

# 结合物联网和室内定位的手机图书馆推荐系统

叶小榕<sup>1</sup>, 邵晴<sup>2</sup>

1. 中国科学技术信息研究所, 北京 100038
2. 北龙中网(北京)科技有限责任公司, 北京 100190

**摘要** 为利用物联网和室内定位等新技术的优势,并充分利用图书馆的特点,设计开发了结合物联网和室内定位的手机图书馆推荐系统。借助物联网中的近场通信(NFC)搜集了系统数据;利用 Mahout 和 Redis 实现了基于物品的协同过滤推荐和基于热点的推荐,并将 2 种推荐的结果混合推荐计算得到推荐图书列表;利用位置指纹定位法得到读者的实时位置,以此向读者推送推荐结果,同时根据用户的反馈优化推荐结果。通过这些优化和改进,可使图书馆更好地为读者服务。

**关键词** 物联网;NFC;室内定位;推荐系统

中国共产党十八届五中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》中,把“公共文化服务体系基本建成”纳入“十三五”时期经济社会发展主要目标,而且提出“实施‘互联网+’行动计划,发展物联网技术和应用”。2015年,中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《关于加快构建现代公共文化服务体系的意见》中指出:“加快推进公共文化服务数字化建设……统筹实施全国文化信息资源共享、数字图书馆博物馆建设……构建标准统一、互联互通的公共数字文化服务网络……提高资源供给能力,科学规划公共数字文化资源建设,建设分布式资源库群……加强公共文化大数据采集、存储和分析处理。”这些文件为图书馆工作的发展指明了方向,即应将图书馆与物联网、移动互联网结合起来。

物联网通过智能感知、识别等技术,采集监控、连接和互动的信息,在物与物、物与人之间建立网络连接,从而建立起可识别、可交互、可管理的智能化互联互通的网络体系。当前物联网技术发展极为迅速,特别是近场通信(near field communication, NFC),因为具有与兼容设备在短距离内互相识别和交换数据等特性,已经在图书馆的查询、门禁、支付等方面逐步得到了应用<sup>[1-5]</sup>。移动互联网是将移动通信技术与互联网的技术、平台、商业模式和应用相结合,它是使用智能移动终端,通过移动无线通信方式获取业务和服务的新兴业务。随着移动互联网中室内定位技术的不断成熟,位置定位越来越迅速和准确,在图书馆中也逐渐应用到了馆内导航、签到等服务中<sup>[6-9]</sup>。但当前在图书馆中使用的物联网和移动

互联网技术,应用的功能比较单一,范围比较狭窄,而且两者之间没有有机结合起来。

近年来很多图书馆建立了推荐系统,但是目前各图书馆的推荐系统效果仍然不明显,使用的读者少且活跃度不高,其原因为:(1)推荐系统多是依靠用户的借阅历史、评论等这些显性数据来进行推荐,没有考虑到读者只是在馆内阅读图书并没有外借的情况,即阅读图书这类的隐性数据没有被有效发掘。(2)图书馆书籍的数量巨大,计算量巨大,造成系统运算缓慢、难以针对某个具体的图书分类进行有效推荐。(3)馆藏图书内容涵盖广,读者兴趣十分分散,导致读者对具体某本书的评论较少,使推荐系统面临数据稀疏性问题。(4)馆藏书量逐年不断增加,新增图书没有任何历史信息可供查询,推荐系统面临数据冷启动问题。(5)没有利用图书馆自身的优势:比如每本图书均有 ISBN 条形码,部分新书还添加了支持近距离非接触数据交换的 NFC 标签;书籍在图书馆入库时均进行过精确的分类,在书架上也是按照图书分类进行摆放;大部分图书馆内都有能实现实时定位的免费 WI-FI。(6)推荐系统没有考虑到人们对手机的使用越来越频繁、对手机越来越依靠,没有考虑到与当前物联网、移动互联网等先进技术相结合。

为解决推荐系统存在的问题,并充分利用图书馆自身的特点和物联网、移动互联网的优势,本研究将物联网技术 NFC 和基于 WI-FI 的室内定位技术应用到图书推荐领域,设计开发了针对某图书馆的基于物联网和室内定位的手机图书馆推荐系统。

收稿日期:2016-09-19;修回日期:2016-10-13

作者简介:叶小榕,高级工程师,研究方向为计算机软件、数字图书馆,电子邮箱:yeelfine@sina.com

引用格式:叶小榕,邵晴.结合物联网和室内定位的手机图书馆推荐系统[J].科技导报,2016,34(23):127-136;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2016.23.014

## 1 系统架构

本系统包括数据搜集模块、推荐计算模块、室内定位模块和推荐展示模块。(1) 数据搜集模块的功能,是通过手机接触图书的 NFC 标签或扫描 ISBN 条形码,将用户阅读和借阅的图书信息上传到服务器,作为系统的数据来源。(2) 推荐计算模块的功能,首先是对数据搜集模块上传的数据进行清洗和加工处理,然后利用开源的 Mahout<sup>[10]</sup>和 Redis 实现基于物品的协同过滤推荐和基于热点的推荐<sup>[11-12]</sup>,之后将 2 种推荐的结果进行混合推荐得到推荐图书列表,最后利用推荐展示模块中的数据对推荐结果进行优化。(3) 室内定位模块是通过图书馆的 WI-FI 和规划的热点,利用位置指纹定位法实时获取读者的位置<sup>[13]</sup>,从而为推荐展示模块提供位置数据。(4) 推荐展示模块有 3 个功能:一是根据图书的 NFC 标签或 ISBN 条形码,在手机上展示当前图书的基本情况、评论、阅读和借阅的情况等信息;二是根据室内定位模块得到的当前图书分类,在手机上展示此分类图书的推荐结果列表,同时显示每本图书的评论、阅读和借阅的数量、所在书架位置等信息;三是将读者点击推荐结果列表的情况,反馈到推荐计算模块。系统架构如图 1 所示。

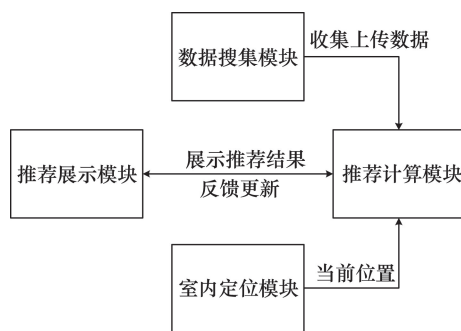


图 1 系统整体架构

Fig. 1 Overall system architecture

## 2 数据搜集模块

作为物联网重要组成部分的近场通信(NFC),是从非接触式射频识别(radio frequency identification, RFID)基础上发展而来的,是一种短距高频的无线电技术,能在短距离内进行非接触式的识别和数据交换。为适应不同的使用场景, NFC 有卡模拟模式(card emulation mode)、点对点模式(P2P mode)、读卡器模式(reader/writer mode)等多种模式。由于具有距离近、带宽高、能耗低、一次链接一台机器等特性, NFC 拥有较高的安全性与保密性。对比 RFID 等数据交互技术, NFC 的优势在于增加了数据双向交互功能,即不需要摄像头扫描,只需简单触碰就可以建立链接,而且 NFC 更加安全可靠、识别率更高、识别速度更快、可重复写入数据、成本较低。由于以上方面的优势, NFC 在公交卡、银联付款等方向得到了广泛的使用,特别是近年来 NFC 在手机上已经成为了

标配,手机上无需再单独添加硬件设备,就能方便使用 NFC。而对于还没有 NFC 功能的手机,则采用了摄像头读取图书的 ISBN 条形码来获取图书信息。因此,本研究采用 NFC 读取标签和摄像头读取 ISBN 条形码互为补充的方法。

数据搜集模块是当手机接触图书的 NFC 标签或扫描 ISBN 条形码后,系统通过接触 NFC 标签或扫描 ISBN 条形码,即可以得到书籍的名称、作者、ISBN 号、分类等信息,也同时得到阅读、借阅和归还图书的具体时间、次数、时长等信息,并将以上的数据上传到服务器,作为系统的数据来源。

### 2.1 NFC 读取标签

以 Android 系统为例来说明读取 NFC 信息的步骤:

(1) 声明系统需要 NFC 权限。

```
<uses-permission android:name="android.permission.NFC" />
```

(2) 建立 intent-filter。

Android 通过 intent-filter 设置 Activity 监听“扫描到 NFC 标签”的事件,即当扫描到一个 NFC 标签时,系统会自动创建一个 Intent 对象作为消息传递的载体,设置了 intent-filter 的 Activity 会捕获这个载体,并读取 NFC 标签的信息。intent-filter 声明如下:

```
<intent-filter>
    <action android:name="android.nfc.action.NDEF_DISCOVERED" ></action>
    <category android:name="android.intent.category.DEFAULT" ></category>
    <data android:mimeType="text/plain" ></data>
</intent-filter>
```

NFC 有多种数据格式,本研究中使用的 NDEF 是 Android 系统常见的 NFC 格式。

(3) 读取 NFC 标签中 NDEF 格式的文本信息。

当 Activity 捕获到“扫描到 NFC 标签”的信息时,首先判断手机是否支持 NFC,然后确认 NFC 格式是 NDEF 格式,最后使用 NDEF 定义好的格式读取 NFC 数据。伪代码如下:

```
NfcAdapter nfcAdapter=NfcAdapter.getDefaultAdapter
(this);
if(nfcAdapter != null && nfcAdapter.isEnabled()) { //判断
手机支持 NFC 功能
    if(NfcAdapter.ACTION_NDEF_DISCOVERED.equals(getIntent().getAction())) {
        Parcelable[] par =
            getIntent().getParcelableArrayExtra(NfcAdapter.EXTRA_NDEF_MESSAGES);
        NdefMessage ndefMsg=(NdefMessage)par[0]; //NDEF
格式被封装为 NdefMessage
        NdefRecord ndefRecord = ndefMsg.getRecords()[0]; //
数据包含在 NdefRecord 中
```

```
String nfcContent = new String(ndefRecord.getPayload
(),"UTF-8"); //得到数据内容
    }
}
```

经过以上步骤得到的 NFC 数据 nfcContent 中包含了图书的信息,包括图书 ISBN 号、图书 Id 和图书分类 Id 等数据。

## 2.2 摄像头读取条形码

通过手机摄像头扫描书籍封底的 ISBN 条形码,可以得到图书的信息。本系统采用的是 Zxing 开源库,它专门用来解析多种格式的条形码和二维码,识别率高,很多手机 APP 中都使用了此开源库。

(1) 声明系统需要摄像头权限。

```
<uses-permission android:name="android.permission.VIB-
RATE"/>
<uses-permission android:name="android.permission.CAM-
ERA"/>
<uses-feature android:name="android.hardware.camera"/>
<uses-feature android:name="android.hardware.camera.au-
tofocuse"/>
```

(2) 摄像头进行扫描和转码。

将摄像头得到的图像流 data,调用 Zxing 接口,从而得到图书的 ISBN 码:

```
PlanarYUVLuminanceSource pYUVLSource=new Planar-
YUVLuminanceSource(
    data, width, height, dstLeft, dstTop, dstWidth,
dstHeight);
BinaryBitmap binaryBitmap = new BinaryBitmap(new Hy-
bridBinarizer(pYUVLSource));
MultiFormatReader reader = new MultiFormatReader();
Result result = reader.decode(binaryBitmap);
String ISBN = result.getText();
```

## 2.3 上传数据

经过以上步骤,系统将实时得到读者阅读的图书名称、编号、作者、ISBN 号、分类等信息。通过统计读者在阅读图书、借阅图书和归还图书时的扫描记录,系统也将得到读者每次阅读、借阅图书的具体时间、次数、时长等数据。将以上的数据与系统已有的图书评分和评论情况数据结合,一起上传保存到服务器端数据库的用户阅读和借阅图书记录表中(表 1)。本系统服务器端使用的数据库是 MySQL,它是一种开源的关系型数据库,在速度、可靠性和适应性等方面具有优势,使其在很多领域有广泛的使用。

## 3 推荐计算模块

在推荐计算模块,首先对数据收集模块提交的数据进行清洗和加工处理,得到读者偏好数据;然后利用偏好数据,实现基于物品的协同过滤推荐和基于热点的推荐;之后将 2 种

表 1 用户阅读和借阅图书记录

Table 1 Book record of user read and borrow

| 列名               | 数据类型       | 说明      |
|------------------|------------|---------|
| userId           | bigint     | 用户 id   |
| bookId           | bigint     | 图书 id   |
| classificationId | bigint     | 图书分类 id |
| readTime         | datetime   | 阅读时间    |
| readCount        | int        | 阅读次数    |
| readTimespend    | bigint     | 阅读时长分钟  |
| borrowTime       | datetime   | 借阅时间    |
| borrowCount      | int        | 借阅次数    |
| borrowTimespend  | bigint     | 借阅时长分钟  |
| score            | float      | 评分      |
| haveComment      | varchar(1) | 是否有评论   |
| ...              | ...        | ...     |

推荐的结果混合加权,针对读者计算出不同图书分类下的推荐图书列表;同时根据推荐展示模块上传的反馈数据,对推荐计算中的部分参数进行优化调整。

### 3.1 数据处理

数据处理是定时将数据收集模块上传的数据,利用用户阅读和借阅图书记录表中的阅读次数、阅读时间等隐性参数和评分、评论等显性参数,采用加权的方式,根据式(1)计算出用户阅读和借阅图书记录表中各个参数的加权之和,从而得到用户偏好数据,并记录到用户偏好图书表中(表 2)。

$$\text{float prefValue} = (\text{w1} * \text{readCount} + \text{w2} * \text{readTimespend} + \text{w3} * \text{borrowCount} + \text{w4} * \text{borrowTimespend} + \text{w5} * \text{score} + \text{w6} * \text{haveComment}) / (\text{w1} + \text{w2} + \text{w3} + \text{w4} + \text{w5}) \quad (1)$$

式中,prefValue 是偏好分数,w1 至 w5 是各参数的加权系数。

表 2 用户偏好图书

Table 2 User preferred book

| 列名               | 数据类型   | 说明      |
|------------------|--------|---------|
| userId           | bigint | 用户 id   |
| bookId           | bigint | 图书 id   |
| classificationId | bigint | 图书分类 id |
| prefValue        | float  | 偏好分数    |

### 3.2 基于物品的协同过滤推荐

协同过滤推荐是当前比较流行的推荐算法,此算法通过挖掘用户的历史行为,计算出相似度高的偏好用户或物品,利用用户或者物品之间的相似性来进行推荐。这种算法的优点是不需要了解物品本身的特效就可以进行推荐,计算速度快。协同过滤推荐算法包括基于用户的协同过滤(User-

CF)算法和基于物品的协同过滤(Item-CF)算法<sup>[14-15]</sup>,前者主要通过计算用户之间的相似性,把相似性较高的用户所喜好的物品推荐给其他用户;而后者则是计算物品之间的相似性,把相似性高的物品推荐给用户。相比较而言,基于物品的协同过滤推荐是根据用户历史行为推荐相似物品,更注重个性化,更适合推荐读者兴趣范围内的图书,因此本系统采用基于物品的协同过滤推荐算法。

### 3.2.1 基于Mahout的推荐算法框架

推荐计算有很多实现的技术方法,比如 MapReduce、Spark 等分布式计算框架,但是这些计算框架都需要使用者自己深入掌握编程语言,才能编写一整套的推荐算法。为了更加专注于推荐算法本身,本系统采用 Mahout 作为推荐算法的技术框架<sup>[16-19]</sup>。Mahout 是一个著名的开源机器学习库,是专门面向海量数据的机器学习和分析的计算框架,提供了包括推荐、聚类和分类等常见的人工智能学习领域的算法实现, Mahout 已经将繁琐的公式计算过程进行了封装,技术人员只需调用 Mahout 提供的接口,而不需要深入学习编程语言来实现推荐算法,就能快速进行数据挖掘、分析和推荐。

使用 Mahout 进行推荐计算时,需使用4个内部模块:数据模型(DataModel)、相似度(Similarity)、用户近邻(UserNeighborhood)、推荐器(Recommender)。Mahout 内部调用模块如图2所示。

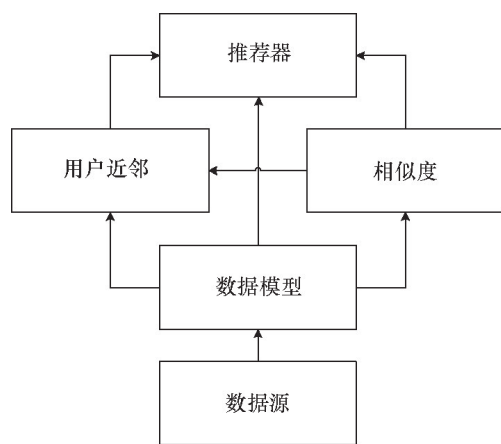


图2 Mahout内部调用模块

Fig. 2 Mahout internal call modules

数据模型 DataModel 支持从文件、关系型数据库、Hadoop 等多种数据源获取用户的偏好值。DataModel 对输入的数据源进行了封装,基本数据结构为<用户 Id, 物品 Id, 偏好值>。

相似度 Similarity 包括用户相似度(UserSimilarity)和物品相似度(ItemSimilarity),对应分别计算用户间的相似度和物品间的相似度。Mahout 提供了多种相似度 Similarity 的实现算法,包括基于皮尔逊相关系数相似度 PearsonCorrelation-Similarity、基于欧几里德距离相似度 EuclideanDistance-Similarity 等,用户也可以自己定义所需的相似度计算公式。基于物品的协同过滤推荐算法最常用的是皮尔逊相关系数相似

度,它通过度量2个数列之间的线性相关程度,来衡量2个用户兴趣的相似度,它的取值在[-1,+1]之间,越接近1就表示2个用户喜好程度越接近,越接近-1则表示喜好程度越远,参见式(2)。

$$p(x,y) = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}} \quad (2)$$

式中, $p(x,y)$ 表示 $x,y$ 2个变量的皮尔逊相关系数, $n$ 表示变量的个数, $x_i$ 和 $y_i$ 分别是2个变量在 $i$ 点的取值。

推荐器 Recommender 调用数据模型 DataModel、相似度 Similarity、用户近邻 UserNeighborhood 计算得到推荐结果,常用的2个实现类分别是基于用户的协同过滤推荐 GenericUserBasedRecommender、基于物品的协同过滤推荐 GenericItemBasedRecommender。

### 3.2.2 基于物品的协同过滤推荐计算

(1) 读取推荐数据。本系统中的数据来自用户偏好图书表,但系统并不是直接读取用户偏好图书表的数据,而是利用了 MySQL 数据库的视图,即系统在 MySQL 数据库中按照用户偏好图书表中不同的图书分类 classificationId 创建不同的视图,一个视图对应一个图书分类下的用户偏好数据。经过以上的设计,系统在进行推荐计算时将分别计算各个图书分类下的推荐书目,大大加快了计算的速度,避免了直接全表计算时因为量太大造成的计算缓慢问题,同时也使计算的结果更加精确。本系统使用 dataModel 读取视图中的数据,伪代码如下:

```

    MySQLDataSource dataSource = new MySQLDataSource();
    dataSource.setServerName("mysqlHost");
    dataSource.setUser("mysqlUser");
    dataSource.setPassword("mysqlPassword");
    dataSource.setDatabaseName(getView("classificationId")); //
    读取某一个图书分类的视图
  
```

```

    JDBCDataModel dataModel = new MySQLJDBCDataModel(
        dataSource, "user preference book table",
        "userId", "itemId", "prefValue", null);
  
```

通过上述操作,系统得到了各个图书分类的偏好数据 <userId, itemId, prefValue> 的数据集合,用作下一步计算的数据源。

(2) 基于物品的协同过滤推荐计算,流程如图3所示。

### 3.3 基于热点的推荐

基于热点的推荐利用了读者偏好图书表的数据,计算出某一个图书分类下偏好值最高即最受欢迎的图书排行榜列表。此方法使读者在阅读新的图书分类的图书时,即使系统中没有这个读者的偏好数据,系统也能向其推送图书列表,避免了稀疏性和冷启动的问题。本系统使用 Redis 来实现基于热点的推荐,Redis 是一个开源的高效 key-value 存储系统,不仅支持字符串、链表、集合、有序集合和哈希等多种数据类

型,而且对 push/pop、add/remove、排序、以及交集并集和差集等运算方法都提供支持。流程如图 4 所示。

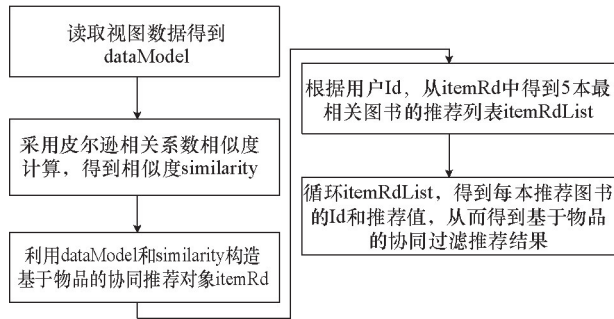


图 3 基于物品的协同过滤推荐计算流程  
Fig. 3 Item-CF process

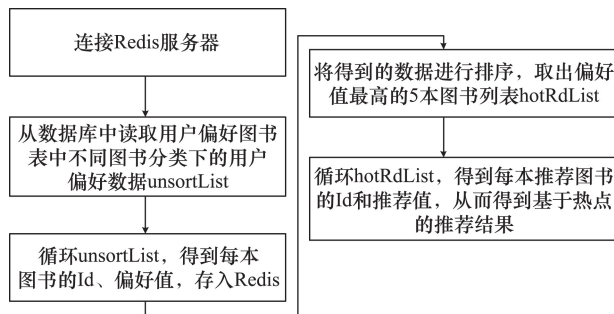


图 4 基于热点的推荐计算流程  
Fig. 4 Hot recommendation process

### 3.4 混合推荐

为发挥上述两种推荐算法各自的特点,本系统将两种推荐结果加权混合,根据推荐值排序,得到推荐结果列表。开始时两种算法的加权系数相等,之后逐步根据读者点击推荐结果列表的情况进行调整,从而优化推荐结果。处理过程如

图 5 所示。

将混合推荐结果 mixRdList 按照 <<userId, classificationId>, List<bookId,value,type>> 的格式,保存到 MySQL 数据库中,后文的推荐展示模块将会调用这里的计算结果。

### 3.5 推荐参数优化

当读者在手机上点击推荐列表中的图书时,系统的推荐展示模块会把点击记录发送到服务器端。在进行混合推荐计算时,基于物品的协同过滤推荐权重参数  $W_t$  和基于热点的推荐权重参数  $W_h$  会根据读者点击图书的次数等数据相应的进行调整,读者点击次数越多权重参数值也越高,从而使推荐结果更贴近读者习惯。

## 4 室内定位模块

室内定位模块的功能是借助图书馆的 WI-FI 和规划的热点,利用位置指纹定位法实时获取读者的位置和对应书架的图书分类,从而为推荐展示模块提供位置数据。

### 4.1 室内定位技术

在室内定位中,当前最常见的定位技术 GPS 因受建筑物遮挡定位效果比较差,因此室内定位多采用 A-GPS(assisted-GPS)网络辅助定位、WI-FI 定位、蓝牙定位、红外线定位等技术。经过对比,WI-FI 定位技术覆盖范围较广、精确度较高、功耗较低、支持手机应用等诸多优点,因此本系统采用 WI-FI 室内定位。

WI-FI 室内定位是通过分析移动设备与无线网络接入点(access point, AP)之间的无线信号,来实现室内的定位技术<sup>[20-22]</sup>。主要方法有:到达时间(time of arrival, TOA)法、到达角度(angle of arrival, AOA)法、位置指纹(location fingerprint)法、到达时间差(time difference of arrival, TDOA)法、信号传播模型法等。位置指纹法部署成本低、易于实现、定位速度快,是常用的室内定位方法,因此本系统采用此方法。

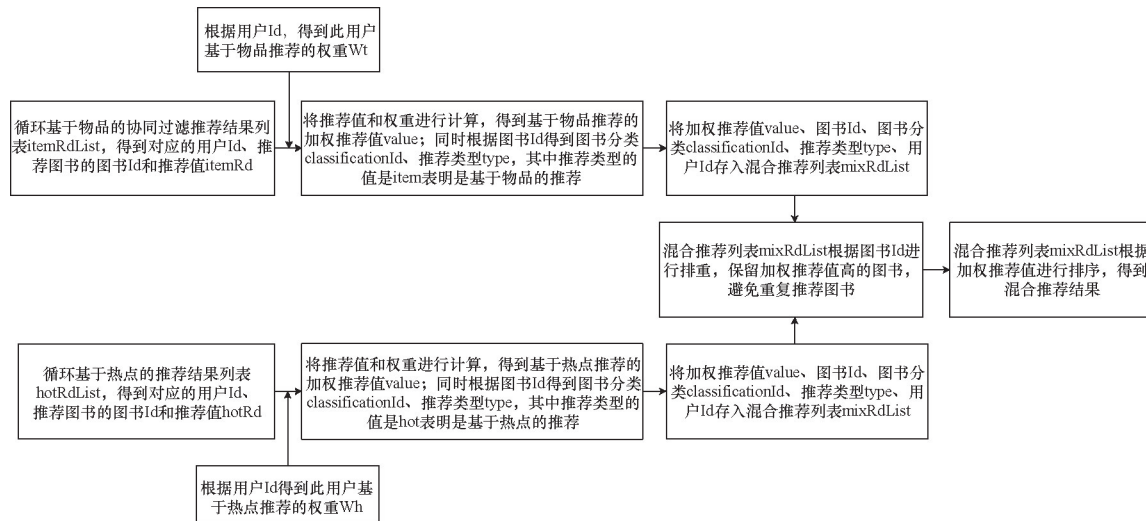


图 5 混合推荐处理  
Fig. 5 Hybrid recommendation process

位置指纹定位法是利用在指定的室内空间中,不同位置接收不同的 AP 时,各 AP 的接收信号强度指示(received signal strength indicator, RSSI)值不一样的特性,来确定当前所在位置的方法。位置指纹定位法分为 2 个阶段,分别对应本系统中的 2 个子模块:一个是离线训练子模块,工作人员事先测量指定参考点接收到的各 AP 的 RSSI 值,将其作为指纹数据存入数据库中的指纹数据表中;另一个是在线定位子模块,将读者用手机扫描的数个 AP 的 RSSI 值与指纹数据表中的值按某种算法进行匹配,从而计算出当前所在位置。位置指纹定位法,分为确定性方法和概率性方法。确定性方法计算量少、计算速度快,考虑到图书馆会有大量的读者需要不断的实时定位,因此本系统采用了确定性方法来进行定位匹配计算。位置指纹定位法原理如图 6 所示。

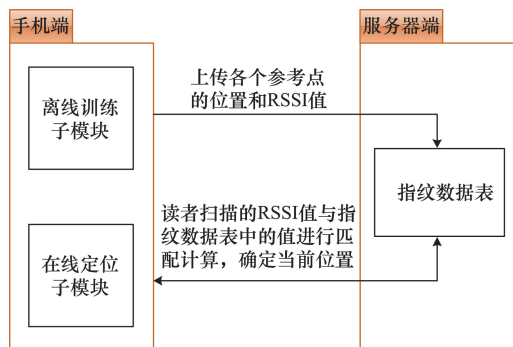


图 6 位置指纹定位法原理

Fig. 6 Location fingerprint positioning method

## 4.2 离线训练子模块

### 4.2.1 设置参考点

离线训练子模块是指在室内按照一定的间隔设置多个参考点,然后在每个参考点采集接收到的数个 AP 的 RSSI 信号强度指示值、MAC 地址等参数,然后将这些数据与位置信息上传到指纹数据表中。

以某图书馆为例,做如下设置:(1) AP 采用吸顶方式,安装在天花板上,减少书架和读者对 WI-FI 信号的影响;(2) 统一规划各 AP 的位置和编号,便于进行确定性方法的计算;(3) 图书馆的阅览室划分为等间距的网格,每个交叉点作为参考点,并进行统一编号,参考点的间距并不是越小定位越准确,通常情况下 1~2 m 即可(图 7)。

### 4.2.2 离线训练过程

图书馆工作人员使用本手机图书馆推荐系统,依次测量每个参考点接收到的各 AP 的 RSSI 值,从中选取强度最强的 4 个 RSSI 值,将对应的 AP 编号、AP 的 MAC 地址、AP 的 RSSI 值、参考点的编号和坐标上传到指纹数据表中,操作时序如图 8 所示。

参考点测量各 AP 的伪代码如下:

取得 WI-FI 权限

```
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_WIFI_STATE"></uses-permission>
```

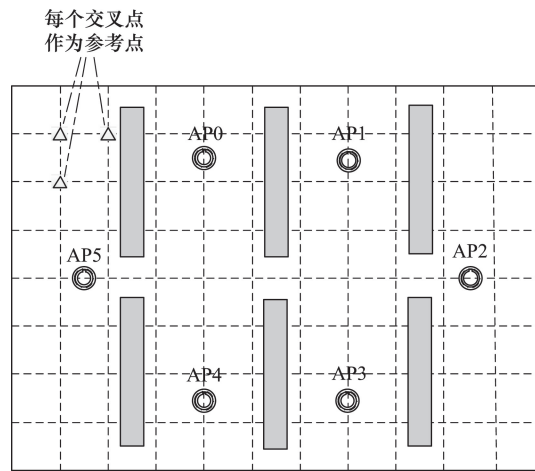


图 7 参考点划分和 AP 位置

Fig. 7 Reference point division and AP location

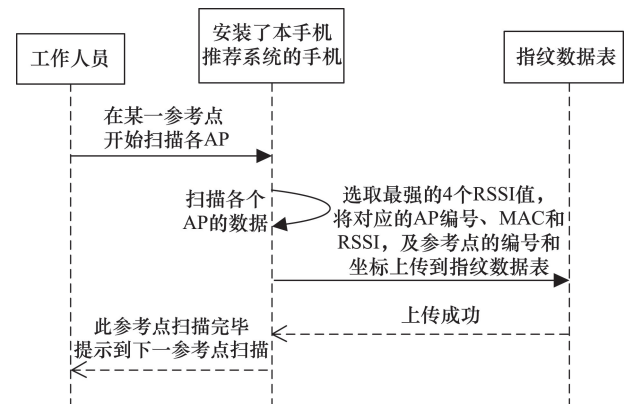


图 8 离线训练过程时序

Fig. 8 Offline training process sequence

根据当前参考点,得到此参考点的位置信息,包括纵横距离

```
ReferePoint rp = getCurrentRP();
```

```
得到 WI-FI 管理对象 WifiManager
```

```
WifiManager wifiManager=(WifiManager) getSystemService(WIFI_SERVICE);
```

```
扫描 WI-FI 网络连接列表
```

```
wifiManager.startScan();
```

得到扫描返回结果列表,每个 AP 数据记录到一条 Scan-Result 中

```
List<ScanResult>scanResult=wifiManager.getScanResults();
```

记录当前坐标下扫描到的 AP 信号的 MAC 地址和 RSSI 值,并将此参考点的扫描结果存入 curApInfo

```
List<Map> curApInfo = new ArrayList<Map>();
```

```
for (int i = 0; i < scanResult.size(); i++) {
```

```
ScanResult scanResult = scanResults.get(i);
```

```
Map map = new HashMap();
```

```
map.put("referId", rp.getId()); //得到参考点编号
```

```
map.put("horizontal", rp.getH()); //参考点的横轴距离,
```

```

map.put("vertical",rp.getV());//参考点的纵轴距离
map.put("apId",rp.getApId());//AP的编号
map.put("apMac",scanResult.BSSID);//AP的MAC地址
map.put("apRssi",scanResult.level);//AP的RSSI信号强度指示值
curApInfo.add(map);
}
    
```

最后系统自动从 curApInfo 中选取 4 个 RSSI 值最大的记录上传到指纹数据表,这样一个参考点就记录了 4 个 RSSI 值。然后工作人员到下一个参考点继续扫描,如此重复,直到所有参考点扫描完毕,将测量数据上传到指纹数据表(表 3)。运用这些指纹数据,就可在线定位子模块中通过匹配算法实时确定位置。

表 3 指纹数据  
Table 3 Fingerprint data

| 主键 ID | 参考点编号 | 横轴距离/m | 纵轴距离/m | AP 编号 | AP 的 MAC 地址       | RSSI 值 |
|-------|-------|--------|--------|-------|-------------------|--------|
| 1     | 1     | 1.5    | 1.5    | 0     | 53:d0:95:40:ad:ec | -35    |
| 2     | 1     | 1.5    | 1.5    | 1     | 4e:bd:30:7f:6d:c4 | -51    |
| 3     | 1     | 1.5    | 1.5    | 2     | 80:2e:6a:76:3f:40 | -58    |
| 4     | 1     | 1.5    | 1.5    | 3     | d7:a7:ec:44:09:d7 | -67    |
| 5     | 2     | 1.5    | 3.0    | 0     | 53:d0:95:40:ad:ec | -53    |
| ...   | ...   | ...    | ...    | ...   | ...               | ...    |

### 4.3 在线定位子模块

#### 4.3.1 确定性方法

在线定位子模块中读者使用本系统会扫描周围的各 AP 信号,将扫描得到的各 AP 的 RSSI 值上传到服务器,在服务器端应用确定性方法与指纹数据表中的数据进行比对,从而计算出手机当前所在的位置。确定性方法中常用的有最近邻法、K 最近邻法等。

(1) 最近邻法。最近邻法的原理是,选取当前位置扫描到的各 AP 的 RSSI 值中最大的 4 个值,与指纹数据表中各个参考点的 4 个 RSSI 值计算矢量距离,选取矢量距离最小的参考点位置作为当前的实时位置。此算法的优点是计算迅速,缺点是位置离散且精度较差。

计算矢量距离的公式见式(3), $i$ 是各个参考点编号, $j$ 指各个 APP 编号, $R_j$ 是当前位置得到的第  $j$  个 AP 的 RSSI 值, $S_{ij}$ 是指纹数据表中在参考点  $i$  得到的第  $j$  个 AP 的 RSSI 值,因为每个参考点取 4 个值,因此  $j$  的取值是从 0 到 3,最后计算得到的  $L_i$  是当前位置与参考点  $i$  的 RSSI 值的矢量距离。

$$L_i = \sqrt{\sum_{j=0}^3 (R_j - S_{ij})^2} \quad (3)$$

根据式(3)计算后,得到当前位置与所有参考点的矢量距离的集合  $\langle L_i \rangle$ ,选取其中值最小的  $\text{Min}(L_i)$ ,将其对应的参考点位置  $(h_i, v_i)$  作为当前的实时位置。

(2) K 最近邻法。K 最近邻法是在最近邻法的基础上,首先按式(3)计算出矢量距离,然后选取其中最小的  $K (K > 2)$  个矢量距离,计算这些参考点坐标的平均值作为实时位置,见式(4)。此算法的优点是精确度比最近邻法高,且位置是连续的,因此本系统采用了此方法。

$$(\bar{h}, \bar{v}) = \frac{1}{k} \sum_{i=0}^k (\bar{h}_i, \bar{v}_i) \quad (4)$$

式中,  $(\bar{h}_i, \bar{v}_i)$  是矢量距离最小的  $K$  个参考点的坐标,  $(\bar{h}, \bar{v})$  是  $K$  个参考点的平均值。

#### 4.3.2 在线定位过程

在线定位过程与离线训练过程类似,读者通过本手机图书馆推荐系统扫描得到最强的 4 个 AP 的 RSSI,与这些 AP 的 MAC 值一起发送到服务器端,在服务器端通过  $K$  最近邻法算出当前的位置。在线定位过程时序如图 9 所示。

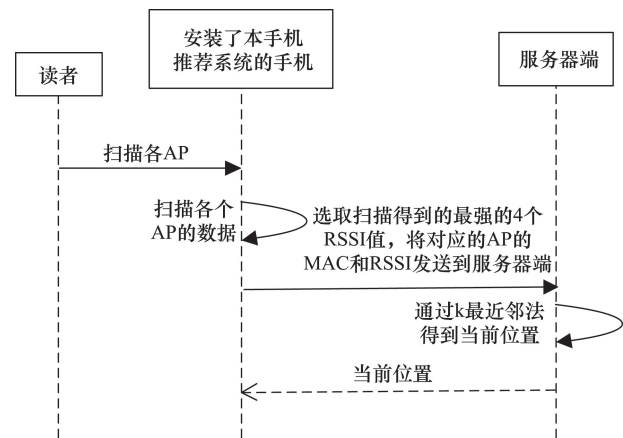


图 9 在线定位过程时序图

Fig. 9 Online training process sequence

上述过程的伪代码如下:

(1) 选取当前位置扫描得到的最强的 4 个 RSSI 值,计算其与指纹数据表中各个参考点的 RSSI 值的矢量距离  $L_i$ 。

```

R[4] = getReal(); //当前位置得到的4个AP的RSSI值
for(int i: 循环各个参考点){
    Si[4] = getSave(i); //指纹数据表中参考点i的4个AP的RSSI值
    float Li2=0.0f; //记录距离的平方和
    
```

```

for(int j :循环R[4]){
    float Sij=Sij;//指纹数据表中在参考点 i 得到的第 j 个
AP 的 RSSI 值
    Li2+=Math.pow((R[j]-Sij),2); //计算其平方和
}
float Li=Math.sqrt(Li2);//取平方根
}

```

(2) 在得到的  $L_i$  中, 选取最小的  $K$  个  $L_i$  值(这里  $K$  取 4), 同时就能得到对应位置的 4 个矢量值, 然后求平均值:

```

float[] R=new float[2]; //二维数组[h,v]分别保存横纵轴距离
for(int i : 循环距离最近的 4 个位置矢量){
    float[] S=getHV(i); //查询指纹数据表得到参考点 i 的横
纵轴距离
    R[0]+=S[0]; R[1]+= S[1]; //进行算数求和
}

```

$R[0] = R[0]/4; R[1] = R[1]/4;$  //求平均数, 得到了当前位置  $(R[0], R[1])$

经过上述计算就可得到读者当前所在的实时位置, 通过这个位置, 下一步就可以调用推荐展示模块向读者推荐的图书列表了。

## 5 系统展示与测试

### 5.1 系统展示

本推荐系统是通过推荐展示模块进行展示的, 此模块包括 3 个功能: 一是根据图书的 NFC 标签或 ISBN 条形码, 在手机上展示当前图书的基本情况、评论情况、阅读和借阅的情况等信息; 二是根据室内定位模块得到的当前所在位置, 从推荐计算模块中得到当前图书分类, 在手机上展示此分类图书的推荐结果列表, 同时显示每本图书的评论、阅读和借阅的数量、所在书架位置等信息; 三是根据读者点击推荐结果列表的情况, 反馈到推荐计算模块。

#### 5.1.1 图书展示

当手机接触 NFC 标签或者扫描 ISBN 条形码时, 系统会展示图书的详细信息, 包括图书分类、阅读和借阅情况、读者评论、书架位置、目录、摘要、作者简介等, 效果见图 10。

#### 5.1.2 推荐展示

系统根据室内定位模块得到读者的当前位置后, 系统会快速匹配到此位置所对应的图书的分类及此图书分类下的推荐图书列表, 即将混合推荐的结果在读者的手机端展示。推荐列表中显示了推荐图书的名称、作者、出版时间、阅读和借阅情况等, 效果见图 11。当点击某本图书时, 就会显示图书的详情信息。

#### 5.1.3 反馈更新

当读者点击推荐结果列表中的图书时, 系统会把读者点击图书的情况和次数相关的数据发送到服务器端, 推荐计算模块会根据读者点击图书的次数进行优化调整。

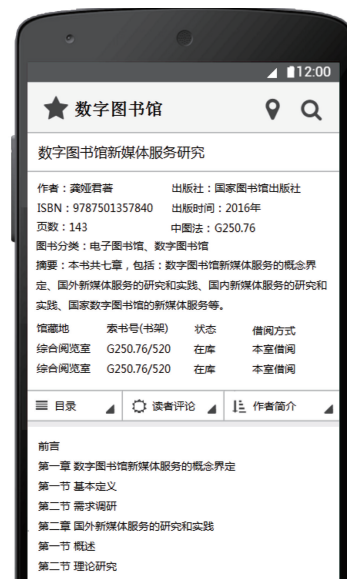


图 10 图书展示效果

Fig. 10 Effect of book display



图 11 推荐展示效果

Fig. 11 Effect of recommended display

### 5.2 测试

为保证系统能正常运行, 通过单元测试、集成测试、系统测试、验收测试 4 部分进行测试。

单元测试是对模块内部各个功能进行验证和检查。比如, 数据收集模块测试了手机端扫描 NFC 标签、读取条形码、上传数据等多个测试项。在测试完成后提交测试记录(表 4)。集成测试是在单元测试的基础上, 对各个模块内部不同功能之间、各个模块之间进行的联调测试, 用来检查交互调用是否正常。系统测试是在集成测试的基础上, 从用户的角度对系统作完整的验证。验收测试是在系统部署后, 为保证

表4 单元测试记录  
 Table 4 Unit test table

| 测试序号 | 测试所属模块 | 测试项       | 测试次数 | 测试时间       | 测试人员 | 测试结果 |
|------|--------|-----------|------|------------|------|------|
| 1    | 数据收集模块 | 扫描 NFC 标签 | 1    | 2016-04-02 | **** | 通过   |
| 2    | 数据收集模块 | 读取条形码     | 1    | 2016-04-03 | **** | 通过   |
| 3    | 数据收集模块 | 读取条形码     | 2    | 2016-04-04 | **** | 通过   |
| ...  | ...    | ...       | ...  | ...        | ...  | ...  |

系统在生产环境能正常运行而进行的测试。与单元测试类似,集成测试、系统测试和验收测试也都需要提交测试记录。本系统在顺利通过测试后,已经交付某图书馆试运行了。

## 6 结论

设计开发了结合物联网和室内定位的手机图书馆推荐系统。推荐系统已经部署到某图书馆进行试运行,硬件资源由5台虚拟机组成,版本为CentOS7,分配的cpu分别为16核到32核的志强处理器,内存为16G到32G;软件是Mahout 0.12.0和Redis 3.2.0。试运行期间:图书馆在读者较多的一个阅览室中规划部署了AP,并通过室内定位模块建立了指纹数据表;系统定时进行推荐计算,更新推荐图书列表,并根据读者访问情况持续优化推荐参数;图书馆通过公告、微信等方式,鼓励读者使用本手机图书馆推荐系统,鼓励读者进行接触图书的NFC标签或扫描ISBN条形码、扫描AP等操作,从而获取图书的相关信息和推荐图书列表。经过与运行前比较,手机图书馆推荐系统的使用更加频繁,图书推荐列表中的书籍阅读和借阅的比例上升了10%~20%,同时带动了更多的读者对图书进行评论,为系统未来的发展打下了良好的基础。本系统下一步将继续完善,比如根据读者点击情况,对式(1)中的各参数的加权系数进行优化。

### 参考文献(References)

- [1] 罗木华. 基于NFC技术的图书馆服务研究[J]. 图书馆理论与实践, 2016(2): 85-88.  
Luo Muhua. The analysis of the library services based on NFC technology [J]. Library Theory and Practice, 2016(2): 85-88.
- [2] 陈恩琳, 刘圣煌. NFC技术在图书馆的应用展望[J]. 图书馆研究, 2014, 44(4): 111-113.  
Chen Enlin, Liu Shenghuang. The application and prospects of NFC in library[J]. Library Research, 2014, 44(4): 111-113.
- [3] 许芳. NFC在图书馆的应用探析[J]. 图书馆理论与实践, 2014(11): 111-113.  
Xu Fang. Analysis on the application of NFC in Library[J]. Library Theory and Practice, 2014(11): 111-113.
- [4] Yang Chouchang, Shao Huairong. Wifi-based indoor positioning[J]. IEEE Communications Magazine, 2015, 53(3): 150-157.
- [5] 陈扬扬, 宓永迪. 二维码与RFID和NFC技术在图书馆中的应用[J]. 科技情报开发与经济, 2013, 23(5): 46-48.  
Chen Yangyang, Mi Yongdi. The application of QR code, RFID and NFC

- in library[J]. Sci-Tech Information Development & Economy, 2013, 23(5): 46-48.
- [6] 薛涵. 基于WLAN的图书馆室内定位技术研究[J]. 图书馆杂志, 2014, 33(12): 81-98.  
Xue Han. Research on the technology of library indoor location based on the wlan[J]. Library Journal, 2014, 33(12): 81-98.
- [7] 周恒忠. Wi-Fi定位技术在大学图书馆移动信息服务应用研究[J]. 图书馆工作与研究, 2015, 1(5): 38-40.  
Zhou Hengzhong. The research of the application of wi-fi positioning technology in the mobile information service of university library[J]. Library Work and Study, 2015, 1(5): 38-40.
- [8] 王智刚. 基于WIFI室内定位技术的移动图书馆服务策略探究[J]. 图书馆理论与实践, 2015(6): 102-105.  
Wang Zhigang. Research on mobile library service strategy based on wifi indoor positioning technology[J]. Library Theory and Practice, 2015(6): 102-105.
- [9] 陈攀. LBS与RFID结合实现图书馆室内定位导航方法初探[J]. 现代情报, 2016, 36(2): 114-119.  
Chen Pan. LBS and RFID combined to achieve indoor positioning navigation methods of library[J]. Journal of Modern Information, 2016, 36(2): 114-119.
- [10] 杨思吉. 基于Mahout框架的协同过滤推荐引擎的研究与实现[D]. 广州: 华南理工大学软件学院, 2013.  
Yang Siji. A mahout-based collaborative filtering recommendation engine: Research and implementation[D]. Guangzhou: School of Software Engineering, South China University of Technology, 2013.
- [11] 王连喜. 一种面向高校图书馆的个性化图书推荐系统[J]. 现代情报, 2015, 35(12): 41-46.  
Wang Lianxi. Personalized books recommender system for university library[J]. Journal of Modern Information, 2015, 35(12): 41-46.
- [12] 邱均平, 张聪. 高校图书馆馆藏资源协同推荐系统研究[J]. 图书情报工作, 2013, 57(22): 132-137.  
Qiu Junping, Zhang Cong. Research on the collaborative recommendation system of university library resources[J]. Library and Information Service, 2013, 57(22): 132-137.
- [13] 王青. Wi-Fi室内定位系统的设计与实现[D]. 北京: 北京交通大学软件学院, 2014.  
Wang Qing. The design and implementation of a wifi-based indoor positioning system[D]. Beijing: School of Software Engineering, Beijing Jiaotong University, 2014.
- [14] 曾雪琳, 吴斌. 基于位置的社会化网络的并行化推荐算法[J]. 计算机应用, 2016, 36(2): 316-335.  
Zeng Xuelin, Wu Bin. Parallelized recommendation algorithm in location-based social network[J]. Journal of Computer Applications, 2016, 36(2): 316-335.
- [15] 马建斌. 数据分析与个性化推荐技术研究[D]. 北京: 北京邮电大学计

- 计算机学院, 2014.  
Ma Jianbin. Data analysis and personalized recommendation technology research[D]. Beijing: School of Computer Science & Technology, Beijing University of Posts and Telecommunications, 2014.
- [16] 常江. 基于 Apache Mahout 的推荐算法的研究与实现[D]. 成都: 电子科技大学信息与软件工程学院, 2013.  
Chang Jiang. Research and implementation of recommendation algorithm based on apache mahout[D]. Chengdu: School of Information and Software Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, 2013.
- [17] 韩怀梅, 李淑琴. 基于 Mahout 的个性化推荐系统架构[J]. 北京信息科技大学学报, 2014, 29(4): 51-54.  
Han Huaimei, Li Shuqin. Personalized recommendation system framework based on mahout[J]. Journal of Beijing Information Science and Technology University, 2014, 29(4): 51-54.
- [18] 吴洁明, 李汶羲. 基于 Mahout 的图书推荐引擎的研究与设计[J]. 工业技术创新, 2015, 2(3): 342-348.  
Wu Jieming, Li Wenxi. Research and design of recommendation engine for books based on mahout[J]. Industrial Technology Innovation, 2015, 2(3): 342-348.
- [19] 高献卫, 师智斌. 基于 Mahout 的新用户推荐算法的设计与实现[J]. 计算机工程与科学, 2015, 37(8): 1444-1449.  
Gao Xianwei, Shi Zhibin. Design and implementation of a new user recommendation algorithm based on mahout[J]. Computer Engineering & Science, 2015, 37(8): 1444-1449.
- [20] 陈丽娜. WLAN 位置指纹室内定位关键技术研究[D]. 上海: 华东师范大学信息科学技术学院, 2014.  
Chen Lina. Research on major technology of using WLAN and fingerprint for indoor positioning[D]. Shanghai: School of Information Science & Technology, East China Normal University, 2014.
- [21] 罗利. 基于 Android 的 WIFI 室内定位技术研究[D]. 成都: 西南交通大学信息科学与技术学院, 2014.  
Luo Li. Study on wifi indoor location techniques based on android[D]. Chengdu: Information Science and Technology, Southwest Jiaotong University, 2014.
- [22] 颜俊杰. 基于 WIFI 的室内定位技术研究[D]. 广州: 华南理工大学电子与信息学院, 2013.  
Yan Junjie. Research on indoor localization technology based on wi-fi [D]. Guangzhou: School of Electronic and Information Engineering, South China University of Technology, 2013.

## A mobile library recommendation system based on Internet of Things and indoor location

YE Xiaorong<sup>1</sup>, SHAO Qing<sup>2</sup>

1. Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038, China
2. KNET Co., Ltd., Beijing 100190, China

**Abstract** In order to take the advantages of new technology such as the Internet of Things and the indoor location, and make full use of the characteristics of library, a mobile library recommendation system is designed and developed. System data is collected by using the NFC in the Internet of Things. Then, the item-based collaborative filtering recommendation and the hot recommendation, which respectively use Mahout and Redis, are mixed and weighted to get a list of recommended books. The position of the reader is obtained by the position fingerprint location method. Accordingly, a mixed recommendation result is presented to the reader. At the same time reader's feedback is designed to optimize the recommendation, therefore, the recommendation system can better serve the reader.

**Keywords** Internet of Things; NFC; indoor location; recommendation system

(责任编辑 陈广仁)