

# The application of signal adaptive technology in content recommendation

Yaoliang Zhang

Beijing Coohua Internet Technology Co., Ltd., Beijing, 100000, China

## Abstract

This paper focuses on the application of signal adaptation technology in the field of content recommendation, addressing issues such as user interest drift, signal sparsity, and the limitations of traditional methods. A multimodal signal adaptation framework is proposed, integrating multimodal signals such as short-term clicks and long-term retention, and utilizing a millisecond-level model hot update mechanism to achieve real-time and personalized recommendation systems. Experimental verification in the advertising game distribution scenario shows that the framework significantly improves recommendation effectiveness. At the same time, the limitations of current research in data acquisition and model generalization are analyzed, and future research directions such as cross-modal fusion, real-time enhancement, and ethical privacy protection are prospected.

## Keywords

signal adaptation; content recommendation; multimodal signal; user interest drift; millisecond-level update; ad game distribution

# 信号自适应技术在内容推荐中的应用

张耀亮

北京酷划在线网络技术有限公司, 中国 · 北京 100000

## 摘要

本文聚焦信号自适应技术在内容推荐领域的应用, 针对用户兴趣漂移、信号稀疏性及传统方法局限性等问题展开研究。提出多模态信号自适应框架, 融合短期点击、长期留存等多模态信号, 采用毫秒级模型热更新机制, 实现推荐系统的实时性与个性化。在广告游戏分发场景中进行实验验证, 结果表明该框架能显著提升推荐效果。同时, 分析了当前研究在数据获取与模型泛化方面的局限性, 并展望了跨模态融合、实时性增强及伦理隐私保护等未来研究方向。

## 关键词

信号自适应; 内容推荐; 多模态信号; 用户兴趣漂移; 毫秒级更新; 广告游戏分发

## 1 引言

在信息爆炸的时代, 内容推荐系统成为用户获取信息的重要工具。然而用户兴趣随时间动态变化, 传统推荐算法难以实时捕捉这些变化, 导致推荐效果不佳。信号自适应技术作为一种能够根据输入信号动态调整系统参数的方法, 为解决这一问题提供了新思路。多模态信号包含丰富的用户行为和特征信息, 融合多模态信号可更全面地理解用户需求。广告游戏分发场景具有用户行为复杂、实时性要求高的特点, 是检验信号自适应技术在内容推荐中应用效果的理想场景。本文旨在研究信号自适应技术在内容推荐中的应用, 提出多模态信号自适应框架, 并在广告游戏分发场景中进行实验验证, 为提升内容推荐系统的性能提供理论支持和实践指导。

【作者简介】张耀亮(1984-), 男, 中国甘肃庆阳人, 硕士, 从事计算机信息系统研究。

## 2 问题背景与挑战

在当今数字化信息呈爆炸式增长的时代, 内容推荐系统已成为用户从海量信息中高效获取所需内容的关键工具, 在电商、社交媒体、在线娱乐等众多领域发挥着不可或缺的作用<sup>[1]</sup>。然而, 随着用户需求的日益多样化和复杂化, 以及信息环境的动态变化, 内容推荐系统面临着诸多严峻的问题与挑战。

### 2.1 用户兴趣漂移问题

用户兴趣并非处于静止状态, 而是会受到时间推移、生活阶段变化、社会热点事件、个人经历等多种因素的动态影响而发生改变。例如, 在特定时间段内, 用户可能因热门影视作品的影响而对相关题材的游戏产生浓厚兴趣, 但当新的热点出现或自身兴趣自然转移时, 其对这类游戏的兴趣便会逐渐消退。然而现有的推荐系统大多基于用户的历史行为数据进行建模。这种建模方式在数据收集和分析过程中存在一定的时间差, 导致推荐系统具有显著的滞后性。它难以实

时、精准地捕捉到用户兴趣的动态漂移。当用户兴趣已经发生改变时，推荐系统若不能及时调整推荐策略，仍然依据旧的用户兴趣模型为用户推荐内容，就会造成推荐内容与用户当前实际兴趣不匹配的情况。这不仅会降低用户对推荐内容的点击率和参与度，影响用户体验，还会削弱用户对推荐系统的信任，进而降低推荐系统的整体有效性和用户留存率。

## 2.2 信号稀疏性问题

在数据采集与处理的实际过程中，信号稀疏性是一个普遍存在且亟待解决的难题。用户的行为数据通常是不完整且具有随机性的，部分用户可能由于使用习惯、时间限制等原因，仅进行了少量的点击、浏览、互动等操作。这就导致可用于构建用户兴趣模型和进行内容推荐的信号数据非常稀疏。

稀疏的信号数据难以全面、准确地反映用户的真实兴趣和多样化需求。以新用户为例，由于他们在平台上缺乏足够的历史行为数据积累，推荐系统无法从有限的数据中挖掘出其潜在的兴趣偏好，从而很难为其提供精准、个性化的推荐内容。这种情况下，推荐系统往往只能给出一些通用的、大众化的推荐，无法满足新用户独特的、个性化的需求，进而影响了新用户对平台的满意度和使用积极性。

## 2.3 传统方法的局限性

现有的推荐算法在实时性与个性化之间存在着明显的权衡困境。一部分算法侧重于实时性，它们能够快速响应用户的即时行为变化，及时调整推荐结果。但这类算法往往过于关注用户的短期行为，而忽略了用户的长期兴趣稳定性和个性化需求。例如，它们可能会因为用户偶尔的一次点击行为，就大量推荐相关内容，而忽略了用户长期以来的兴趣偏好。相反，另一些算法则更强调个性化，它们通过对大量历史数据的深入分析和挖掘，试图构建全面、准确的用户兴趣模型，以生成高度个性化的推荐结果。然而，这种算法由于需要处理和分析海量的历史数据，计算复杂度较高，导致实时性较差，无法及时捕捉用户兴趣的短期变化。

此外传统方法在处理多模态信号时也存在明显的局限性。在现实场景中，用户的行为和内容特征往往以多种模态的形式存在，如文本、图像、音频、视频等。不同模态的信号包含了不同方面的信息，具有互补性。但传统方法通常只能处理单一模态的信号，难以充分利用不同模态信号之间的关联和互补信息，从而限制了推荐系统性能的进一步提升。

# 3 多模态信号自适应框架

在推荐系统领域，面对用户兴趣漂移、信号稀疏性以及传统方法局限性等诸多问题，构建一个能够有效整合多源信息、实时响应用户兴趣变化的框架显得尤为关键<sup>[2]</sup>。多模态信号自适应框架正是在这样的背景下应运而生，它为提升推荐系统的性能提供了新的思路和解决方案。

## 3.1 框架设计原理

多模态信号自适应框架的核心设计理念在于融合多种

不同类型的信息，即短期点击、长期留存以及内容特征等多模态信号，以此实现对用户兴趣全面且精准的理解。短期点击信号作为用户即时行为的直接体现，能够迅速反映出用户在当前时刻的兴趣倾向。例如，用户在短时间内频繁点击某一类游戏的相关内容，这表明用户对该类游戏产生了即时的兴趣，这种信号对于快速捕捉用户兴趣的动态变化具有重要意义。

长期留存信号则从更宏观和持久的角度反映了用户对内容的兴趣程度。当用户对某一内容持续保持关注，如长时间使用某款游戏、多次回访相关游戏页面等，这体现了用户对该内容的深度兴趣和潜在需求。通过分析长期留存信号，推荐系统可以挖掘出用户较为稳定和长期的兴趣偏好，避免因短期行为波动而导致的推荐偏差。内容特征信号包含了丰富的内容信息，如游戏的类型、主题、风格等。这些信息为推荐系统提供了更全面的上下文背景，有助于更准确地理解用户与内容之间的匹配关系。通过融合上述多模态信号，多模态信号自适应框架能够从多个维度刻画用户兴趣，生成更加个性化、精准的推荐结果，从而有效提升用户体验和推荐系统的性能。

## 3.2 模型结构与更新机制

该框架采用了先进的毫秒级模型热更新机制，这一机制使其能够实时响应用户行为的变化，确保推荐结果始终与用户当前兴趣保持高度一致。框架的模型结构由四个主要层次构成：信号输入层、特征融合层、兴趣建模层和推荐生成层。信号输入层作为整个模型的信息入口，负责接收来自不同渠道的短期点击、长期留存和内容特征等多模态信号。特征融合层则运用先进的融合算法，将不同模态的信号进行有机整合，提取出具有代表性和区分度的特征。兴趣建模层基于融合后的特征，采用深度学习等先进技术构建用户兴趣模型，该模型能够动态地反映用户兴趣的变化。推荐生成层根据用户兴趣模型，结合内容库中的信息，生成最终的推荐结果。在模型更新方面，框架配备了高效的用户行为监测模块。一旦检测到用户行为发生变化，如点击了新的内容、改变了使用频率等，框架能够迅速启动模型参数调整机制，在毫秒级的时间内完成模型更新，确保推荐系统能够及时适应用户兴趣的动态变化。

## 3.3 技术实现与优化

在技术实现层面，多模态信号自适应框架采用深度学习算法对多模态信号进行处理和建模。深度学习算法具有强大的特征提取和模式识别能力，能够自动从海量的多模态数据中学习到有价值的特征和规律。为了进一步提高特征融合的效果，框架引入了注意力机制。注意力机制能够自动学习不同模态信号的重要性，根据其用户对用户兴趣的贡献程度分配不同的权重，从而使模型更加关注对用户兴趣影响较大的信号<sup>[3]</sup>。与传统方法相比，多模态信号自适应框架凭借其先进的技术架构和优化策略，能够更准确地捕捉用户兴趣的变

化,生成更加个性化的推荐结果。同时,毫秒级的模型更新机制也使其具有较高的实时性,能够满足广告游戏分发等对实时性要求极高的场景需求,为推荐系统在实际应用中的广泛推广提供了有力支持。

## 4 广告游戏分发场景中的应用

### 4.1 应用场景描述

广告游戏分发场景呈现出用户行为复杂且实时性要求极高的显著特征。在该场景中,用户与广告和游戏的交互行为丰富多样且充满不确定性。用户在浏览各类广告和游戏时,可能瞬间被某个吸引人的元素所触动而点击查看详情,也可能在短暂了解后迅速下载体验;当然,也存在大量用户仅浏览几眼便放弃进一步操作的情况。这种行为的多样性使得准确把握用户意图变得极为困难。同时,广告和游戏行业具有快速迭代的特性,新广告不断涌现,新游戏也频繁上线。这就要求推荐系统必须具备强大的实时响应能力,能够及时捕捉用户行为的变化,迅速为用户提供最新、最相关且符合其兴趣偏好的推荐内容。若推荐系统无法满足实时性和个性化的双重需求,就难以在激烈的竞争中吸引用户,进而影响广告游戏的分发效果和商业价值。因此,广告游戏分发场景对推荐系统提出了严苛的挑战,迫切需要一种高效、精准的推荐解决方案。

### 4.2 实验设计与结果

为验证多模态信号自适应框架在广告游戏分发场景中的有效性,精心设计了与传统推荐方法的对比实验。实验选取了具有代表性的用户群体作为样本,并将其随机划分为实验组和对照组。实验组采用多模态信号自适应框架进行推荐,该框架能够融合短期点击、长期留存和内容特征等多模态信号,实时响应用户兴趣变化;对照组则采用传统推荐方法,主要基于用户的历史行为数据进行推荐。经过一段时间的实验观察和数据收集,实验结果表明实验组在多个关键指标上均显著优于对照组。具体而言,实验组的点击率比对照组提高了,这意味着更多用户被实验组推荐的广告游戏所吸引并产生了点击行为;转化率更是提高了,表明实验组推荐的广告游戏能够更好地引导用户完成下载、注册等后续操作,实现了从兴趣到实际消费的转化。这一结果充分证明多模态信号自适应框架能够更精准地捕捉用户兴趣,生成更符合用户需求的推荐结果,有效提升了广告游戏的分发效果。

### 4.3 实际效果与优化建议

在实际应用中,多模态信号自适应框架展现出了良好的效果,显著提高了广告游戏的分发效率和用户满意度。用

户能够更快速地找到自己感兴趣的广告游戏,减少了搜索和筛选的时间成本;广告主和游戏开发者也能够更精准地将产品推送给目标用户,提高了营销效果和收益。然而,该框架仍存在一些可优化的空间。例如,可进一步优化特征融合算法,深入挖掘不同模态信号之间的潜在关联和互补性,提升特征融合的质量和效果;加强对用户长尾兴趣的挖掘,通过引入更丰富的数据源和先进的算法模型,提高推荐的多样性,满足用户多样化的需求。通过持续的优化和改进,多模态信号自适应框架有望在广告游戏分发场景中发挥更大的作用,推动行业的进一步发展。

## 5 挑战与未来方向

当前研究在数据获取与模型泛化能力方面存在一定的局限性。数据获取方面,由于用户隐私保护等原因,获取全面、准确的用户行为数据存在一定困难。模型泛化能力方面,现有的模型在特定场景下表现良好,但在跨场景应用时,性能可能会下降。因此,如何解决数据获取问题和提高模型的泛化能力是当前研究面临的挑战。未来研究方向主要包括跨模态融合、实时性增强和伦理与隐私保护。跨模态融合方面,可以进一步探索不同模态信号之间的深度融合方法,提高推荐系统的性能。实时性增强方面,研究更高效的模型更新算法,实现更低延迟的推荐。伦理与隐私保护方面,制定合理的数据使用和隐私保护策略,确保用户数据的安全和合法使用。

## 6 结语

本文研究了信号自适应技术在内容推荐中的应用,针对用户兴趣漂移、信号稀疏性和传统方法局限性等问题,提出了多模态信号自适应框架。在广告游戏分发场景中的实验结果表明,该框架能够显著提高推荐效果,实现实时性与个性化的平衡。同时,分析了当前研究的局限性和未来研究方向,为信号自适应技术在内容推荐领域的进一步发展提供了参考。未来,将继续深入研究跨模态融合、实时性增强和伦理隐私保护等问题,推动内容推荐系统的发展。

### 参考文献

- [1] 吴桐,李金喜,陈智勇,等.AI赋能的语义通信系统信道自适应技术研究[J].移动通信,2025,49(01):52-58.
- [2] 郭松涵.基于学习内容自适应的通信系统信道估计方法研究[J].长江信息通信,2024,37(01):52-54+60.
- [3] 李玉龙.无线通信系统中自适应均衡技术的研究[D].贵州大学,2008.