|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 基于用户偏好的VR视频推荐系统研究与实现 | | | | | | | | | | | |
| (申请清华大学工程硕士专业学位论文) | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | |
| 培 养 单 位 | | ： | 软件学院 | | | |
| 工程领域 | | ： | 软件工程 | | | |
| 申 请 人 | | ： | 皮诗龙 | |  |
| 指导教师 | | ： | 刘 璘 | | 副教授 |
|  | | | | | | | | | |
|  | | 二○一八年十一月 | | |  | | | |

|  |
| --- |
| 基于用户偏好的VR视频推荐系统研究与实现 |
| 皮诗龙 |
| 诗龙 |
| 雷 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **User Preference Based Virtual Reality Video Recommendation System Design and Implementation** | | |
| Thesis Submitted to  **Tsinghua University**  in partial fulfillment of the requirement  for the professional degree of  **Master of Engineering** | | |
|  | | |
| by  **Shilong Pi**  **(** **Software Engineering)** | | |
|  | | |
| Thesis Supervisor | : | Professor Liu Lin |
|  | | |
| **November, 2018** | | |

关于学位论文使用授权的说明

本人完全了解清华大学有关保留、使用学位论文的规定，即：

清华大学拥有在著作权法规定范围内学位论文的使用权，其中包括：（1）已获学位的研究生必须按学校规定提交学位论文，学校可以采用影印、缩印或其他复制手段保存研究生上交的学位论文；（2）为教学和科研目的，学校可以将公开的学位论文作为资料在图书馆、资料室等场所供校内师生阅读，或在校园网上供校内师生浏览部分内容。

本人保证遵守上述规定。

**（保密的论文在解密后遵守此规定）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 作者签名： |  |  | 导师签名： |  |
| 日 期： |  |  | 日 期： |  |

摘 要

近年来，移动互联网应用逐渐取代了传统PC上的互联网应用模式，VR视频服务的也得到越来越多用户的青睐。目前国内的VR视频服务提供商，如。。。等，他们大多能支持用户通过关键词检索VR视频功能，但其实用户真正找到自己喜欢的视频并开始收看仍需要较长的操作路径。为了解决这个用户痛点，我们提出了基于用户偏好的VR视频推荐的解决方案，使得用户能够方便快捷地得到他所喜欢的VR视频类型的推荐信息，不需要消耗大量精力去寻找。同时，大量用户行为数据的积累，也使VR视频服务提供商有能力去做这样的推荐。针对这个方案，本文主要做了以下研究工作：

（1）本文构建了一组用于VR视频推荐的数据模型，包括用户偏好模型和视频分类特征模型。用户偏好模型作为用户的画像起到区分用户的作用，根据用户的静态信息和行为信息又可以做更详细的分类。VR视频分类模型又可分为。。。，每一种的采集和利用的方式也有不同。环境数据模型包括时间信息，速度和移动状态，互联网接入点等信息，利用这些信息，可以快速猜测到用户可能的偏好和收视习惯，大大提升了推荐结果的可信度。

（2）设计和实现了基于移动平台的VR视频客户端和个性化推荐系统的关键部分，改进了原有客户端的架构设计，包括模块设计、交互流程、接口设计、协议优化等。通过个性化VR视频推荐方案的引入和设计优化，大大缩短了用户从打开应用到收看视频的路径，减少了交互步骤，提高了用户人均收看数量和平均收看时长，提升了用户体验和应用的用户留存度。

（3）针对移动设备电量有限和网络带宽窄，延迟高，连接不稳定的特点，本文提出了相应的优化方案，包括DNS相关优化，利用长连接的优化，报文和协议的优化，缓存优化和利用P2P的优化等。经过一系列的优化，大大提高了选链成功率（VR视频资源获取成功率）。客户端应用的其他网络请求成功率和响应速度也都明显提高。

关键词：VR视频推荐；场景模型；用户偏好；移动客户端

**Abstract**

In recent years, the applications of mobile Internet took the place of the traditional Internet applications on desktop PC gradually. VR Video service consumption patterns and consumers’ ways of Video watching have also changed dramatically. There are quite a few domestic VR Video stream service providers come into existence, e.g. 。。。. Most of them provide keyword-based search functions, online rehearsal and downloading functions to users. Some providers also provide more advanced functionalities such as: “Guess you also like”, “See something similar”. As a matter of fact, from the moment a user start searching for his/her favorite videos, till the video finally start to play, there are many steps have to be taken by the consumer. In order to save the customer from these painful processes, this thesis proposes a context-aware personalized VR video recommender system, which allows the user to get access to their favorite VR video at the right time and in the simplest way. Based on the proposed solution, the customers are neither required to have much knowledge about the videos in advance, nor required to spend much effort on finding them. In the meantime, with the accessibility to a large amount of user data, service providers are made possible to provide recommendation services as such.

This thesis mainly focuses on the following research tasks:

(1) First, the data models required for the recommender are designed, including: user profiles, video data models, context models. User profile records the key information to distinguish users, according to the user's static information and behavior information, classification at finer-level can be conducted. video data model contains editorial metadata, cultural metadata, context metadata, each of them varies in acquisition and usage stage. Context model contains location information, time information, speed, mobility and Internet access point information. Using such input information, we can quickly predict users’ activities and watching habits, enhance the credibility of the recommendation results greatly.

(2) The key modules of the personalized VR video recommendation system is developed and implemented based on the context model on mobile platform, the original client-end application is redesigned, including the reconfiguration of the system structure, optimization of the interaction process, user interface and communication protocol. With the optimization of the personalized context-aware video recommendation solution, the number of steps from starting the application to video playing is reduced considerably, the average number of videos watched by each user has increased, users’ experience and the retention ratio of application have improved significantly.

(3) Against the limited power of mobile devices and network band width, high latency, unstable connection, this paper has proposed a set of optimization strategies, including DNS optimization, long connection optimization, message and protocol optimization, cache optimization and the P2P optimization, which greatly contributes to the success ratio of video resource acquisition and response time of service requests from client-end applications.

**Key words:** VR video recommend; Context Model; User Interests; Mobile App

目 录

[第1章 第1章 引言 6](#_Toc527102477)

[1.1 1.1 研究背景和意义 6](#_Toc527102478)

[第2章 引言 6](#_Toc527102479)

[2.1 研究背景及意义【8000字左右】 6](#_Toc527102480)

[2.1.1 VR行业背景 6](#_Toc527102481)

[2.1.2 VR视频推荐系统的意义 6](#_Toc527102482)

[2.2 国内外研究现状和技术概述 6](#_Toc527102483)

[2.2.1 VR视频研究概述 6](#_Toc527102484)

[2.2.2 视频推荐算法的理论概述 7](#_Toc527102485)

[2.3 本文内容及结构安排 7](#_Toc527102486)

[2.3.1 本文内容 7](#_Toc527102487)

[2.3.2 本文结构 7](#_Toc527102488)

[第3章 数据建模【3000字左右】 7](#_Toc527102489)

[3.1 用户建模 7](#_Toc527102490)

[3.2 VR视频建模 8](#_Toc527102491)

[3.3 观看行为建模 8](#_Toc527102492)

[3.4 本章小结 8](#_Toc527102493)

[第4章 VR视频推荐系统的设计与实现【12000字左右】 8](#_Toc527102494)

[4.1 用户行为采集系统架构设计 8](#_Toc527102495)

[4.2 用户画像系统架构设计 8](#_Toc527102496)

[4.3 基于混合策略的VR视频推荐系统架构设计 8](#_Toc527102497)

[4.4 设计方案实现效果 8](#_Toc527102498)

[4.5 本章小结 9](#_Toc527102499)

[第5章 针对VR视频特点的系统优化【4000字左右】 9](#_Toc527102500)

[5.1 冷启动问题的优化 9](#_Toc527102501)

[5.1.1 VR视频显著的冷启动问题 9](#_Toc527102502)

[5.1.2 针对冷启动问题的优化设计 9](#_Toc527102503)

[5.2 用户兴趣相似度的优化 9](#_Toc527102504)

[5.2.1 VR视频观看的特点 9](#_Toc527102505)

[5.2.2 针对用户兴趣相似度的优化设计 9](#_Toc527102506)

[5.3 本章小结 10](#_Toc527102507)

[第6章 总结与展望【2000字左右】 10](#_Toc527102508)

[6.1 本文总结 10](#_Toc527102509)

[6.2 需要进一步开展的工作 10](#_Toc527102510)

[6.2.1 A/B 测试框架与灰度发布 10](#_Toc527102511)

[6.2.2 用户聚类分组 10](#_Toc527102512)

[6.2.3 推荐算法的持续优化 10](#_Toc527102513)

# 引言

## 研究背景及意义【8000字左右】

### VR行业背景

简单介绍VR行业背景

### VR视频推荐系统的意义

理论角度：

推荐很重要：大数据时代，主动搜索和被动推荐是用户获取有用信息的两种方式。

VR视频有自身的特点，VR视频推荐不同于普通视频推荐，有很多值得探究的地方。

现实角度：

提升用户体验，用户粘性，增加用户的消费时长

## 国内外研究现状和技术概述

### VR视频研究概述

VR视频的特点

### 视频推荐算法的理论概述

通用推荐算法:

协同过滤

内容过滤

混合过滤

视频推荐的通常实践

当前没有针对VR视频的推荐算法

## 本文内容及结构安排

### 本文内容

构建数据模型

设计并实现推荐系统，其中包括数据采集系统、用户画像系统、推荐策略系统三大子系统

针对VR视频的特点，做了一些推荐上的优化

整理需要进一步展开的工作

### 本文结构

# VR数据建模【3000字左右】

## 用户建模

用户画像模型

## VR视频建模

VR视频数据模型

## 观看行为建模

观看VR视频的用户行为模型

## 本章小结

# VR视频推荐系统的设计与实现【12000字左右】

## 用户行为采集系统架构设计

客户端事件采集的架构设计

基于Amazon Web Service的数据平台架构设计

## 用户画像系统架构设计

基于spark streaming实时计算框架的用户画像系统

## 基于混合策略的VR视频推荐系统架构设计

采用策略设计模式，可灵活插拔推荐算法模块

## 设计方案实现效果

引入推荐系统以及几次推荐策略重大调整之后CTR、DAU、Session Length等关键指标的变化

## 本章小结

# 针对VR视频特点的系统优化【4000字左右】

## 冷启动问题的优化

### VR视频显著的冷启动问题

VR行业太新，VR内容太少

VR用户也很少

### 针对冷启动问题的优化设计

优质内容的策略强推

推荐相似、热门内容

用户兴趣模型相对稳定之后再引入兴趣因子

## 用户兴趣相似度的优化

### VR视频观看的特点

每个人的视觉焦点不同，人们观看同一个VR视频其实看到的是不同的内容，不能像普通视频那样，用户观看了同一个视频则认为用户有相同的兴趣，需要量化

### 针对用户兴趣相似度的优化设计

计算出用户观看VR视频的目光焦点矩阵，计算相似度，观看的实际内容相似度是用户兴趣的相似度

## 本章小结

# 总结与展望【2000字左右】

## 本文总结

## 需要进一步开展的工作

### A/B 测试框架与灰度发布

推荐策略与算法是持续调整的，并且影响重大，需要A/B测试与灰度发布体系，确保安全后才全量上线

### 用户聚类分组

除了用户观看行为之外，全方位分析用户，对用户进行聚类，把同类用户的观看历史作为召回源

### 推荐算法的持续优化

尝试各种推荐算法和策略