

# 保护区移动巡护系统<sup>①</sup>

杨慧伟<sup>1,2</sup>, 付海静<sup>2</sup>, 秦 刚<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(中国科学院大学, 北京 100049)

<sup>2</sup>(中国科学院 计算机网络信息中心, 北京 100190)

通讯作者: 杨慧伟, E-mail: [yanghuiwei@cnic.cn](mailto:yanghuiwei@cnic.cn)

**摘 要:** 目前很多自然保护区的巡护工作仍然使用传统的巡护方式, 严重影响了巡护工作效率. 本文针对自然保护区的实际巡护工作需求, 基于 Android 移动开发、Java Web 开发、KML、位置服务 (Location Based Service, LBS) 等主要技术来构建保护区移动巡护系统, 以取代传统的巡护方式. 系统包括移动端采集系统和 Web 端管理系统. 巡护人员使用移动端采集系统提高巡护信息采集的效率; 保护区的管理人员使用 Web 系统对巡护数据进行高效管理, 并及时了解巡护人员的工作情况和实时位置. 系统已在多个保护区得到实际使用, 并且取得了较好的应用效果.

**关键词:** 自然保护区; 位置服务; Keyhole 标记语言; Android; Java Web; MySQL

引用格式: 杨慧伟, 付海静, 秦刚. 保护区移动巡护系统. 计算机系统应用, 2018, 27(8): 92-96. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/6455.html>

## Mobile Patrol System in Protected Areas

YANG Hui-Wei<sup>1,2</sup>, FU Hai-Jing<sup>2</sup>, QIN Gang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

<sup>2</sup>(Computer Network Information Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

**Abstract:** At present, the patrolling work of many natural reserves still uses the traditional patrolling way, which has seriously affected the efficiency of patrolling work. In this study, according to the needs of actual patrol work in natural reserves, the mobile patrol system of protected areas is constructed based on the main technologies of Android mobile development, Java Web development, KML, and LBS to replace the traditional patrolling way. The system includes the mobile terminal acquisition system and Web-side management system. Patrol staffs use the mobile terminal acquisition system to improve the efficiency of patrol information collection; protected area managers use the Web system to conduct efficient management of patrolling data, and timely learn the work of patrolling staff and real-time location. The system has been used in a multiple protected areas and has achieved good results.

**Key words:** nature reserve; Location Based Service (LBS); Keyhole Markup Language (KML); Android; Java Web; MySQL

到目前为止, 全国已建立各种类型、不同级别的自然保护区 3381 个. 保护区的巡护人员需要定期对其进行巡护, 记录巡护信息. 在自然保护区内, 生态环境破坏活动时有发生, 巡护作为自然保护区管理工作中最基础、最重要、最艰苦的工作, 目的是及时地掌握

管护区域内的人为活动及破坏动植物资源的情况, 以采取针对性的保护策略, 打击制止保护区内的非法活动, 提高保护的有效性和科学性<sup>[1,2]</sup>. 传统的巡护方式是: 巡护人员主要手持 GPS 定位仪记录坐标点信息, 携带相机进行拍照、录像, 填写纸质的巡护表格, 然后

① 收稿时间: 2017-12-01; 修改时间: 2017-12-21; 采用时间: 2017-12-27; csa 在线出版时间: 2018-07-28

手动录入到系统中,造成巡护操作复杂、巡护数据记录繁琐、数据容易丢失、数据整合复杂、无法检索等不便.现在还有很多自然保护区还是以传统的巡护工作方式为主.

随着国内移动网络的全覆盖,包括自然保护区内网络信号的不断改善,在自然保护区内能够正常使用移动网络.移动 GIS 在野外应用的逐渐发展,已经成为野外数据采集的主要方式<sup>[3-5]</sup>,但移动端不适合对数据进行管理,使用 Web 端能有效解决数据的管理问题.目前,结合移动端和 Web 端在自然保护区的应用并不多<sup>[6-8]</sup>.基于位置的服务(Location Based Service, LBS),是在 GIS 平台的支持下,根据用户的位置信息为用户提供相应服务,如今已广泛应用在紧急救援、位置跟踪、定位导航、本地搜索、社交娱乐、广告促销等方面.野外巡护过程中需要对巡护人员进行跟踪,巡护过程中采集的数据几乎都含有位置信息,但国内针对自然保护区的 LBS 应用还比较少<sup>[9,10]</sup>.

本文旨在结合 LBS 技术构建自然保护区移动巡护系统来取代传统的巡护方式.本文还在轨迹和关键点巡护数据(含有经纬度坐标信息)存储方面,使用了 KML (Keyhole Markup Language) 标记语言<sup>[11]</sup>,最终将轨迹和巡护数据整合成 KMZ 轨迹文件,使得轨迹数据多样化.

## 1 系统概述

### 1.1 系统架构

整个系统分为移动端采集系统、Web 端管理系统.在逻辑上分为用户层、应用层、服务器端和位置服务,整个架构如图 1 所示.位置服务为应用层提供地图服务和定位服务;服务器端用来存放用户信息、用户采集的巡护信息、KMZ 轨迹文件,并使用 Tomcat 作为 Web 服务器,给应用层提供访问.应用层则提供可视化界面给用户进行操作,分为移动端 APP 和 Web 端系统;用户层有保护区巡护人员和管理人员.移动端 APP 主要给保护区的巡护人员使用,用来采集数据;Web 端系统主要给保护区的管理人员使用,用来管理数据,并及时了解巡护人员的工作情况和实时位置等.

### 1.2 系统功能设计

移动端采集系统的用户是巡护人员,巡护人员在开始巡护时,首先需要在移动终端上进行登录,开启轨迹记录功能.在巡护过程中,填写巡护数据表,记录巡

护事件,必要时进行拍照、录音和视频拍摄.巡护结束后,结束轨迹记录,将巡护轨迹和数据同步到服务器端.移动端系统功能主要包括用户登录和注册、数据记录和管理、数据表的模板管理、轨迹记录和管理、离线地图、用户实时位置记录、系统设置和升级.

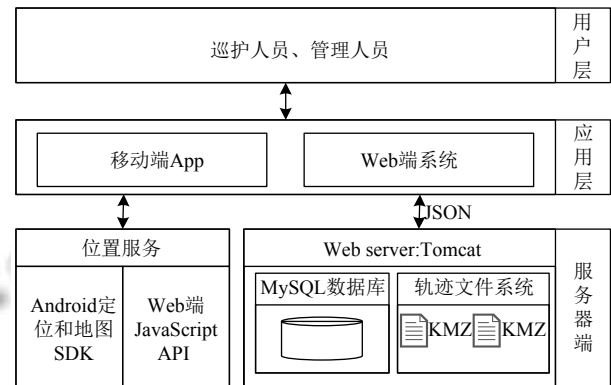


图 1 系统总体架构

Web 端管理系统的用户是保护区的管理人员和巡护人员.管理人员需要对巡护人员进行管理,检索和查看巡护人员的历史轨迹数据,统计巡护数据,以及查看巡护人员巡护时所在的实时位置.巡护人员可以在巡护结束后,使用有线网络在 Web 端系统上上传轨迹文件,在巡护过程中,生成的巡护轨迹文件一般都比较大,不适合使用移动网络上传.Web 端系统的主要功能包括用户登录和管理、轨迹上传、轨迹展示(在地图上显示轨迹以及关键点信息)、轨迹搜索、轨迹统计、轨迹下载、巡护人员实时位置展示等.

整个系统的功能结构设计如图 2 所示.

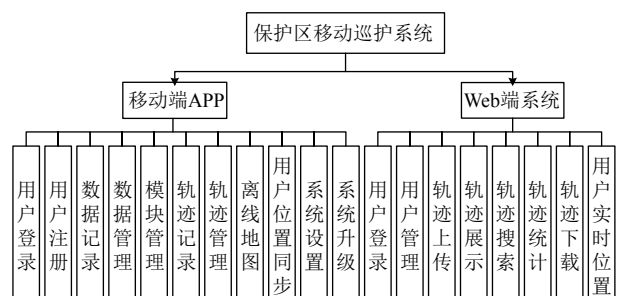


图 2 系统功能结构设计

## 2 关键技术

### 2.1 LBS 技术

基于位置的服务(Location Based Service, LBS)作

为移动互联网时代的基础服务,已成为人们日常生活中不可或缺的部分,日常生活中 80% 的信息与位置有关. LBS 是通过无线通信网络定位或外部定位 (GPS 定位) 方式,获取移动终端用户的位置信息,并以此为基础而提供的空间信息服务<sup>[12]</sup>. 目前国内的地图位置服务提供商已经开放了 LBS 接口,包括移动端开发和 Web 开发的接口,提供地图展示、定位、检索服务等,开发者可以调用其接口,自主开发基于地图和定位服务的应用程序.

由于保护区地理位置偏远,在选择地图服务时,需要考虑地图在保护区的精度. 对比主流的地图位置服务提供商:谷歌地图、腾讯地图、百度地图、高德地图等. 其中谷歌地图提供的地图精度最高,但在国内无法正常使用;其次是腾讯地图,精度高于百度、高德地图,所以本文使用了腾讯位置服务来为移动端和 Web 端提供地图服务.

## 2.2 KML

KML (Keyhole Markup Language) 文件是一种在 GOOGLE 地图浏览器中用于交换地理数据的文件. 它基于 XML,并定义了一些 TAG 用于规定地理数据的显示方式. KML 可用于定义的地理特征包括地点、描述、叠层、路径和多边形等. KML 现在是由开放地理空间联盟 (Open Geospatial Consortium, Inc., 简称 OGC) 维护的国际标准. KMZ 文件是压缩过的 KML 文件. 由于 KMZ 是压缩包,因此,它不仅包含 KML 文件,也能包含其他类型的文件,例如图片、视频、音频等. 国内的主流地图服务目前没有支持 KML 文件格式,但国内学者武希涛<sup>[13]</sup>基于高德地图 API 研究了加载 KML 文件的方法,杜英俊<sup>[14]</sup>等人将 KML 应用在相关 GIS 系统中,但很少有将 KML 应用到保护区中.

本文的 KMZ 轨迹文件是由 RouteRecord.kml、TrackDetail.xml、audio、photo 和 video 组成,目录如图 3 所示. RouteRecord.kml 文件记录了巡护轨迹的点坐标 (Document/Folder/Placemark 表示一条轨迹) 和关键点信息 (Document/Placemark 表示一个关键点) 等,如图 4 所示. TrackDetail.xml 文件记录了轨迹的信息,包括巡护人、巡护轨迹名、巡护开始时间、巡护结束时间、轨迹长度、最高海拔等信息,如图 5 所示. 腾讯地图服务没有提供浏览 KMZ 文件相关的接口,所以在服务器端需要提取 KMZ 轨迹文件中的信息,然后在地图中进行展示. KMZ 是压缩文件,需要使用解压缩技术;RouteRecord.kml、TrackDetail.xml 是 XML 格式文件.

本文使用的是 Apache 的 ant.jar 来实现解压缩,使用资源占用少、快速的 SAX 解析方式来解析 XML 格式文件.

audio	2017/11/25 21:20	File folder
photo	2017/11/25 21:20	File folder
video	2017/11/25 21:20	File folder
RouteRecord.kml	2016/4/3 9:45	KML
TrackDetail.xml	2016/4/3 9:45	HTML Document

图 3 KMZ 目录

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<Document>
  <Style id="Line_1_1">
    <LineStyle>
      <color>ff00aaaa</color>
      <width>5</width>
    </LineStyle>
  </Style>
  <Placemark>
    <name>0 石楼梯</name>
    <description></description>
    <Point>
      <coordinates>100.65531134,24.57458619,2067.0</coordinates>
    </Point>
  </Placemark>
  <Folder>
    <Placemark>
      <name>new route</name>
      <styleUrl>#Line_1_1</styleUrl>
      <LineString>
        <coordinates>100.67029416561127,24.59164023399353,1684.0 100.67034668,
      </LineString>
    </Placemark>
  </Folder>
</Document>
```

图 4 RouteRecord.kml 文件样例

```
<trackdetail>
  <name>巡护</name>
  <author>文龙吴成阳</author>
  <starttime>2016-04-03 07:03:51</starttime>
  <endtime>2016-04-03 08:27:23</endtime>
  <length>3987.9331829416487</length>
  <maxaltitude>2109.0</maxaltitude>
  <keysiteslist></keysiteslist>
  <annotation></annotation>
</trackdetail>
```

图 5 TrackDetail.xml 文件样例

## 2.3 坐标转换

移动端通过 GPS 定位获取的坐标采用的是标准坐标系,即地球坐标系 (WGS),腾讯地图使用的是火星坐标系 (GCJ-02),也叫国测局坐标系,所以需要对其进行坐标转换. 腾讯地图服务只提供了其他经纬度坐标 (包括 GPS) 转换成腾讯地图经纬度坐标的接口,而在 Web 端需要用到腾讯地图经纬度坐标转 GPS 坐标,具体转换代码如图 6 所示.

## 2.4 服务器推送技术<sup>[15,16]</sup>

在 Web 应用中使用的 HTTP 协议是无状态的,客户端发起请求并接收到服务器应答后就会断开连接,所以无法实现“服务器推送”. 目前主要的服务器推送技术有 Comet 和 WebSocket 两种. Ajax 长轮询是

Comet 常见的实现方式之一,就是浏览器通过 JS 调用 XMLHttpRequest 对象向服务器发出请求,收到服务器的返回数据后再重新发出请求,以保证获取到最新的消息,一般浏览器都支持这种方式。WebSocket 是在新一代 HTML 标准——HTML5 中提供的一种浏览器和服务器间进行全双工通讯的网络技术,与 HTTP 协议的请求/响应模式不同,WebSocket 在建立连接之前有一个 Handshake (Opening Handshake) 过程,在关闭连接前也有一个 Handshake (Closing Handshake) 过程,建立连接之后,即可进行双向通信。

```

var w = PT;
var PT = 3.1415926535897934 * 1000.0 / 100.0;
var A = 6377375.0;
var AA = 3.1415926535897934 * 1000.0;
function wgs2gcj02(lon, lat) {
    var dlat = gcj02torgcj02(lon, lat);
    var dlon = gcj02torgcj02(lon, lat);
    var radlat = lat / 180.0 * PT;
    var magic = Math.sin(radlat);
    magic = 1 - AA * magic * magic;
    var srtmagic1 = Math.sqrt(magic);
    var srtmagic2 = 1 / srtmagic1;
    dlon = (dlon * 100.0) / (4 * srtmagic1 * Math.cos(radlat) * PT);
    dlat = (dlat * 100.0) / (4 * srtmagic2 * Math.cos(radlat) * PT);
    var mlat = lat + dlat;
    var mlon = lon + dlon;
    return [mlon, mlat];
}
function gcj02torgcj02(lon, lat) {
    var radlat = 180.0 * lat / 180.0 * PT;
    var mag = (20.0 * Math.sin(radlat * 2) + 5.0 * Math.sin(radlat * 4) + 1.5 * Math.sin(radlat * 6) + 0.5 * Math.sin(radlat * 8) + 0.3 * Math.sin(radlat * 10) + 0.2 * Math.sin(radlat * 12)) * PT;
    var mlat = (180.0 * Math.sin(radlat * 2) + 5.0 * Math.sin(radlat * 4) + 1.5 * Math.sin(radlat * 6) + 0.5 * Math.sin(radlat * 8) + 0.3 * Math.sin(radlat * 10) + 0.2 * Math.sin(radlat * 12)) * PT;
    var mlon = (100.0 * Math.sin(radlat * 2) + 5.0 * Math.sin(radlat * 4) + 1.5 * Math.sin(radlat * 6) + 0.5 * Math.sin(radlat * 8) + 0.3 * Math.sin(radlat * 10) + 0.2 * Math.sin(radlat * 12)) * PT;
    return [mlon, mlat];
}
function gcj02torgcj02(lon, lat) {
    var radlat = 180.0 * lat / 180.0 * PT;
    var mag = (20.0 * Math.sin(radlat * 2) + 5.0 * Math.sin(radlat * 4) + 1.5 * Math.sin(radlat * 6) + 0.5 * Math.sin(radlat * 8) + 0.3 * Math.sin(radlat * 10) + 0.2 * Math.sin(radlat * 12)) * PT;
    var mlat = (180.0 * Math.sin(radlat * 2) + 5.0 * Math.sin(radlat * 4) + 1.5 * Math.sin(radlat * 6) + 0.5 * Math.sin(radlat * 8) + 0.3 * Math.sin(radlat * 10) + 0.2 * Math.sin(radlat * 12)) * PT;
    var mlon = (100.0 * Math.sin(radlat * 2) + 5.0 * Math.sin(radlat * 4) + 1.5 * Math.sin(radlat * 6) + 0.5 * Math.sin(radlat * 8) + 0.3 * Math.sin(radlat * 10) + 0.2 * Math.sin(radlat * 12)) * PT;
    return [mlon, mlat];
}

```

图6 WGS 坐标转 GCJ-02 坐标

### 3 移动端采集系统

移动端系统主要使用 JDK 7、Android 4.2 SDK (API17)、腾讯 Android 定位 SDK、腾讯 Android 地图 SDK 进行开发,使用 HTTP 协议、JSON 数据格式和服务器端进行数据传输。移动端核心功能有数据记录、轨迹记录和用户实时位置记录。系统主界面如图 7 所示。

#### 3.1 数据记录

用户使用定制的模板动态生成数据记录表,根据用户的操作实现数据的采集录入、保存到本地或者服务器上,在数据记录上传之前用户也可以对数据进行查看、修改。模版是根据用户的实际工作需求进行定制。在本系统中提供了 Web 方式的模版定制功能,用户可以在 Web 页面中创建全新的模版,或者通过对已有的模版进行修改以生成新的模版。用户登录进入移动端采集系统之后,会根据用户的角色从 Web 端同步数据采集模版,用户根据实际工作需要选择模版进行数据记录。为了提高数据记录的效率和准确性,多数的数据字段都是采用自动填写或者下拉列表点选的方式实现的。例如时间、经纬度、人员姓名等都采用自动填写的方式,动植物物种名称、地点名称等都采用下

拉列表点选的方式。



图7 移动端系统主界面

#### 3.2 轨迹记录

巡护人员在开始进行巡护时,需要选择按照特定的时间间隔或特定的移动距离记录活动轨迹,系统会自动记录用户的坐标信息。在巡护人员巡护过程中,填写巡护数据表,采集动植物数据,在轨迹中添加关键点标注,并可以添加文字、照片、音视频等数据。在用户巡护结束后,APP 就会生成 KMZ 轨迹文件,在有网的情况下可以选择通过网络将活动轨迹回传给服务器。用户可以导入生成的 KMZ 巡护轨迹文件到地图中进行展示。

#### 3.3 用户实时位置记录

为了便于管理人员及时掌握野外工作人员的活动位置,同时为了保障野外工作人员的人身安全,系统实现了用户实时位置记录功能。实时位置功能需要 APP 以固定间隔时间通过 GPS 定位获取用户的经纬度坐标,并实时同步到服务器端的数据库中。该功能必须要在有网络连接的环境在才能使用。

### 4 Web 端管理系统

Web 端核心功能主要有轨迹搜索、轨迹展示、轨迹统计和用户实时位置展示,系统主界面如图 8 所示。Web 端管理系统主要使用 JDK7、Tomcat7、Java Web、腾讯 Javascript 地图 API、JQuery、Bootstrap、Plupload、上传插件、ECharts 图表库完成开发。Web 端和服务器端主要使用 Ajax 交互和 JSON 传输数据。

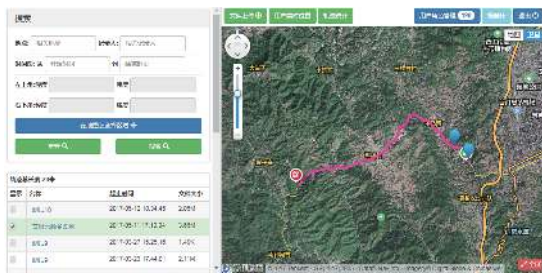


图8 Web端系统主界面

#### 4.1 轨迹搜索

用户可以通过多种方式进行轨迹记录的搜索,例如按照巡护轨迹名称、轨迹记录人、轨迹记录的时间范围、轨迹所在的经纬度范围(可在地图上选择区域)等。搜索后的结果按表格进行分页显示,用户可查看具体轨迹的详细信息、下载轨迹以及选择轨迹在地图上展示。

#### 4.2 轨迹展示

根据轨迹搜索的结果,用户可以选择一条或多条轨迹进行展示。通过在轨迹数据库中根据轨迹ID来检索轨迹文件的物理位置,并对轨迹文件进行解析以获得轨迹的路径信息和关键点信息,返回给浏览器,再使用地图服务API进行展示。对于轨迹中的关键点,可以展示其中包含的多媒体数据,包括照片、视频、音频。为了提高多媒体数据的加载效率,提升用户体验,系统会在服务器端对多媒体数据进行压缩处理。用户可以对轨迹路径进行浏览,可以对轨迹中关键点的详细信息进行查看,包括关键点中记录的照片的浏览、音视频数据的播放等。

#### 4.3 轨迹统计

为了便于管理人员掌握野外工作人员的工作情况,系统提供了轨迹统计功能。提供了多种统计方式,包括按时间段查询并统计巡护人员的历史轨迹总长度、历史轨迹长度和出勤次数,以及排名等。轨迹统计的结果采用图表方式进行直观有效的显示,包括折线图、柱状图、表格。

#### 4.4 用户实时位置展示

巡护人员在使用移动端系统进行工作时,移动端系统会调用服务端的接口实时同步巡护人员的地理位置。当管理人员登录到Web端系统并进入巡护人员实时位置页面,服务器端会通过WebSocket方式将巡护人员的实时位置推送到Web端或者Web端通断Ajax长轮询的方式获取巡护人员最新位置,管理人员就可以看到所有正在巡护的人员位置。管理人员可以

对巡护人员进行检索,并且查看该人员当天的巡护数据。

## 5 总结与展望

系统目前已在三江源国家公园、青海湖国家级自然保护区、内蒙古呼伦湖国家级自然保护区、云南无量山哀牢山国家级自然保护区等实际使用,用户反响良好,有效提高了野外调查巡护的工作效率。下一步还将在针对保护区等特定区域的离线高精度卫星遥感影像定制、提升离线地图加载效率、移动端与Web端数据传输的可靠性及安全性方面开展进一步的研究工作,以提升整个系统的性能和水平。

### 参考文献

- 郎中辉. 浅谈无量山自然保护区巡护管理. 绿色科技, 2015, (3): 19-22, 25.
- 黄志伟. 自然保护区日常巡护管理体系研究[硕士学位论文]. 广州: 华南农业大学, 2016.
- 康铭东, 彭玉群. 移动GIS的关键技术与应用. 测绘通报, 2008, (9): 50-53, 69.
- 李泽沛. 基于野外数据采集的移动GIS研究[硕士学位论文]. 昆明: 昆明理工大学, 2008.
- 田政. 基于Android终端的GIS野外数据采集系统设计与实现[硕士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2014.
- 陈玉龙, 宦国跃, 李益敏. 会泽黑颈鹤自然保护区管理系统的设计与实现. 测绘科学, 2017, 42(3): 174-178, 195.
- 邱陵, 李智彪, 蒋启林, 等. 龙泉驿区森林管护智能巡护管理系统的设计与应用. 四川林业科技, 2016, 37(6): 66-71.
- 高洪娣, 高海力, 莫路锋, 等. 浙江省护林员巡查考勤系统建设. 浙江农业科学, 2017, 58(1): 160-161, 173.
- 马琰, 李凡, 张旭. 基于位置服务云平台的自然保护区智能管护系统设计. 世界林业研究, 2015, 28(6): 34-39.
- 段菁. 基于公有位置云服务的林业智能巡护管理系统的研究与应用. 中国农业信息, 2016, (13): 3-6.
- 漆明生, 徐家清. 基于KML的地理数据表示. 四川林勘设计, 2008, (1): 77-80.
- 刘成. LBS定位技术研究与发展现状. 导航定位学报, 2013, 1(1): 78-83.
- 武希涛. 基于高德地图API加载kml文件的方法研究. 科技创新与应用, 2016, (13): 66.
- 杜英俊, 于重重, 刘杰. 基于KML开发的GIS系统研究与应用. 计算机应用与软件, 2010, 27(10): 49-51, 116. [doi: 10.3969/j.issn.1000-386X.2010.10.015]
- 张玲. 基于WebSocket的服务器推送技术研究及应用[硕士学位论文]. 石家庄: 石家庄铁道大学, 2016.
- 姜淑芳, 雍宁, 葛华森. Web的消息推送技术中的消息推送和消息服务. 中国新通信, 2016, 18(15): 49. [doi: 10.3969/j.issn.1673-4866.2016.15.041]