

文章编号: 2095-2163(2020)01-0044-06

中图分类号: TP311.5

文献标志码: A

面向现场音视频流的实时指挥系统设计与开发

成洪豪, 石 芮, 孙立民

(烟台大学 计算机与控制工程学院, 山东 烟台 264005)

摘要: 根据应急突发事件发生的特点与实时指挥的需求, 基于 WebRTC 和 Kurento 相关技术, 采用 Spring-Boot 为核心框架, 设计与实现了面向现场音视频流的实时指挥系统。经测试使用, 通过实时视频指挥, 提高了应急突发事件处置过程中信息传递、指令下达与资源调度效率。

关键词: 实时; 调度指挥; WebRTC

Design and development of real-time command system for live audio and video streaming

CHENG Honghao, SHI Rui, SUN Limin

(School of Computer and Control Engineering, Yantai University, Yantai Shandong 264005, China)

[Abstract] According to the characteristics of emergency incident and real-time command requirements, based on WebRTC and Kurento related technologies, Spring-Boot is used as the core framework to design and implement real-time command system for live audio and video streaming. After testing and using real-time video command, the information transmission, command release and resource scheduling efficiency are improved in the emergency incident handling process.

[Key words] real-time; command and control; WebRTC

0 引言

当前, 在应对和处理各类突发事件的过程中, 现场指挥调度系统发挥了越来越重要的作用。特别是部门与机构众多的时候, 有效的指挥调度显得尤为重要, 如公安、税务、海关、消防等现场执法指挥, 有效的指挥调度有利于对突发事件的及时控制与解决。实现有效调度指挥的根本在于通过音视频传输, 对一线实况有充分的了解, 对现有资源有程度较高的掌握, 从而使调度指挥决策具有针对性, 更加高效。技术层面, 现场指挥调度系统应该具备轻便简洁、开机即用、操作简便直观、音频质量稳定, 并快速组织多方通话的特点。同时, 随着计算机技术, 网络技术的快速发展, 使得开发一个实时高效的现场指挥调度系统已成为可能。

传统的应急通信方式主要有背负式应急通讯设备^[1]、海事卫星电话^[2]、应急通讯车^[3]等, 其中背负式应急通讯设备功率小, 信号覆盖面积小, 携带不够轻便简洁, 操作要求较高; 海事卫星电话频段有限, 在大范围应用中, 缺乏稳定性; 应急通讯车容易受到环境的限制, 可能无法应用于前线, 并且只具备接收指挥信息的功能, 无法实时向指挥中心发送现场实

况, 不利于指挥工作的迅捷展开^[4]。目前一些指挥调度系统还存在着一定的不足。如文献[5]结合 Android 应用开发的一款应急调度软件, 没有将一线视频传回指挥中心, 仅对调度方面进行了优化和创新。文献[6]将各种信号采集到云平台中, 将一线视频进行了汇总, 并传回指挥中心, 实现了一个可视化综合指挥调度系统在民防应急指挥中的运用, 但该系统并未对指挥调度进行研究和开发。文献[7]构建了一个实战型公安警务一体化指挥调度平台, 对一线情况的传回和指挥调度方面均做了进一步优化, 但缺乏对事件处理灵活性, 也并未提供对信息的整合和存储。

本项目设计开发了一个配备实时视频功能的指挥调度系统。采用 WebRTC 技术^[8], 利用 WebRTC 的跨平台特性, 仅使用 HTML, 无插件便实现视频的连接和传输。搭配 Kurento 流媒体服务器, 使得视频流传输给 Kurento 服务器, 再由 Kurento 服务器进行转发和存储等, 便于对视频流进行操作。借用 Kurento 中的拥塞控制机制, 适应当前设备的网络状况, 降低或提高视频分辨率, 优化传输过程的稳定性。利用 WebRTC 实现移动设备与指挥中心的视

作者简介: 成洪豪(1994-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 企业信息化; 石 芮(1993-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 企业信息化。

通讯作者: 孙立民 Email: cslmsun@126.com

收稿日期: 2019-10-13

频通信,结合任务驱动将事件整合为任务的形式进行分配和调度,使指挥中心可实时掌握现场状况,应急指挥调度更为科学合理,将事件的处理过程以任务的形式保存下来,方便以后的读取。

1 系统分析与设计

1.1 需求分析

拟开发的实时指挥系统,指挥中心通过对一线实时视频信息的了解,实现对一线执行人员的精准指挥,并将所有信息进行整合与保存。通过现场调研与系统分析,得到系统的功能需求,详见表 1。

表 1 实时指挥系统的功能需求分析

Tab. 1 Functional requirements analysis of real-time command system

功能名称	功能需求
登录验证	对进行登录的用户名和密码信息进行验证,允许对应的正确登录信息进行登录。当用户成功登录后,将加载系统首页,并在后台执行连接信令服务器和 Kurento 媒体服务器。通过登录验证的用户,才可以从后台得到数据,从而保证数据的安全性和保密性,实现每个用户信息的私有化
任务管理	添加权限管理,每个部门的用户只可以看到与自己部门相关的任务。针对任务的发布,具体任务需要落实到具体部门的用户当中。将任务细化为多个任务节点,将任务节点分发给不同的执行者,使得整个任务能够进行得更加高效、快捷,并且实现任务的可视化,对执行者起到督促作用,以此推进任务的完成。将任务相关的所有信息通过时间线的形式,存储在数据库中,方便今后的管理。非紧急事件,也可以通过任务形式进行
实时通信	提供一对一指挥和一对多现场展示的功能。其中一对一指挥,即指挥中心对于执行人员进行一对一的现场指挥,指挥中心的人员可以通过任务查找到相对应的执行者,进行实时的查看和呼叫指挥,指挥相对应的执行者使用最终的决策,完成优先级高的任务,进一步推进任务的执行;一对多现场展示是指将现场情况进行展示,外出执行者能够将一线画面传回指挥中心,保证画面的清晰流畅,方便指挥心里具有相对应权限的管理人员可以对其进行现场指挥
视频存储和回放	在任务执行过程中,对一线情况、执行者行为、指挥决策等进行记录,方便之后的调取

针对紧急事件的突发性和随机性,将实时指挥系统与任务驱动相结合。将任务分解为任务、任务节点、节点信息,任务中包含多个任务节点,任务节点包含多个节点信息。所有的信息都围绕任务进行保存和读取。任务中包括任务的增加、删除、接受、审核等。通过对任务、任务节点的分配,明确各项任务的执行顺序,使任务能被更加有序地完成,有利于提高工作效率。

1.3 架构设计

1.3.1 网络架构

系统采用有线网络、移动网络、WiFi 等网络通信方式实现执行现场单位、执行人员的各类数据消息的传输,构成一个 B/S 架构的异构网络^[10]系统。各个执行单位、指挥人员、现场执行人员在权限范围内都可以访问和操作系统各项功能,实现实时指挥与调度。系统的网络架构设计,如图 1 所示。

1.3.2 系统整体架构设计

根据上述系统需求,设计了实时指挥系统的整体架构图,如图 2 所示。由图 2 可知,最上层为实时指

1.2 技术方案

为实现上述功能,将采用 WebRTC 与 Kurento^[9]媒体服务器相结合的方法,进行视频的连接、传输和保存。WebRTC 最大的优点在于能够很好地完成这种对于实时性要求很高的工作,再加上 Kurento 中的拥塞控制机制,可以根据网络情况自动地调节和适应视频的分辨率,对于紧急事件类实时性要求较高的任务都能够满足设计需要。而且 WebRTC 通过 HTML 直接进行视频交流,不需要其它第三方插件,可降低维护成本,利于后期的维护工作。

挥系统需要实现的业务功能,包括登录验证模块、任务管理模块、实时通信模块、视频存储和回放模块。最下层分别是信令服务器、流媒体服务器和应用服务器。其中,信令服务器主要用于交换对等连接双方的信息,建立视频流信息的传输通道。流媒体服务器主要用于视频流信息的保存、读取和视频流传输过程中的优化。应用服务器主要用于提供 Web 服务和数据库服务、以及任务的相关操作与保存。

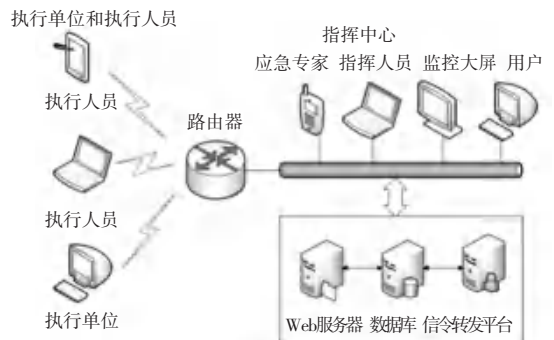


图 1 系统的网络架构设计

Fig. 1 System network architecture design

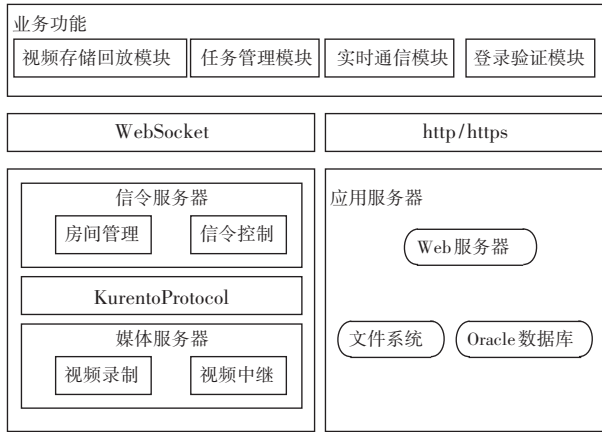


图2 系统整体架构图

Fig. 2 System overall architecture diagram

2 系统研发设计

2.1 登录验证模块

出于安全与管理考虑,每个用户都需要向管理员申请账号,管理员添加账号与权限后方可进入系统。在登录时,用户需要填写用户名、密码与验证码。后台读取用户名、密码将会与缓存中的用户名和密码进行匹配,若之前登录过该用户,且本次用户名、密码输入正确,则通过;若之前未登录过该用户,则将本次登录的用户名、密码与数据库中信息进行匹配,如果数据库中存在对应信息,则通过登录,并将本次登录的用户名、密码存入缓存中,方便下次进行验证。

2.2 任务管理模块

任务的管理主要包括任务的查看、创建、删除、修改、审核、分配。全系统依靠任务驱动运行,将应急突发事件作为一个任务进行分配,而任务中又包括多个任务节点、即子任务,通过将任务划分为子任务进行分配,提高了任务的执行效率,而将所有信息依靠任务节点保存起来,使得记录变得更加有序。任务流程如图3所示。

2.3 实时通信模块

本模块主要实现了一对一指挥和一对多现场展示的功能。采用 WebRTC 与流媒体服务器 Kurento 相结合的方法,前台通过 WebSocket 访问信令服务器,注册自己的相关信息,交换对等连接的相关信息,建立 Kurento 通道,将连接双方的视频流传入 Kurento 中,再通过 Kurento 所建立的通道,实现双方视频信息的交互。一对一建立连接时序,如图4所示。一对多现场展示时序,如图5所示。

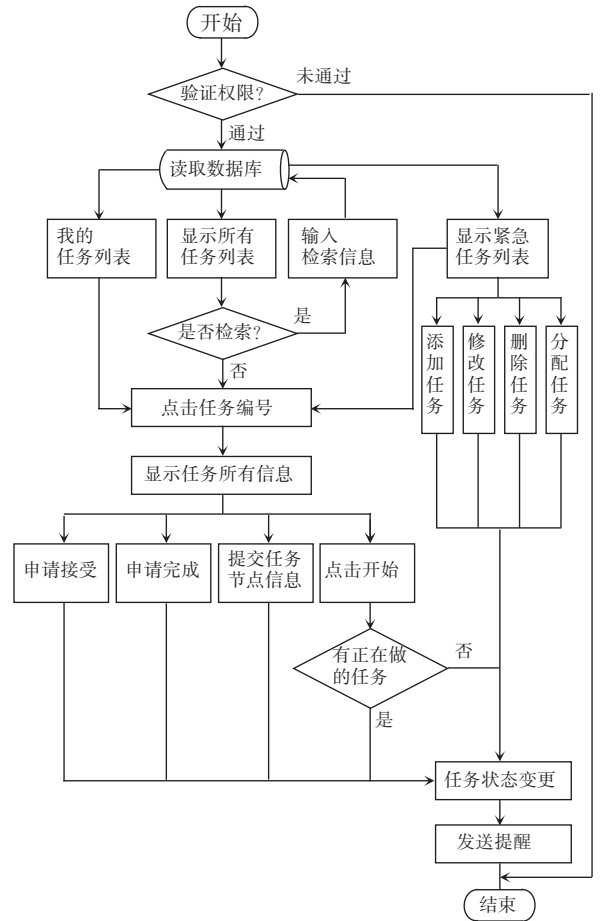


图3 任务管理流程图

Fig. 3 Task management flow chart

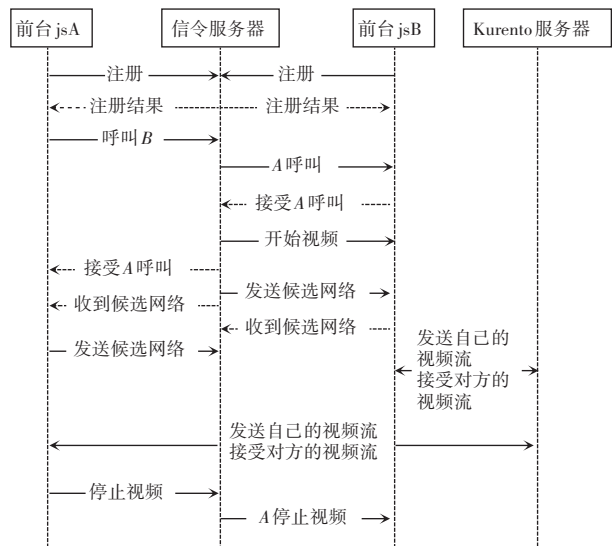


图4 一对一指挥视频时序图

Fig. 4 One-to-one command video timing diagram

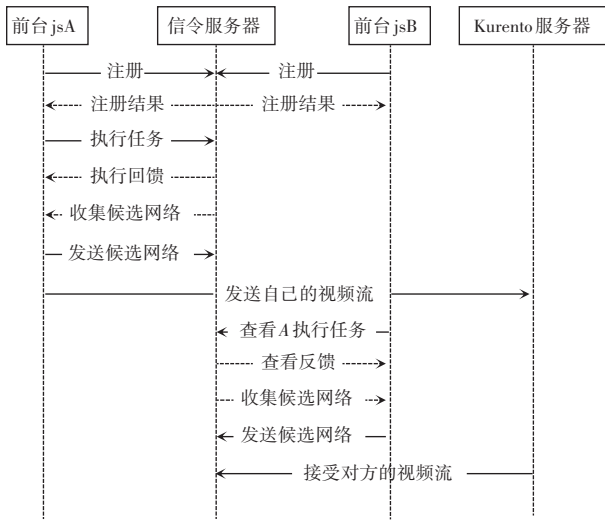


图 5 一对多现场展示视频时序图

Fig. 5 One-to-many live display video timing diagram

图 4 中, A、B 分别为 2 个浏览器端, 前台界面首先向信令服务器发送自己的注册信息, 得到注册的反馈。然后 A 向信令服务器发送对 B 呼叫的请求, 信令服务器向 B 发送 A 要对其进行呼叫的信息。B 收到信息, 反馈信息给信令服务器, 信令服务器将反馈信息发送给 A。

A、B 收集候选网络并发送到信令服务器, 信令服务器建立 A 和 B 的 Kurento 通道, A、B 通过通道向 Kurento 发送自己的视频流, 并接受对方的视频流。最后 A 发送停止信息给信令服务器, 信令服务器发送 A 要停止视频的信息给 B, 双方断开连接。

图 5 中, A、B 分别为 2 个浏览器端, 前台界面首先向信令服务器发送自己的注册信息, 得到注册的反馈。然后 A 向信令服务器发送执行命令的请求, 信令服务器发送反馈信息给 A。A 收集候选网络并发送到信令服务器, 信令服务器建立 A 的 Kurento 单向通道, A 通过通道向 Kurento 发送自己的视频流。此时 B 发送查看 A 执行任务的请求给信令服务器, 信令服务器接到请求并发送反馈信息给 B, B 收集候选网络并发送到信令服务器, 信令服务器将 A 的 Kurento 通道的另一端连接 B, B 接收 A 的视频流。

2.4 视频存储和回放模块

本模块主要在视频流信息流经 Kurento 的时候, 将视频流进行拷贝, 并按照任务的信息存储在视频流服务器 Kurento 中, 方便根据任务取得所有的视频信息。回放功能主要是通过应用服务器, 读取数据库存储的信息, 访问 Kurento 服务器的相关文件, 得到相对应的视频。

3 系统实现

3.1 开发环境搭建

网页端在 Java EE 开源框架 Jeecg 的基础上进行开发, 后台以 Spring-Boot 为核心框架, 使用 Java 语言编写代码, 使用 MyBatis 实现对于 Oracle 数据库的数据访问, ApacheShiro 实现对权限的控制, Ehcache 和 Redis 对数据进行缓存, Thymeleaf 作为模板引擎。前台使用 Vue 框编写 HTML/js 页面, 并引入 Kurento 提供的第三方 js 库进行视频相关的开发。

3.2 视频传送链路建立流程

系统中视频传送链路主要包括一对一指挥链路和一对多现场展示链路。链路建立流程详见如下。

流程 1 一对一

算法: O2OCall

输入: E 表示任务执行者, T 表示指挥中心, N 表示当前摄像头状态, S 表示执行状态

输出: 连接建立, 互相发送视频信息

if (S == 1) { // 当任务正在被执行时

if (N == 1) { // 如果当前摄像头正在使用

Set(N = 0) // 更改摄像头状态

Stop(N) // 关闭当前任务执行所占用的摄像头

Register(T) // 后台注册指挥中心信息

Traversal(E) // 遍历获取任务执行者信息

Connect(E, T) // 执行 Connect 算法, 建立双方对等连接, 互相发送视频信息

Set(N = 1) // 更改摄像头状态

} else {

Register(T) // 后台注册指挥中心信息

Traversal(E) // 遍历获取任务执行者信息

Connect(E, T) // 执行 Connect 算法, 建立双方对等连接, 互相发送视频信息

}

} else {

Init() // 执行初始化算法, 刷新网页, 更新状态

}

流程 2 一对多

算法: O2M

输入: E 表示任务执行者, T 表示指挥中心, N 表

示当前摄像头状态, S 表示执行状态

输出: 连接建立,接收执行者发送的视频信息

```

if (S == 1) { // 当任务正在被执行时
    Register(T) // 后台注册指挥中心信息
    Traversal(E) // 遍历获取任务执行者信息
    Connect(E, T) // 执行 Connect 算法,建立
    双方对等连接,只接收任务执行者发送的信息
}
else {
    Init() // 执行初始化算法,弹窗提示,当
    前任务未在执行
}

```

4 功能验证

本模块对所开发的面向音视频流的实时指挥系统的各项功能进行验证。对此可做阐释分述如下。

4.1 登录验证

通过用户名、密码进行登录,信息传入后台,打包成 token,由 shiro 安全框架进行验证,提高安全性。功能界面如图 6 所示。

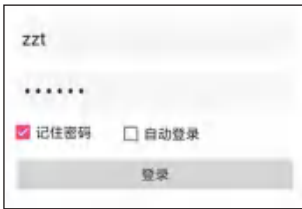


图 6 登录验证

Fig. 6 Login verification

4.2 任务管理

任务管理主要提供了对任务的增删改查、呼叫和观看等功能。其中,增删改查属于对任务本身的操作,同时还包括子任务的划分、分配等。呼叫主要对目前任务的执行者进行一对一的呼叫指挥。观看则是对目前任务执行者的执行过程进行实时的查看。任务管理界面,如图 7 所示。

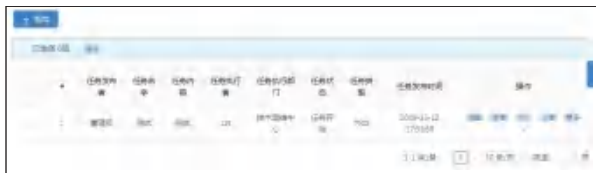


图 7 任务管理

Fig. 7 Task management

4.3 实时通信

实时通信主要包括一对一和一对多,其中一对一为指挥中心对执行人员进行呼叫指挥,一对多为执行人员将执行过程实时传回指挥中心。

4.3.1 一对多通信

外出执行人员携带外出执行记录仪前往执行地点,到达指定地点后使用执行记录仪,登录系统,选择相对应的任务来执行操作。系统会将执行过程的视频传回指挥中心。指挥中心可以选择相对应的任务对正在执行的过程进行实时查看,同时也可以查看已完成的子任务的相关信息。指挥中心接收的图像,如图 8 所示,执行记录仪的画面,如图 9 所示。



图 8 指挥中心接收的图像
Fig. 8 Image received by the command center

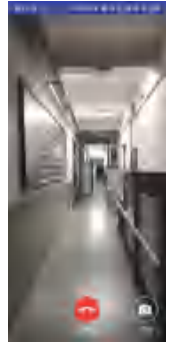


图 9 执行记录仪画面
Fig. 9 Shows the recorder screen

4.3.2 一对一通信

指挥中心对执行者发起指挥呼叫请求,执行者接受请求,双方建立通信连接。指挥中心指挥截图,如图 10 所示。执行者接受指挥截图,如图 11 所示。

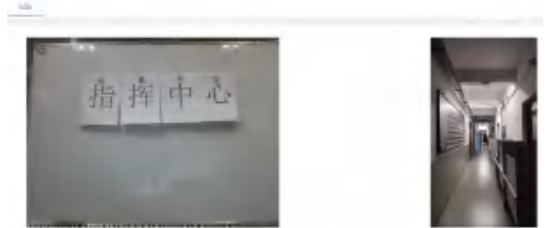


图 10 指挥中心指挥截图

Fig.10 Command center command screenshot

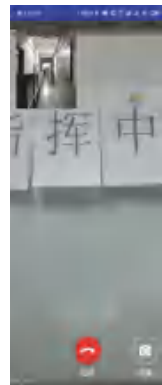


图 11 执行者接受指挥截图

Fig. 11 The screenshot of executor accepting the command

4.4 视频存储和回放

将执行过程以及指挥过程进行存储,存储在 Kurento 服务器上,通过访问 Kurento 服务器对视频进行回放。存储形式为 Webm 文件,名字定义规则为任务名-类型-节点 ID。视频存储如图 12 所示。

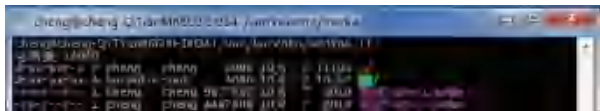


图 12 视频存储

Fig. 12 Video storage

5 结束语

本文基于 WebRTC 和 Kurento 实现了实时指挥系统,相对于目前已有的实时指挥系统,本系统仅需要设备支持浏览器、摄像头、上网功能即可使用,降低了使用成本,而且由于不需要第三方插件,维护成本也大大降低。在网络较差的环境下,系统会通过调节分辨率的方法,降低所需带宽,使得本系统在较恶劣的环境下也能完成作业。等到 5G 开始全面商业化之后,本系统不需要更改即可投入使用,由于 5G 的网络更加快捷、稳定,本系统所达到的效果会更好。

参考文献

- [1] 邸勇. 背负式融合通信指挥调度系统在应急救援现场应用及实践[J]. 卫星应用,2019(8):58-62.
- [2] 董石羽,向泽锐,吴贵凉,等. 一种多功能海事卫星电话的造型与结构设计[J]. 电讯技术,2013,53(8):1094-1099.
- [3] 汪欣. 一种“快速通”应急通讯车的系统设计[J]. 河北省科学院学报,2017,34(4):49-53.
- [4] 姜琪. 4G 专网应急指挥调度系统在地震极重灾区的建设研究[J]. 电脑知识与技术,2018,14(29):58-59.
- [5] 陈寒. 基于 Android 的应急指挥调度软件模块化设计与实现[D]. 杭州:浙江工业大学,2017.
- [6] 史新宇,胡敏. 可视化综合指挥调度系统在民防应急指挥中的运用[C]// 第五届中国指挥与控制大会. 北京:中国指挥与控制学会,2017:239-246.
- [7] 吴斌. 实战型公安警务一体化指挥调度平台的构建与应用[J]. 警察技术,2018(5):39-42.
- [8] MINIERO L, ROMANO S P, AMIRANTE A, et al. On the seamless interaction between WebRTC browsers and SIP-based conferencing systems[J]. IEEE Communications Magazine, 2013, 51(4):42-47.
- [9] FERNANDEZ L L, DIAZ M P, MEJIAS R B, et al. Kurento: A media server technology for convergent WWW/mobile real-time multimedia communications supporting WebRTC [C]// 2013 IEEE 14th International Symposium and Workshops on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM). Madrid, Spain: IEEE, 2013:1-6.
- [10] 蒋凌燕. 异构网络环境下的多终端协作学习平台设计[J]. 电子技术与软件工程,2018(20):28-29.
- [11] 王文伟. 低成本高新技术企业的技术创新效率研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2012.
- [12] 陈伟,景锐,张慧泉,等. 东北地区大中型工业企业技术创新效率评价—基于 DEA-Malmquist 指数方法[J]. 华东经济管理,2017,31(2):66-71.
- [13] 罗家松,王新雷,徐彤,等. 政府创新政策体系对企业技术创新的影响路径分析与优化模型[J]. 时代经贸,2017(18):48-52.
- [14] 郭少东. 基于复杂性科学的课程研究方法论初探[D]. 桂林:广西师范大学,2009.
- [15] 吴积亲. 钱学森工程管理思想研究[D]. 杭州:浙江工商大学,2007.
- [16] 曹蕾,郭飞. 按劳分配若干问题争论概述[J]. 中国人民大学学报,1991(2):72-79.
- [17] 冯晓青. 技术创新、知识产权战略模式的互动关系探析[J]. 知识产权,2014(4):3-14.
- [18] 陈波. 企业技术创新系统的概念、边界及有效性分析[J]. 管理现代化,2014,34(3):46-48.
- [19] 李莉. 创新模式、吸收能力与创新绩效关系研究[D]. 杭州:浙江理工大学,2014.
- [20] 孟庆松,韩文秀,金锐. 复合系统“面向协调的管理”的概念模型[J]. 山东师大学报(自然科学版),1999,14(3):256-258.
- [21] 李易宙. 金融创新与经济发展关系的实证研究[J]. 经济管理(文摘版),2016,1:291.

(上接第 43 页)

另一方面企业应加强与外界的技术研发合作,提升自主创新意识,在不断吸收改造技术的过程中提升企业自主创新能力。

参考文献

- [1] 段云龙,王荣党. 我国省区大中型工业企业技术创新效率差异的实证分析[J]. 经济问题探索,2010(8):109-112.
- [2] MEEUSEN W, van den BROECK J. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error [J]. International Economic Review, 1977, 18(2): 435-444.
- [3] CHARNES A, COOPER W W. Programming with linear fractional functionals[J]. Naval Research Logistics Quarterly, 1962, 9 (3-4): 181-186.
- [4] 雷善玉,王振兴. 我国省区大中型工业企业技术创新效率测算及影响要素研究[J]. 价值工程,2014,33(19):148-149.
- [5] 赵继宗. 甘肃大中型工业企业技术创新效率评价研究[D]. 兰州:兰州理工大学,2016.
- [6] 王利. 中国大中型工业企业创新驱动增长的测度与分析[J]. 数量经济技术经济研究,2015,32(11):90-104.
- [7] 孙丝雨,安增龙. 黑龙江省大中型工业企业技术创新效率评价研究[J]. 农场经济管理,2016(5):30-34.