器平台不断更新换代,其现代化、信息化水平越来越高。但是,因为军事工程的土木建筑特性,其信息感知能力较差,信息化水平远远滞后于指挥系统和武器平台的发展,“信息鸿沟”越来越大。因此,如何提升军事工程的人工保障模式及被动防护方式以适应现代工程防护和指挥系统及武器平台的保障需求已成为一个迫切需要研

究的问题。采用信息化和智能化技术来研究解决上述问题在国内外都得到了关注和重视,如美国夏延山地下指挥中心、俄罗斯莫斯科地下指挥中心、北约地下战略指挥中心等军事工程都建设了先进的指挥控制及保障信息系统,有很强的生存能力和指挥控制能力<sup>[1]</sup>;国内也在国防工程智能化系统<sup>[2]</sup>、国防工程智能信息系统<sup>[3]</sup>等的研究方面取得了重要进展和建设成果。但总体而言,当前军事工程信息化相关研究和建设工作仍然存在人员信息、工程本体信息、工程保障信息与指挥作战和武器平台信息相互分离的问题,在适应现代工程防护和指挥系统及武器平台的保障需求等方面仍存有不足。

为此,本文将物联网的思想和技术引入军事工程领域,提出军事工程物联网的研究理念,通过构建基于物联网的军事工程智能信息平台,透明感知工程本体及内外部环境,实现军事工程保障系统同指挥系统及武器平台的集成和融合,以期能促进军事工程保障模式和防护方式的有效转变。本文提出的军事工程物联网的概念是对国防工程智能化

**[收稿日期]** 2013-03-19

**[作者简介]** 杨启亮(1975—),男,河南信阳市人,副教授,主要研究方向为国防工程智能信息化、计算机软件与理论及分布式计算机控制;

E-mail: yql@893.com.cn

系统、国防工程智能信息系统等研究工作在深度和广度上的进一步拓展,更加体现并突出了将工程建设空间、信息空间和战场空间相关要素和对象进行连接和融合的思想。

本文主要讨论军事工程物联网的“保障”能力这一侧面,重点围绕军事工程物联网的概念、模型以及笔者在军事工程感知技术、军事工程特殊空间的网络传输技术、军事工程多模式大数据资源管理与挖掘技术、面向军事工程物联网的软件范型等方面的研究工作进行讨论。

## 2 军事工程概述

对军事工程一般会有广义和狭义上的两种理解。广义上,军事工程常被理解为“军事系统工程”;而狭义上,军事工程则指“军事建筑工程”。本文所讨论的军事工程主要指后者,即从土木工程设施的角度来进行理解和研究。《军事工程百科全书》对军事工程的定义如下<sup>[4]</sup>。

军事工程(military engineering)是用于军事目的的各种工程建筑和保障军队作战行动所采取的其他工程技术措施的统称。工程建筑既指军事工程的建设本体,也指建设全过程的工程侦察、勘察、设计、施工、维护等技术活动和对工程材料、设备的选择。保障军队作战行动的其他工程技术措施包括布雷、破坏作业、克服障碍物、漕渡,以及工程伪装、供水、供电、通风等非建筑性工程措施。

依照《军事工程百科全书》,现代军事工程按用途大致可分为阵地工程、战略和战区指挥所及通讯枢纽工程、军事交通工程、军港工程、军用机场工程、军事训练基地工程、后勤基地和基地仓库工程、营房工程、武器试验场工程和军用输油管线工程等。防护工程(地下战略和战区指挥所、地下仓库等)、军港工程、军用机场工程、营房工程等一般建设规模大、建设过程复杂且承担的任务重要,是军事工程的典型代表,本文研究、讨论的军事工程对象也主要指这几类工程(见图1)。

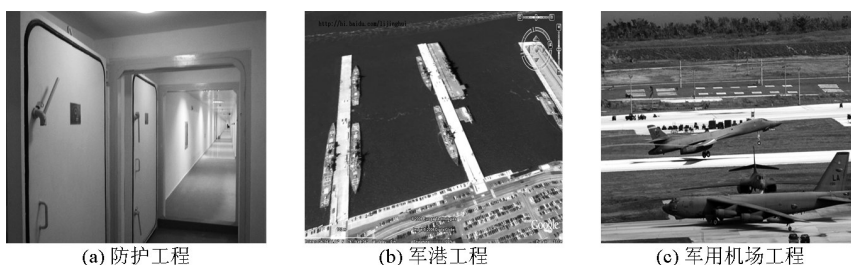


图1 典型军事工程

Fig.1 Typical military engineering

## 3 军事工程物联网的概念与内涵

### 3.1 物联网的相关概念

在讨论军事工程物联网的概念之前,首先讨论物联网的概念及对这些概念的理解。

由于物联网的理论体系还不完备,人们对其本质内涵的认识还不够深入,所以目前关于什么是物联网还没有一个精确公认和统一的定义。下面给出若干有代表性的定义。

定义1:物联网是指由标识、虚拟个性的物体/对象所组成的网络,这些标识和个性运行在智能空间,使用智慧的接口与用户、社会和环境的上下文进行连接和通信<sup>[5, 6]</sup>。

定义2:物联网是一种建立在互联网上的泛在网络,通过各种有线和无线网络与互联网融合,综

合应用海量的传感器、智能处理终端和全球定位系统等,实现物与物、物与人以及所有物品与网络的连接,方便识别、管理和控制<sup>[7]</sup>。

定义3:物联网是一个基于互联网和传统电信网等信息承载体,让所有能够被独立寻址的普适物理对象实现互联互通的网络。它具有普通对象设备化、自治终端互联化和普适服务智能化3个重要特征<sup>[8]</sup>。

定义4:物联网是指通过信息传感设备,按照约定的协议,把任何物品与互联网连接起来,进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的网络,它是在互联网基础上延伸和扩展的网络<sup>[9]</sup>。

从上述物联网的定义可以看出,物联网有狭义和广义之分。狭义上的物联网限于物物互联,实现

物品的智能识别和管理;而广义上的物联网则拓展到信息空间、物理空间和社会空间的融合,实现人、机、物基于网络和信息系统的高效交互。

但上述定义过多地强调了物联网是一种连接网络。笔者认为,物联网既不是一种单纯的网络连接,也不是单纯的感知、识别和定位,而是包括基于统一网络传输平台的信息感知、传输、处理、监视、控制、决策和服务等多个方面。其典型特征表现为一种层次化的融合,即网络融合、数据融合和服务融合。

### 3.2 军事工程物联网的定义及内涵

近年来笔者结合军事工程领域对物联网的需求,提出了军事工程物联网的研究概念。本节重点就其基本定义、研究目标、技术特征和功能作用等方面进行讨论。

#### 3.2.1 概念定义

基于物联网的思想,结合军事工程的特点,本文将军事工程物联网定义为通过信息传感设备,按照约定的协议,把军事工程中的各要素单元(包括设施、设备、环境、人员等)通过特定的网络连接起来,进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、跟踪、监视、控制、管理和决策的一体化计算平台。

军事工程物联网是为了突破军事土木工程不可知、不可测的黑箱瓶颈,通过实现信息空间、建筑空间和战场空间的高度融合(见图2),填补军事工程与高度信息化的指挥系统和武器平台之间的“信息鸿沟”,有效提升军事工程基于信息系统的体系保障能力。

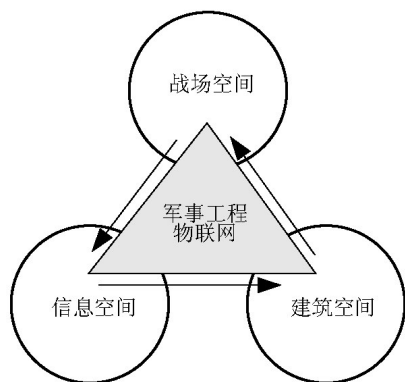


图2 军事工程物联网实现不同空间融合示意图

Fig.2 Various spaces integrated by MEIoT

#### 3.2.2 功能目标

军事工程物联网以军事工程为载体,服务于军事工程本身的使命任务,其功能目标可概括如下。

1)感知作战保障需求,实现精确保障。能够感知工程保障对象如舰艇、飞机等作战平台的保障需求,并根据保障需求自动触发针对性的保障过程,实现保障需求实时可知,保障过程实时可视,保障活动实时可控。

2)感知保障设施设备,实现智能管控。能对承担工程保障的设施设备如供水系统、供电系统、通风系统等的运行状态、参数和过程进行智能控制和管理,提高工程维护管理效能。

3)感知结构本体状态,实现安全预警。能对工程本体的结构参数如形变、位移等进行实时感知,并能依据相应的数学模型进行工程结构健康评估,实现工程本体的安全预警。

4)感知工程外部威胁,实现主动防护。感知工程外部的来袭目标,并自动驱动防御系统,实现工程主动防护。

#### 3.2.3 技术特征

军事工程物联网通过对工程的全面感知、要素单元实体间的泛在互联、信息的处理和决策,最终对各种要素进行控制,从而实现作战保障功能,其本质上是一个从物理空间到信息空间再到物理空间,实现感知、传输、决策和控制的闭环系统(见图3)。

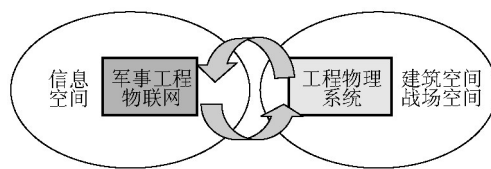


图3 军事工程物联网的闭环特征

Fig.3 The closed-looped characteristic of MEIoT

军事工程物联网具有如下技术特征。

1)感知对象的特殊性。军事工程物联网的感知对象是军事工程及其相关环境,使命重大,特别是军事工程本体,存在典型的黑箱特征,感知要求高,测量难度大。它不仅表现在对单一的现象或目标进行多方面的观察获得综合的感知数据,也表现在对军事工程各种要素单元现象的普遍感知。

2)通讯网络的异构性。其表现在各种军事工程各要素单元经由多种接入模式实现异构互联,既包括现场总线网络,也包括工业以太网络,还包括指挥通讯专网,结构错综复杂。

3)数据资源的混杂性。军事工程数据呈现时



效性、多源化、多模式的特征,既有实时、历史、动态和静态性数据,还有来自内外部环境、设备装备、工程结构等不同实体的数据,也有图像、视频、音频等不同模式的数据。因此,对军事工程物联网数据进行存储、管理和分析计算是相当复杂的。

4)应用服务的综合性。军事工程物联网是军事工程参与作战保障的信息平台,需要相关应用服务间进行关联、互动、协作和协同,从而为作战指挥和保障人员提供一体化的应用服务。

5)服务功能的特殊性。军事工程物联网往往承担着关键任务,运行于复杂环境,常常具有高可靠性、高可信性、强实时性等特征。

## 4 军事工程物联网的基础模型

### 4.1 军事工程物联网的功能框架

笔者将军事工程物联网的功能框架分为感知、网络、支撑和服务4个层次,如图4所示。

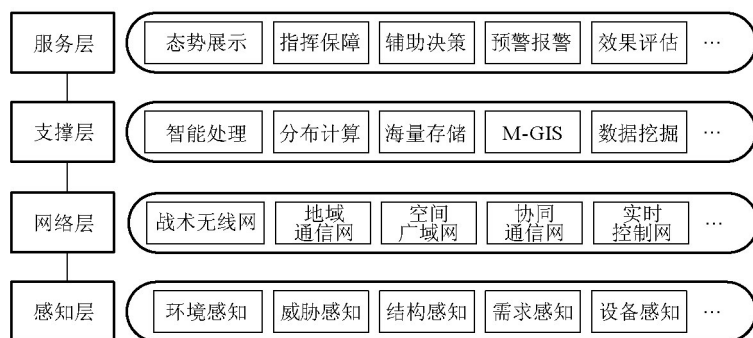


图4 军事工程物联网的功能框架

Fig.4 Functional framework of MEIoT

注:M-GIS为军用地理信息系统

#### 4.1.1 感知层

感知层主要通过各种类型传感设施对军事工程的环境、威胁、结构、需求、设备等各种要素的状态、参数、变化等进行实时感知,同时还可根据需要通过执行器对感知结果做出反应,对整个过程进行智能控制。

#### 4.1.2 网络层

网络层的主要功能是综合利用各种通信网络和手段,对来自感知层的信息进行接入和传输。网络层利用的主要技术手段包括实时控制网、战术无线网、地域通信网、空间广域网和协同通信网等。

#### 4.1.3 支撑层

支撑层在高性能计算技术的支撑下,将军事工程内大量或海量的信息资源通过计算整合,为上层服务和应用建立起一个高效、可靠和可信的支撑技术平台。主要包括智能信息处理、分布并行计算、海量信息存储、军用地理信息系统(M-GIS)、数据挖掘等部分。

#### 4.1.4 服务层

服务层根据军事工程各类用户的不同需求构建指挥管理平台和运行平台,提供不同层次的

服务。主要包括工程保障态势实时展示、指挥调度、作战决策支持、预警报警和作战效果评估等功能模块。

### 4.2 军事工程物联网的实现模型

基于4.1节中的功能框架,本文给出了军事工程物联网的实现模型(见图5)。在实现上,军事工程物联网可概括为3个层级、2个平台。3个层级包括感知层、监控层和管理层,2个平台是指一体化网络传输平台和统一的数据管理平台。

军事工程物联网感知层基于传感器和控制器构建,其以军事工程的防护系统和保障系统为基本的感知和控制对象,包括工程防护系统、工程保障系统、安全防范系统和建筑结构系统等。其中,工程防护系统包括三防转换、生化武器报警、超近程拦截和工程伪装等功能子系统,为在监控层实现军事工程综合集成防护奠定基础。工程保障系统是工程为指挥系统和武器装备平台提供的生活和环境等保障设施设备的总称,包括供电、供水、供气、通风、除湿、空气质量和特种保障工艺系统等。安全防范系统包括周界防范、工程巡更、火灾探测和入侵报警等子系统。军事工程建筑结构系统被监

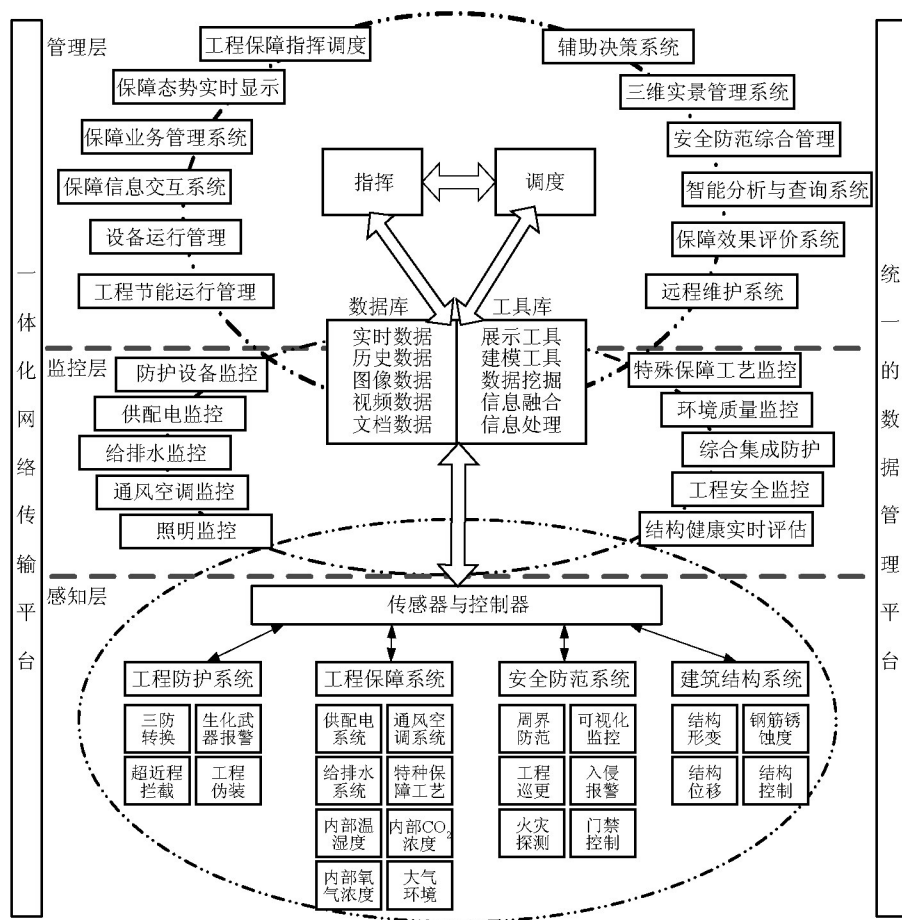


图5 军事工程物联网的结构模型  
Fig.5 Structure model of MEIoT

测的主要结构参数有形变、位移和钢筋锈蚀度等，必要时还可对结构进行控制。

军事工程物联网监控层实现了对军事工程保障设施设备的智能监控、工程防护系统的连锁联动以及工程安全的实时预警等功能。其包括防护设备监控系统,供电、供水、通风、照明监控子系统,特殊保障工艺监控子系统,环境质量监控子系统,综合集成防护子系统,工程安全监控子系统和结构健康实时评估子系统等模块。

军事工程物联网管理层实现基于信息系统的保障业务感知、处理、呈现、分发、指挥、调度、决策和评价等功能。其包括工程保障指挥调度系统、保障态势实时显示系统、保障业务管理系统、保障信息交互系统、设备运行管理系统、工程节能运行管理系统、辅助决策支持系统、三维实景管理系统、安全防范综合管理、智能分析与查询系统、保障效果评价系统和远程维护系统等模块。

军事工程物联网依托数据管理平台还搭建有

数据库和工具库。数据库实现了对实时数据、历史数据、图像数据、视频数据、音频数据和文档数据等多模式数据进行组织、管理和共享。工具库存储了常用的算法和数学模型来支持复杂的管理、决策、指挥和调度能力,包括显示工具、建模工具、信息融合工具和信处理工具等。

## 5 军事工程物联网的关键问题与支撑技术研究

军事工程物联网研究亟待工程感知技术、军事工程特殊空间的网络传输技术、军事工程多模式大数据资源管理与挖掘技术、面向军事工程物联网的软件范型等方面取得突破。下面针对这几方面讨论笔者的若干研究工作。

### 5.1 军事工程感知技术

军事工程物联网研究的首要问题是如何深入感知军事工程这一特殊的对象,突破土木工程黑箱屏障。例如,如何有效地感知军事工程的结构形

变、钢筋锈蚀和位移变化等;如何合理地感知工程安全环境,包括感知工程的核生化环境、恐怖袭击信息和导弹来袭事件等。

笔者所在研究团队在军事工程感知技术领域开展了相关研究工作,在军事工程钢筋锈蚀度传感器研究方面取得了一定的成果<sup>[10,11]</sup>,提出了一种基于电容感测的钢筋锈蚀监测新方法。该方法的感测原理如图6所示,感测探头的检测电极与被测钢筋形成一个平板电容器,钢筋在锈蚀过程中,电容器的介电常数、极板间距将发生变化,从而引起电容器电容的变化,因此可以通过测量电容的变化来描述钢筋的锈蚀程度。通过设计探头结构,优化基板间距,增大电极面积,来获得最佳的感测性能。在钢筋表面布置多探头的阵列可实现对整个钢混结构的分布测量。

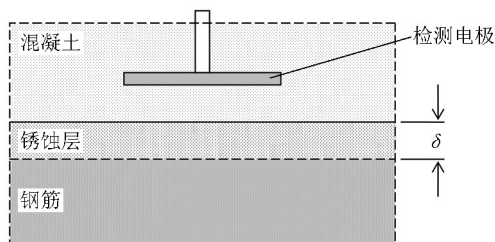
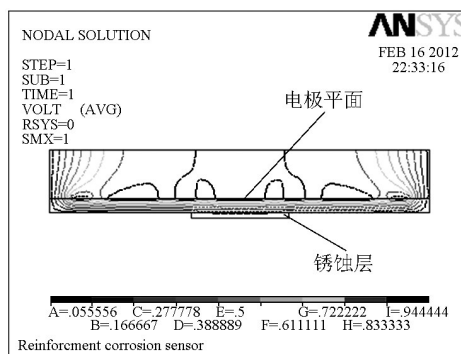


图6 钢筋锈蚀监测的电容感测方案原理图

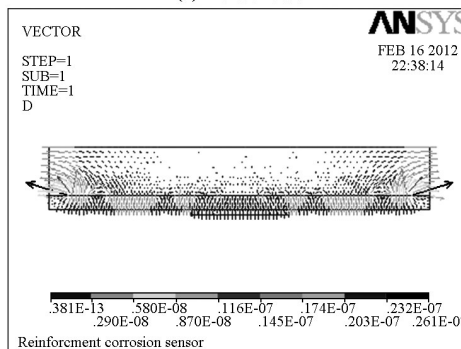
Fig.6 The principle illustration of capacitance sensing scheme for monitor of steel-bar corrosion

目前设计了初步的传感器结构,通过 Ansys 的二维单元模型对传感器结构进行了有限元仿真。如图7所示,对电极平面上的各电极位置施加电压,屏蔽外壳施加零电压,锈蚀层下平面施加零电压作为钢筋电极,对探头结构进行了静电场仿真。仿真结果显示通过设计合理的保护电极结构,可得到检测电极正下方均匀分布的电场,从而抑制了寄生电容和电容边缘效应对感测性能的影响。

面向军事工程的电容感测钢筋锈蚀监测方法的突出优势是:a. 直接对钢筋的锈蚀状况进行感测,可以得到测量区域内钢筋的平均锈蚀程度;b. 电容传感方式可静态测量,受温度影响很小,适合进行长期监测;c. 传感探头结构简单、尺寸小,易于采用微型机电系统(MEMS)工艺制作,在降低成本的同时有利于小型化集成化设计。此外,电容感测方法的功耗很小,利于进一步开展基于电磁耦合的无源无线监测系统的研究。



(a) 电势分布图



(b) 电通量密度矢量图

图7 传感器的静电场有限元仿真结果

Fig.7 Results of finite-element simulation for electrostatic field of the sensors

## 5.2 军事工程特殊空间网络传输技术

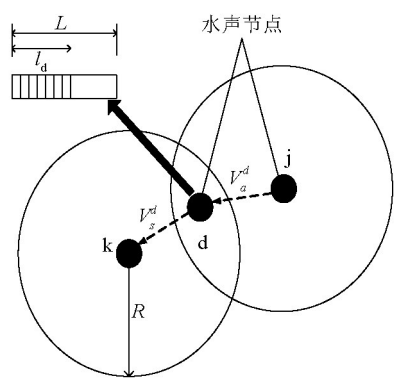
军事工程由于使命任务的需求,往往需要处于地下、水下工作环境和空间,这些都对军事工程物联网的网络尤其是无线网络传输提出了严峻挑战。

笔者的研究团队在基于水声通信的水下无线传感器网络技术方面取得了一定进展<sup>[12,13]</sup>,主要是用于浅海建筑物结构健康信息的收集与传输。例如,提出了一种基于码多分址(CDMA)的吞吐量自适应可调且能量高效的水声媒体访问控制(MAC)协议——TAEE-CDMA协议。该协议在多址干扰(MAI)问题得到抑制的前提下,首先运用拉格朗日乘数法使节点以最小能耗运行,然后根据节点缓存队列的动态变化来自适应地调节节点发射功率,以此来改变吞吐量大小,从而保证节点在完成通信任务的同时使得网络综合性能最优(见图8)。通过分析和仿真表明该协议具有能耗低、实时性好和可靠性高的优点。

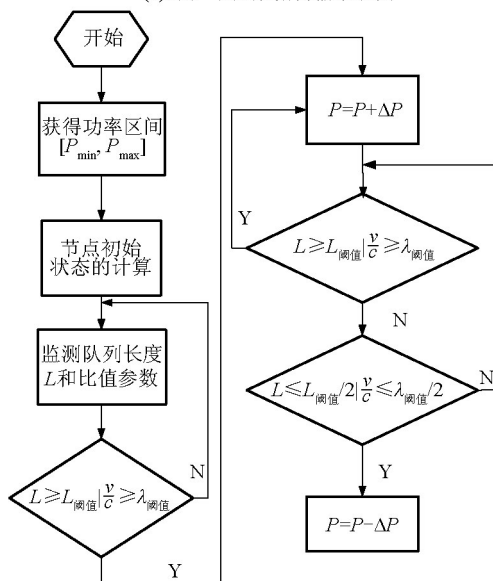
## 5.3 军事工程多模式数据资源管理与智能挖掘

军事工程在执行作战保障、管理维护等任务过程中会产生大量的异构数据,如实时数据、历史数据、图像数据、视频数据、音频数据和文档数据等。如何对这些不同来源、不同模式的大规模数据进行





(a) 水声节点数据传输示意图



(b) TAE-CDMA协议流程图

图8 一种改进的水下无线传感器网络 MAC 协议——TAE-CDMA 的工作原理

Fig.8 The principle of an improved MAC protocol of underwater acoustic networks—TAE-CDMA

有效组织、管理并开发利用也是需要解决的重要难题。

在军事工程多模式数据资源管理方面,可以直接利用既有的集中存储、集群以及云存储等技术来实现。笔者所在的研究团队在面向辅助决策的防护工程数据仓库设计方面也取得了一定成果<sup>[14]</sup>。

在军事工程数据智能挖掘方面,针对军事工程中通常存在大量按时间顺序排列的数据即时间序列数据的特点,笔者提出了一种高效的自回归滑动平均-误差反传(ARMA-BP)数据挖掘方法<sup>[15]</sup>,通过挖掘时间序列中潜在的规则或模型,可以为军事工程保障决策者提供时间序列预测的功能,从而解决军事工程保障过程中的诸多问题。该方法综合时间序列分析方法自回归滑动平均(ARMA)和BP神经网络算法各自的优点:ARMA方法以线性的系统

来近似表达非线性的系统,其模型结构较为简单,可以方便地从中了解预测数据与之前各时刻数据的相关性;BP神经网络算法采用误差反传的训练过程,使BP神经网络可以逼近任何非线性函数,具有非常好的预测精度。但是,BP神经网络算法的性能并不稳定,神经网络训练样本的确定是制约其性能的一个重要因素,通常情况下BP神经网络输入样本是根据经验来确定的,但实际中的时间序列往往存在随机干扰,BP神经网络输入样本选择的不正确将影响其预测精度和收敛速度。ARMA-BP方法(见图9)通过利用原始样本建立的ARMA模型,从原始样本中优选出相关性最大的数据构造BP神经网络的输入和输出样本,并利用优选的输入和输出样本训练神经网络,从而提高对时间序列预测的效率。

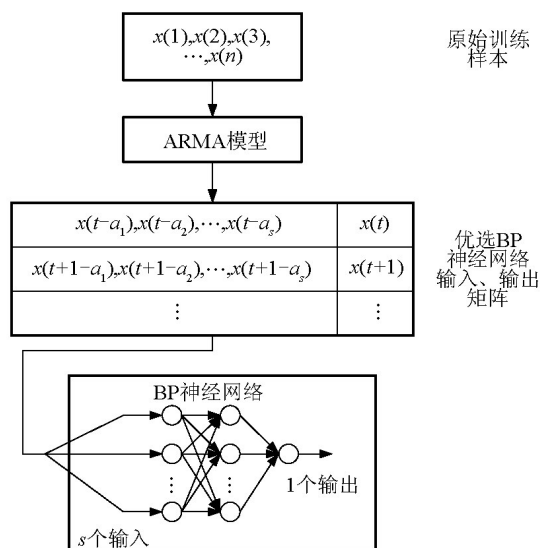


图9 ARMA-BP方法原理图

Fig.9 The principle of the ARMA-BP approach

#### 5.4 面向军事工程物联网的软件技术与范型

军事工程物联网运行于开放、动态、难控的战场环境,承担着复杂、多变、关键的保障与防护任务,这些特点对军事工程物联网软件系统的构建与开发提出了挑战,研究适合军事工程物联网的软件技术和范型是军事工程物联网研究的重要内容。本节重点讨论笔者在基于面向服务的体系结构(SOA)的军事工程物联网的构建与分析方法和模糊自适应软件架构方面的研究成果。

##### 5.4.1 基于SOA的军事工程物联网软件系统构建与分析技术

军事工程涉及的业务繁多,保障流程复杂,传

统结构化和构件化软件开发方法已经很难适应和支持军事工程物联网的软件开发,笔者借鉴SOA的思想,提出了基于SOA的军事工程物联网软件系统架构,在面向服务的军事工程物联网软件构建及分析技术方面取得了一系列研究成果<sup>[16-19]</sup>。

例如,笔者提出了一种半自动化的遗留系统的服务识别方法(ASIMO),从军事工程遗留信息系统中发现和挖掘可用组件,并将其封装成相应的软件服务,以加快SOA的架构速度,减少开发成本。军事工程遗留信息系统包括基于浏览器/服务器(B/S)架构的综合管理决策系统和基于客户/服务器(C/S)架构的工程安全警戒子系统,以及工程内部设备监控子系统等。ASIMO方法(见图10)实现了从面向对象的遗留系统中识别出高质量的服务,其以业务流程模型和统一建模语言(UML)图作为服务识别方法的输入,将服务识别问题转换为业务流程图的划分问题。该方法为了得到一组图划分的最优解即最优服务集,又将图划分看成一个多目标优化问题。ASIMO方法还分别定义了服务集粒度、耦合度和内聚度的量化关系,建立了多目标优化的服务识别模型。通过线性加权,设计了基于粒子群优化算法的单目标优化服务识别算法。

#### 5.4.2 模糊自适应软件技术

军事工程物联网软件系统往往承担着重要而关键的保障及防护任务,要求其在任务执行时不能

发生中断,否则会造成严重损失。然而其通常又面临着频繁、突发性、不确定性的变化和扰动,如军事工程保障的对象(如舰艇)数量增多和系统遭受敌突然打击而受到局部破坏等,这些变化和扰动都可能引起系统中断或瘫痪。为此,军事工程物联网软件系统需要具有自适应能力来应对各种突发的、不确定性的变化和扰动,以确保能提供持续可用的服务。针对上述需求,笔者提出了软件模糊自适应的研究理念<sup>[20]</sup>,将控制领域中的模糊控制理论引入软件自适应研究中,形成一种软件模糊自适应研究概念与范型,以解决不确定条件下任务关键软件自适应的难题(见图11)。

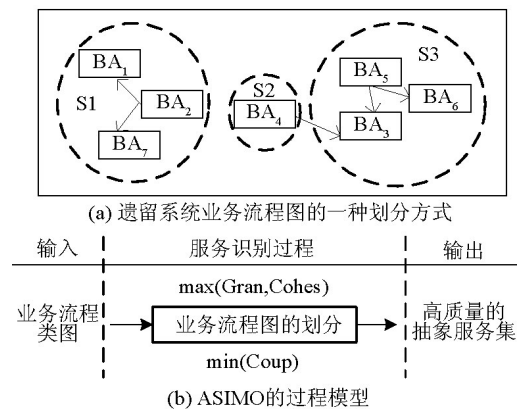


图10 ASIMO方法的基本工作过程  
Fig.10 The working process of the ASIMO approach

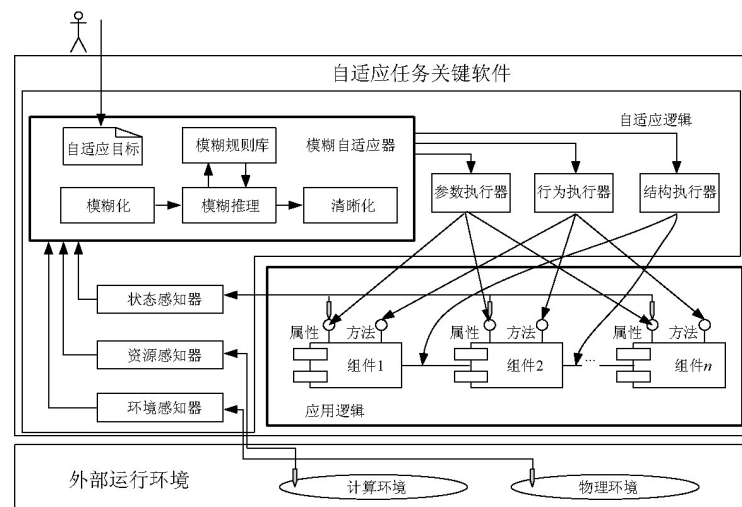


图11 模糊自适应软件的实现架构  
Fig.11 The implementation architecture of fuzzy-self-adaptive software

软件模糊自适应表达了这样一种软件范型:在开放、动态、难控的计算环境(如战场环境)中,在环

境与需求信息的完整与精确获取已不可能、对外部变化的部分或不精确感知已成必然的约束下,软件



能以感知到的不确定和不完备的需求变化和环境要素变化等模糊性信息为基础,借助模糊逻辑及反馈控制理论,自动进行模糊推理和决策,调整自身的参数、结构和行为,以适应新的需求和环境,从而确保军事工程物联网软件系统在复杂多变的不确定条件下持续在线地提供可用服务。模糊自适应使军事工程物联网软件系统变得更加包容和具有弹性。

## 6 军事工程物联网在军港工程中的应用

本文提出的军事工程物联网的理念和技术已经在防护工程、军港工程和军用机场工程中得到成功应用。本节给出一个其在军港工程中应用的实例。

笔者基于军事工程物联网的相关理念和技术,搭建了军港岸基保障物联网系统。该系统基于网络融合、数据融合和服务融合思想,能自动感知保障需求,自动执行保障过程,并能远程可视化监控保障作业,将业务需求数据、实时数据、视频和音频等保障信息汇集融合到统一的平台上,实现了保障人员对保障过程的可视化、透明化掌控,为以军港“六供”保障为核心的岸基保障提供了先进、高效的支撑平台。

### 6.1 军港岸基保障物联网系统的概念模型

军港岸基保障物联网系统的概念模型如图 12 所示。

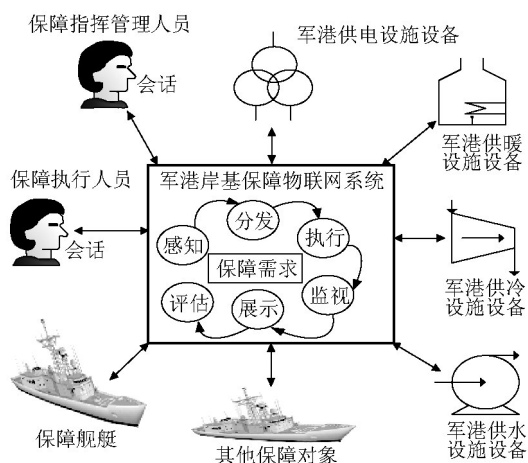


图 12 军港岸基保障物联网的概念模型

Fig.12 The conceptual model of the IoT of Naval Port Supporting Systems

军港岸基保障物联网作为一个信息平台,将保障活动的各要素单元包括保障对象(舰艇等)、保障执行人员、保障指挥管理人员和军港保障设施设备(供电、供暖设备等)连接起来,围绕保障需

求,实现了需求感知、分发、执行、监视、展示和评估等功能。

### 6.2 军港岸基保障物联网软件平台

该软件平台涉及监控主机节点、六供 I/O 控制器节点、视频流媒体服务器节点、岸舰保障业务交互服务器节点和业务管理服务器节点,节点之间采用 TCP/IP 网络协议进行通信(见图 13)。软件平台运行在监控主机中,共包括人机界面、监控平台实时数据库、数据上传中间件 3 个部分。人机界面主要由六供工艺监控组件、作业远程可视化组件、需求感知与显示组件 3 个核心组件构成。六供工艺监控组件依赖于实时数据库组件,其参数与状态的显示和控制指令的输出都是依靠实时数据库来完成的,而监控平台实时数据库组件又依赖于六供控制器中的控制与通信组件,即依靠该组件完成数据的采集与控制指令的输出;作业远程可视化组件依赖于视频流媒体服务器的视频流数据库,视频流数据库实时存贮着各路摄像机的当前视频,远程可视化组件通过网络访问该数据库获取当前视频流,并在人机界面中进行显示;监控主机的需求感知与显示组件依赖于岸舰保障业务交互服务器中的岸舰交互数据表,其可通过网络实时查询该表,从中获取当前最新需求信息,岸舰交互数据表的信息通过岸舰交互应用程序进行更新。软件平台的数据上传功能是通过数据上传中间件实现的,其运行于监控主机,但其依赖于实时数据库,即其定时从实时数据库中取出保障数据,通过 TCP/IP 网络上上传到业务管理服务器中的军港保障业务数据表,进而供业务管理应用程序调用。研制的军港岸基保障物联网系统已在我国某军港获得成功应用。

## 7 结语

以现代战争条件下军事工程面临的技术需求为出发点,结合物联网的思想、原理和方法,提出了军事工程物联网的概念。本文定义了军事工程物联网的基本概念,分析了其功能目标和技术特征,建立了军事工程物联网的功能框架和结构模型。对军事工程物联网研究所面临的技术挑战进行了讨论,同时结合这些挑战阐述了笔者所在研究团队在军事工程感知技术、军事工程特殊空间的网络传输技术、军事工程多模式大数据资源管理与挖掘技术、面向军事工程物联网的软件范型等方面的研究进展和研究成果,最后给出了军事工程物联网在军

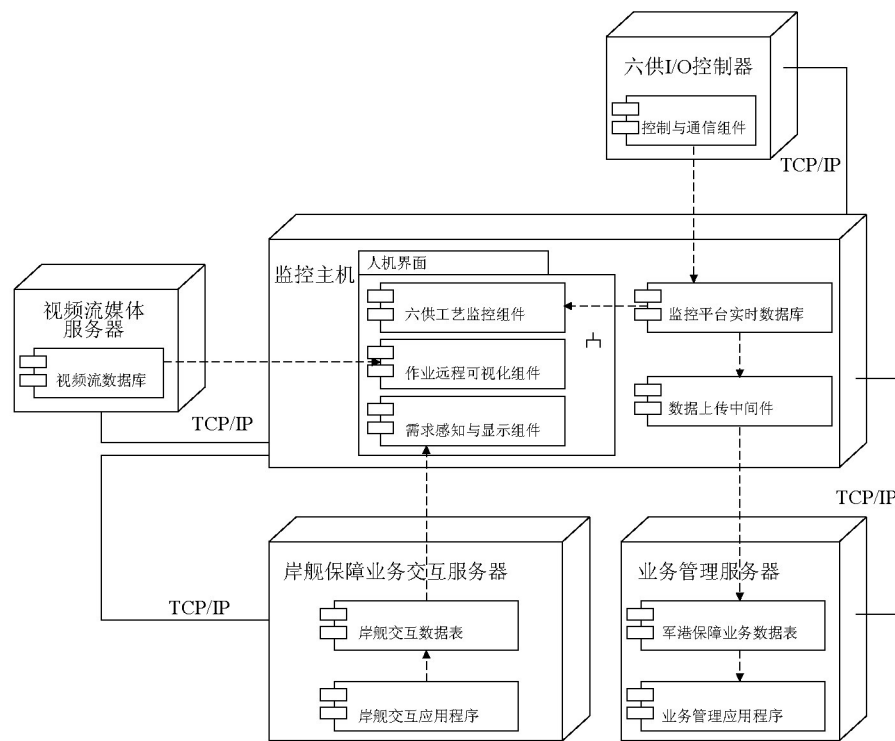


图 13 军港岸基保障物联网系统软件平台部署图

Fig.13 The software-deploying architecture of the IoT of Naval Port Supporting Systems

港工程中的一个应用案例。

军事工程物联网的研究作为一个崭新的领域，本文所讨论的研究成果仍然是较为初步的，还有诸多技术难点需要去展开深入研究。笔者将在下一步工作中继续完善军事工程物联网的技术体系，深入推进其在军事工程的应用与实践。

#### 参考文献

[1] 解放军报. 揭秘外军地下基地: 深达千米可抗百万吨核弹[EB/OL]. [2013.03.01]. <http://mil.huanqiu.com/world/2012-06>.

[2] 李决龙, 邢建春. 国防工程智能化理论与技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.

[3] 李决龙, 邢建春. 国防工程智能信息化概论[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.

[4] 岳万英, 周培根, 霍恩俊, 等. 军事工程百科全书[M]. 北京: 解放军出版社, 2003.

[5] International Telecommunication Union. ITU Internet reports 2005: The internet of things [EB/OL]. [2013-03-01]. <http://www.itu.int/internetofthings/>.

[6] Commission of the European communities. Internet of Things in 2020: Roadmap for the future [R]. Brussels: EPoSS, 2010.

[7] 林 闯. 《物联网关键理论与技术》专辑序言[J]. 计算机学报, 2011, 34(5): 761-762.

[8] 刘云浩. 物联网导论[M]. 北京: 科学出版社, 2010.

[9] 温家宝. 2010年政府工作报告[EB/OL]. [2013-02-28]. <http://www.gov.cn/2010lh/content/>.

[10] 谢立强, 何 灿. 混凝土内钢筋锈蚀检测技术的研究进展[C]// 邢建春, 王 平, 李决龙, 等编. 第三届全军国防工程智能化

技术研讨会论文集. 北京: 国防工业出版社, 2012: 381-388.

[11] 李决龙, 王晓波, 邢建春. 临界氯离子浓度对混凝土结构健康的影响分析[C]// 邢建春, 王 平, 李决龙, 等编. 第三届全军国防工程智能化技术研讨会论文集. 北京: 国防工业出版社, 2012: 376-380.

[12] Li Juelong, Du Xiaofei, Xing Jianchun, et al. Localization-based adaptive routing protocol for underwater acoustic sensor network[C]// The International Conference on Automatic Control and Artificial Intelligence. Xiamen, 2012: 1200-1204.

[13] Li Juelong, Du Xiaofei, Xing Jianchun, et al. A self-localization algorithm for wireless sensor networks [C]// The 24th Chinese Control and Decision Conference. Taiyuan, 2012: 3853-3859.

[14] 刘厚仁, 邢建春, 杨启亮. 防护工程战时保障辅助决策系统设计与实现[J]. 防护工程, 2011, 33(3): 45-49.

[15] 孙宇翔. 军港勤务保障辅助决策关键技术研究[D]. 南京: 解放军理工大学, 2011.

[16] 李决龙, 张淼森, 邢建春, 等. 面向SOA的国防工程智能信息化系统架构[C]// 邢建春, 王 平, 李决龙, 等编. 第三届全军国防工程智能化技术研讨会论文集. 北京: 国防工业出版社, 2012: 1-7.

[17] 王洪达, 邢建春, 宋 巍, 等. 基于程序依赖图的静态BPEL程序切片技术[J]. 计算机应用, 2012, 32(8): 2338-2341.

[18] Wang Hongda, Song Wei, Xing Jianchun, et al. Global-time-offsets based checkpoint selection for dynamic verification of fixed-time constraints in grid workflows[C]// Randall Bilof, ed. 2011 IEEE Asia-Pacific Services Computing Conference. US: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2011: 16-23.

[19] Xing Jianchun, Wang Hongda, Song Wei, et al. Safe Regression Test Selection Based on Program Dependence Graphs [C]//

Bai Xiaoying, Belli Fevzi, Bertino Elisa, et al, eds. 2012 IEEE 36th Annual Computer Software and Applications Conference Workshops. US: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2012: 188–193.

[20] Yang Qiliang, Lv Jian, Tao Xianping, et al. Fuzzy self-adaptation of mission-critical software under uncertainty [J]. Journal of Computer Science and Technology, 2013, 28(1): 165–187.

# Internet of things for military engineering: Conceptual model, supporting technologies and domain applications

Yang Qiliang, Xing Jianchun, Wang Ping, Wang Shuangqing,  
Xie Liqiang, Wang Ronghao

(School of National Defense Engineering, PLA University of Science and Technology, Nanjing 210007, China)

**[Abstract]** With the aim to promote the amalgamation between military engineering and command systems or weapon platforms, this paper introduces the ideas and technologies of internet of things (IoT) into the research area of military engineering, proposes the research concept: IoT of military engineering (MEIoT). In the paper, the basic concept of MEIoT is defined, and the conceptual model of it is also established. On the basis of discussing the technology challenges of MEIoT, this paper presents several research advances and fruits of the authors on the military-engineering-sensing technologies, network transportation technologies in special spaces of military engineering, the data mining and managing technologies for multi-mode data in military engineering, and software paradigm of MEIoT. Finally, an example of MEIoT applied in naval ports is provided. The research of MEIoT will be of great significance to enhance the integrated supporting and protective ability of military engineering.

**[Key words]** military engineering; internet of things; sensing engineering; data mining; software technology