

# 事件驱动 SOA 在应急指挥系统中的应用

杨广润\*

(电信科学技术第一研究所 信息通信系统部, 上海 200032)

(\* 通信作者电子邮箱 gr.yang@139.com)

**摘要:** 应急指挥系统需要一种针对性的技术架构来实现其特有的对实时变化事件的及时响应和高速数据处理。事件驱动的面向服务的框架(SOA)将面向服务的架构和事件驱动相结合, 形成一种改进型的集模块化、松耦合、可伸缩、即时响应和适应性等特性为一体的软件架构设计, 克服了传统的面向服务的框架所缺乏的实时动态处理缺陷, 能有效的应对应急指挥系统的运行特点。基于事件驱动的 SOA 设计的系统对比传统 SOA 设计的系统, 响应时间缩短 44%, 事务处理量提升 50%。

**关键词:** 应急指挥系统; 事件驱动; SOA; Web 服务; 消息总线

**中图分类号:** TP311.52 **文献标志码:** A

## Applications of event-driven SOA in emergency command system

YANG Guangrun\*

(Department of Information Communication System, The First Research Institute of Telecommunications Technology, Shanghai 200032, China)

**Abstract:** Emergency command system requires a special technical architecture to respond to changed events in real-time and handle data faster. The combination of Service Oriented Architecture (SOA) and event-driven mechanism invokes a new kind of improved architecture, event driven SOA, which has modularization, loose coupling, scalability, instant response and adaptability as a whole, and overcomes the defect of the traditional SOA which lacks real-time processing. In the comparison experiments with the traditional SOA, event driven SOA decreases response time by 44% and increases transaction processing by 50%.

**Key words:** emergency command system; event-driven; Service Oriented Architecture (SOA); Web service; message bus

## 0 引言

应急指挥系统是对突发事件的信息进行采集、传输、分析、处理, 实现指挥调度、资源调配、协调、信息发布等功能的技术支撑和服务平台。

对于事件变化的实时响应是应急指挥系统的核心功能。面向服务的框架(Service Oriented Architecture, SOA)虽然提供了一个动态的运行环境, 在那里服务提供者和服务消费者松散耦合, 能进行更灵活的组件交互。但其同步请求的交互模型, 造成响应用户慢, 并发处理能力有限。一个事件驱动的异步交互模型, 比通常的请求响应机制对实时变化和激励有着更好的应答效率。能弥补传统 SOA 模式的不足。

将面向服务的架构和事件驱动相结合, 形成一种改进型的事件驱动 SOA(Event Driven Service Oriented Architecture, EDSOA)架构。基于此构建的应急指挥系统, 集中了消息中间件、企业服务总线、业务流程管理、Restful 服务等核心技术, 能有效提升系统处理能力和响应能力, 以适应移动互联网和云计算时代的技术发展需求。

## 1 应急指挥系统的技术挑战

### 1.1 应急指挥系统原理

应急指挥系统包含了应急通信保障和应急指挥两大关键技术。通过对民众报警或实时的现场信息采集, 提供快速可靠的信息通信与互通, 以及智能协同的决策形成和执行, 实现

对突发事件及时有效的应急处置, 保障社会的平安、稳定、有序, 保障人民的生命、财产安全。

应急指挥系统的技术实现涵盖了 IT 的多个领域, 涉及计算机技术、通信技术、指挥与控制技术、人工智能技术、地理信息技术等的综合集成应用。

信息是应急指挥系统的业务核心。从信息技术的角度来看, 其包含了四大关键点<sup>[1]</sup>:

- 1) 信息采集。通过人工或自动化手段收集信息。
- 2) 信息传递。经过通信网和计算机网快速有效地传递信息。
- 3) 信息处理。存储和分析信息, 形成决策指挥。
- 4) 指令执行。及时发表信息指令, 高效地执行信息指令。

基于应急指挥系统的原理, 可以构建实施参考模型:

业务与应用 面向不同用户的应急通信指挥需求, 实现多种通信和指挥业务;

通信网络 现场通信(包括现场区域中继、现场接入等)完成现场与后方之间的广域的中继通信;

接入与信息采集 多种对象的通信接入和信息采集。

基于此模型可以实现应急指挥系统。

### 1.2 应急指挥系统的技术难点

根据应急指挥系统的特点, 实现有几个技术关键点<sup>[1]</sup>:

不确定性 应急事件的时间不确定性、地点不确定性。事件发生时, 产生的信息量不确定性。系统必须能动态扩展,

收稿日期: 2016-04-26; 修回日期: 2016-06-13。

作者简介: 杨广润(1972—), 男, 安徽蒙城人, 高级工程师, 硕士, 主要研究方向: 软件架构、计算机网络、融合通信。

动态获取计算资源以应对突然爆发的大数据量。

**时效性** 应急处置讲究迅速和准确。系统必须能快速部署和开通,便于及时响应、有效互通,对于信息及时响应,快速处理。

**互连互通** 很多应急指挥系统都是不同时期、不同厂商、采用不同技术实现。需要整合各类不同的异构系统,实现信息共享和数据交换,避免信息孤岛。

**智能性** 业务流程自动执行,根据给定的业务规则,当请求的资源达到定制业务的阈值后,系统将自动触发定制的业务。智能辅助决策,按照预测模型对于突发事件提供指挥决策方案。

针对以上挑战,需要新的技术架构来应对。

## 2 事件驱动 SOA 原理和改进

### 2.1 事件驱动

事件驱动框架(Event Driven Architecture, EDA)定义了一个设计和实现一个应用系统的方法,在这个系统里事件可传输于松散耦合的软件组件和服务之间,使系统具备监听事件和自动反应事件的智能处理能力。

事件驱动模型如图1所示。

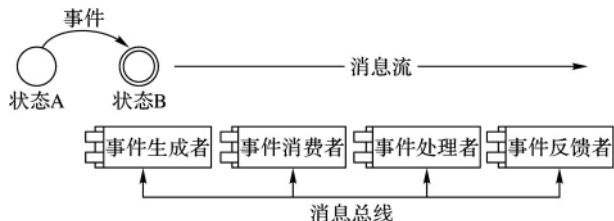


图1 事件驱动模型

EDA 包含五大组件<sup>[2]</sup>:

- 1) 事件生成者。可以是软件、硬件或业务逻辑。负责产生事件数据或将其转换为 EDA 可识别的格式。当对象状态变化产生事件。事件产生者在消息总线上发布事件。
- 2) 事件消费者。可以是软件、硬件或业务逻辑。事件消费者从消息总线订阅事件,监听事件。
- 3) 事件处理者。翻译事件并按需产生响应。
- 4) 事件反馈者。实体负责将事件处理者产生的响应变化为具体的动作。可以是一个应用或者人。
- 5) 消息总线。负责连接上面四类组件。当消息总线从事件产生者那接收到一个事件时,消息总线把这个事件转送给相应的事件消费者。如果这个事件消费者无效,消息总线这将保留这个事件,一段间隔之后再次转送该事件消费者。这种事件传送方法在基于消息的系统里就是:存储(store)和转送(forward)。

构建一个包含事件驱动构架的应用程序和系统,使得这些应用程序和系统响应更灵敏,因为事件驱动的系统更适合应用在不可预知的和异步的环境里,尤其是类似应急指挥这样的系统。

事件驱动 EDA 有以下特征<sup>[2-3]</sup>: 松耦合、生产者(producer)发生实时事件、推送通知、生产者发射即完成(fire and forget)、消费者(consumer)立即响应、无状态。

### 2.2 事件驱动与 SOA 结合

EDA 与 SOA 都是基于组件服务<sup>[4]</sup> 松耦合,实现系统互通和集成的架构,但存在如下显著区别:

SOA 在执行预定义的流程和逻辑时使用“请求-应答”通

信模式(可以是异步方式,但请求与响应之间的时间间隔比较长)。相比之下,EDA 应用程序使用典型的“发布者/订阅者”模式,在某些情况下可处理大量事件,旨在创建更少的新“可操作”事件<sup>[5-6]</sup>。

传统的 SOA 在特定应用领域,如应急指挥系统,有着请求服务被动、响应信息非实时性缺陷。

正是因为 EDA 这种和传统 SOA 的本质区别,使用 EDA 改造传统 SOA,将产生一种新领域 EDA,事件驱动的 SOA (EDSOA)。事件驱动的 SOA(EDSOA)结合使用了 SOA 的请求-响应模式和事件驱动架构(EDA)的事件发布-提交模式,支持快速的信息性响应。在某些情况下,这类响应非常关键:应急指挥系统必须对到来的突发事件作出反应。

EDSOA 的可扩展性和吞吐量上要强于传统 SOA,其中 EDA 扮演类似组装生产线的角色,不同于请求/响应系统,要求请求者必须明确发送请求信息,而一个事件驱动架构提供一个机制去动态响应事件。在一个 EDA 系统里,事件产生者发布事件,事件消费者接受事件。

应急指挥系统可以从 SOA 和 EDA 整合中受益匪浅,因为事件发生时 EDA 能触发事件消费者,SOA 服务可以快速地到相同的消费者中访问、查询。

系统要有最高的响应性,事件触发时这个系统必须能快速决定必须的动作。到事件结束,事件应该发布和消费,而且事件要穿越 SOA 所有的边界,包括整个体系结构和物理层。

事件驱动的 SOA 的模型结构如图2所示。

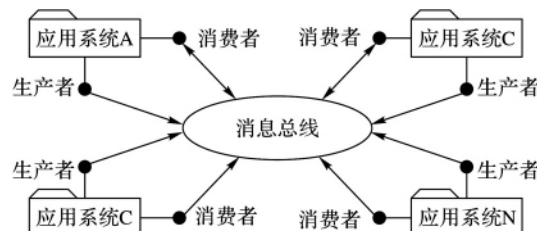


图2 事件驱动 SOA 模型

系统中的每个组件或子系统,具备 EDA 的多个接口:事件生产者、消费者、处理者、反馈者,它们通过特点的通信协议连接到消息总线上。

根据对信息实时性要求的不同,接口协议可以分两类:

- 1) 实时性要求高。采用 MQ 类似的协议。主要是事件生产者、消费者需要实时反应事件,系统控制指令也采取相同的方式。
- 2) 实时性要求低。事件处理者、事件反馈者可以使用 Restful Web Service<sup>[7]</sup>来实现模块,在后台进行大数据量的计算。考虑到支持移动互联网应用,采用 Restful Web Service 替换传统的 SOAP Web Service。

EDSOA 的消息架构由企业服务总线(Enterprise Service Bus, ESB)实现采用消息队列实现<sup>[6]</sup>。事件发布消息通过 ESB,事件订阅消息也来自 ESB。

本架构有如下功能特征<sup>[8-9]</sup>:

- 1) 多样化协议请求。系统连接的服务对象多种多样,这些对象可能带有自有协议。消息总线能支持多种信息协议的接入。在突发事件下,能够识别和转换多样化的请求协议。
- 2) 服务流程自动化。服务的编排是 SOA 的基本功能。这里同样需要继承,将服务按业务规则组合成处理流程。不同类型的事件有不同的处理流程。当系统识别出事件类型

后,可以自动执行预先编排的流程。

3) 实时响应。基于消息的异步驱动。事件的接收者可以异步调用其他服务,不必阻塞等待反馈结果,继续执行相关处理操作;可以并行处理事件。当服务完成自身的计算后,通过消息机制反馈。

4) 主动推送。基于消息 Publish 和 Subscribe 机制。事件生产者发布相关事件的主题。对此感兴趣的事件消费者消息总线订阅该主题,事件触发时,将发出事件通知事件消费者。

### 3 基于事件驱动 SOA 的应急指挥系统

#### 3.1 总体架构

系统可以部署在云基础设施平台 (Infrastructure as a Service, IaaS) 上,实现 2 个软件层服务:

应用平台 对应平台即服务 (Platform as a Service, PaaS) 服务中间件。其核心组成包括:地理信息系统平台、业务流程管理平台、企业服务总线、数据集成平台、统一用户认证和权限管理、分布式文件管理和融合通信服务;同时提供运行监管和安全机制,为系统提供运维保障。

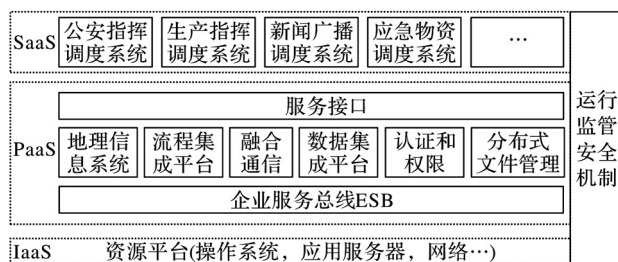


图3 应急指挥系统总体架构

应用系统 对应 SaaS。基于应用平台,可以根据用户需求,定制应用系统,包括公安指挥调度系统、生产指挥调度系统、新闻广播调度系统、应急资源调度系统等。

EDSOA 的实现有两个核心组件,一个是企业服务总线 (Enterprise Service Bus, ESB),一个是业务流程管理 (Business Process Management, BPM),而 ESB 是基础设施,BPM 是业务流程驱动下服务的集成和整合。

#### 3.2 ESB 服务集成

通过企业服务总线可以连接各类服务提供者,如融合通信、地理信息系统、视频监控、文件服务等。首先服务提供者需要将服务注册在服务总线上,平台针对不同的服务提供者,开发相应的连接器或者适配器,动态地接入服务提供者,为业务处理提供服务<sup>[10-11]</sup>。

在服务整合的过程中,所有 SOA 组件都支持 EDA 的基本组件接口<sup>[12]</sup>:事件监听、事件处理和事件产生。一个组件既可以是事件的生产者也可以是事件的消费者。所有这些组件统一连接到企业服务总线上。

当一个业务过程启动执行时,初始事件生产者(报警组件)产生的事件触发事件消费者(受理组件)的处理。受理组件可以自身处理完成事件,或与其他组件协同将事件传递下去。通过消息方式触发指挥指令的实时发布,反馈结果可以发布给订阅者。

#### 3.3 服务组织和编排

复杂的业务流程需要对多个服务组件按照预定逻辑进行组织和编排<sup>[13]</sup>。编排 (Orchestration) 是把各种服务组装到可执行的业务流程中,然后通过一个编排引擎来执行业务流程。BPM 需要与 ESB 结合运行。ESB 提供了业务流程执行语音

(Business Process Execution Language, BPEL) 的解析执行监控管理。BPM 包含 BPEL 设计器,提供了 BPEL 的编排,而 ESB 提供了脚本的执行<sup>[14-15]</sup>。

在图4流程中,每一个活动都会产生相应的事件,通过 ESB 传递到事件响应者(服务组件),服务组件执行相应的数据处理。

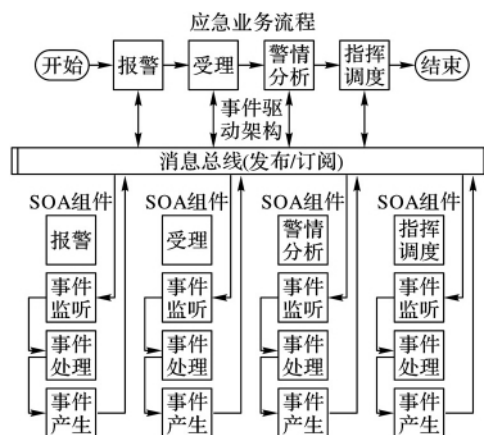


图4 服务集成

#### 3.4 系统效率提升分析

将基于事件驱动 SOA 的应急指挥系统应用到实际项目中,例如某新闻报道指挥系统,与传统的 SOA 模式构建的 Web 应用系统比较,在网络和硬件环境不变的情况下,以新闻报道受理和任务派发场景采集数据,如表1所示。

表1 实验系统运行数据

技术架构	业务流程自动处理	业务处理能力	并发响
	响应时间/s	(每分钟事务处理数)	应用户数
传统 SOA	9	100	70
事件驱动 SOA	5	150	110

根据以上测试数据,系统响应时间可以缩短 44%,业务处理能力提升 50%,同时新增加 57% 的用户接入数。说明新的技术架构能有效提升系统的运行效率。

### 4 结语

SOA 的特征是服务的松散耦合、点对点通信、请求驱动以及同步响应行为。

EDA 的特征是分离的交互、多对多通信、事件驱动的操作和异步操作。

事件驱动架构 (EDA) 不是对面向服务架构 (SOA) 的一个替换。两者可以结合起来互为补充:SOA 为 EDA 提供了非常坚实的基础,应用系统可以同时采用这两种风格。同步访问而且对消耗时间和数据量不敏感的情况下,系统可以使用 SOA 调用服务;而对于需要实时响应,异步操作的使用 EDA 模式。

将事件驱动机制融入到面向服务架构中,形成一种新型的基于事件驱动的 SOA 架构 (EDSOA)。突破了传统面向服务架构在特定领域(例如应急服务)下的瓶颈,通过引入事件驱动的处理机制,由事件消息来传递服务请求处理,弥补了服务请求处理能力和响应能力的不足,使业务活动可以高效自动化进行,有效地解决了现有应急指挥系统面临的自动运行、主动服务、实时响应等技术问题,大大提高了信息响应和处理能力。

(下转第 290 页)

图3的预测结果显示,国家对内陆集疏运、港口和航道建设投入比例分别提高50%和降低50%的情况下,2020年跨太平洋航线的海运量分别较正常投入比例情况下的海运量增加和减少17%,亚欧航线的海运量分别增加和减少20%,而亚洲区域内航线的海运量则分别增加和减少41%。由此可见,在同样提高基础建设投入比例的情况下,亚洲区域内航线能够实现的运量增长幅度远远超过亚洲-北美洲的跨太平洋航线和亚洲-欧洲的亚欧航线两条东西主干航线,亚洲区域内航线运量在未来经济增长的进程中潜力巨大。

## 5 结语

本文基于集装箱航线运输的基本供需关系,利用系统动力学相关理论和方法,建立集装箱航线运输系统动力学模型,并利用与亚洲区域相关的3条航线——跨太平洋航线、亚欧航线和亚洲区域内航线的历史发展数据进行了实证分析,结果表明应用该模型进行集装箱海上运输需求和供给的建模预测是可行且可靠的。

同时,本文对上述3条集装箱运输航线运量未来5年的发展趋势进行了预测,结果表明,至2020年,亚洲区域内航线运输需求将较2014年增长近60%,至7657.2万TEU,增速远超跨太平洋航线和亚欧航线等集装箱海上运输东西主干航线。可见,未来亚洲区域内集装箱海上运输的增长势头极为强劲。即使在国家对港口、航道以及内陆集疏运等基础设施建设投入同等提升的条件下,亚洲区域内航线的运量增长潜力也远远超过跨太平洋航线和亚欧航线这两条东西主干航线。研究结论将为我国政府在亚洲区域的航运发展政策制定以及航运企业的航线网络布局规划提供可靠决策参考。

但本文目前仅对集装箱航线运输供给和需求方面的主要影响因素的因果反馈关系进行了初步的探索,未来建立更加全面地反映世界集装箱海上运输区域集中化发展趋势的主要影响因素及影响机理的系统动力学模型是今后继续研究的方向。

## 参考文献:

- [1] OZTANRISEVEN F, PEREZ-LESPIER L, LONG S, et al. A review of system dynamics in maritime transportation [C]// Proceedings of the 2014 Industrial and Systems Engineering Research Conference. Piscataway, NJ: IEEE, 2014: 2447–2456.
- [2] CHENG J K, TAHAR R M, ANG C L. Understanding the complexity of container terminal operation through the development of system dynamics model[J]. International Journal of Shipping and Transport Logistics, 2010, 2(4): 429–443.
- [3] MUNITIC A, DVORNIK J, DVORNIK S. Simulation modelling of managing a maritime shipping organisation using system dynamics [C]// Proceedings of the 28th IASTED International Conference on Modelling, Identification, and Control. Calgary, AB, Canada: ACTA Press, 2009: 301–306.
- [4] ENGELEN S, DULLAERT W, VERNIMMEN B. Market efficiency within dry bulk markets in the short run: a multi-Agent system dynamics Nash equilibrium[J]. Maritime Policy and Management: the Flagship Journal of International Shipping and Port Research, 2009, 36(5): 385–396.
- [5] 殷惠, 张庆年. 水路货物运输系统动力学研究[J]. 水运管理, 2007, 29(5): 14–17.
- [6] 王利芳, 王云鹏, 李世武, 等. 基于系统动力学的道路货物运输系统研究[J]. 公路交通科技, 2005, 22(1): 156–158.
- [7] 王云鹏, 杨志发, 李世武, 等. 基于系统动力学的道路运输量预测模型[J]. 吉林大学学报(工学版), 2005, 35(4): 426–430.
- [8] 武慧荣, 崔淑华, 张文会. 公路货物运输系统动力学模型及其应用[J]. 公路交通科技, 2012, 29(2): 149–153.
- [9] 陈亚青, 韩云祥. 基于系统动力学的航空系统客运量预测模型[J]. 交通信息与安全, 2009, 27(5): 146–148.
- [10] 任新惠, 唐少勇. 我国航空旅客运输需求预测——基于计量经济学与系统动力学组合模型[J]. 交通运输研究, 2015, 1(1): 92–98.
- [11] 钟永光, 贾晓菁, 李旭, 等. 系统动力学[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 57–68.
- [12] 真虹. 第三次工业革命对交通运输未来发展的影响[J]. 交通运输系统工程与信息, 2014, 14(1): 9–13.

(上接第268页)

## 参考文献:

- [1] 陈山枝, 郑林会, 毛旭, 等. 应急通信指挥——技术、系统与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2013.
- [2] TAYLOR H, YOCHAM A, PHILLIPS L, et al. Event-Driven Architecture: How SOA Enables the Real-Time Enterprise[M]. Beijing: Science Press, 2013.
- [3] CHOU D. Using events in highly distributed architectures [EB/OL]. [2015-10-21]. <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd129913.aspx>.
- [4] ERL T. Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design [M]. Beijing: Science Press, 2013.
- [5] 辛鹏, 荣浩. 流程的永恒之道: 工作流及 BPM 技术的理论、规范、模式及最佳实践[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2014.
- [6] KRESS J, MAIER B, NORMANN H, et al. Event-driven SOA [EB/OL]. [2016-03-05]. <http://www.oracle.com/technetwork/cn/articles/soa/ind-soa-events-2080401.html>.
- [7] ERL T, CARLYLE B, PAUTASSO C, et al. SOA with REST: Principles, Patterns & Constraints for Building Enterprise Solutions with REST [M]. Beijing: Science Press, 2013.
- [8] 赵金柱. 基于事件驱动的架构设计与研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2012.
- [9] 姜海建, 卢山, 徐立臻. 基于事件驱动的 SOA 服务组合技术研究[J]. 计算机与数字工程, 2012, 40(11): 69–72.
- [10] 曹中洪, 廉东本. 面向 SOA 的企业服务总线研究与应用[J]. 计算机系统应用, 2011, 19(10): 63–67.
- [11] 赵亮, 史维峰. 基于 SOA 的企业服务总线技术研究与应用[J]. 计算机应用与软件, 2009, 26(5): 117–118.
- [12] 冯兴智. SOA 企业级解决方案及基于事件驱动架构的高性能 SOA 企业服务平台研究与实现[D]. 上海: 上海交通大学, 2010.
- [13] 范里. 一种基于事件驱动的服务组合机制研究[EB/OL]. [2006-12-26]. <http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/200612-381>.
- [14] 万露, 杨国强. 基于 SOA 和 BPEL 的业务流程管理研究与应用[J]. 计算机与现代化, 2009(2): 74–77.
- [15] 郭利军, 张振明, 耿俊浩, 等. 基于 BPEL 的工作流引擎调度技术研究[J]. 中国制造业信息化, 2011, 40(9): 7–10.