

面向 MPEG-21 DIA 的适配决策模型

童名文¹ 刘清堂¹ 石俊杰²

(华中师范大学信息技术系 武汉 430079)¹ (解放军 63981 部队 武汉 430311)²

摘 要 通用多媒体内容访问是未来多媒体服务的常用模式。针对这一访问模式, MPEG-21 提出了 DIA 技术框架, 以期实现相关技术标准化。但是, DIA 现在只对上下文描述等元数据制定了标准, 而适配决策引擎仍然是一个开放问题。针对已有适配决策模型存在的问题, 提出了一种适配决策树模型, 该模型将适配决策视为序列决策, 并用决策树对其建模。为满足多媒体服务的个性化需求, 利用用户偏好信息建立适配决策树。此外, 利用优化模型构建决策空间, 使参与决策的对象数缩小为模态数, 从而减少了适配决策时间, 满足了多媒体服务的实时性。通过仿真实验证明, 该适配决策树模型在决策误差和平均迭代次数两个指标上都优于或相近于已有的适配决策模型。

关键词 适配决策引擎, 适配决策树, 数字项适配, 多媒体服务

中图法分类号 TP37 **文献标识码** A

Adaptation Decision-taking Model for MPEG-21 DIA

TONG Ming-wen¹ LIU Qing-tang¹ SHI Jun-jie²

(Department of Information Technology, Central China Normal University, Wuhan 430079, China)¹

(63981 Troops, The Chinese People's Liberation Army, Wuhan 430311, China)²

Abstract In the future, universal multimedia access will become the mainstream service pattern of multimedia service via networks. Aiming at the access pattern, the MPEG-21 proposed the digital item adaptation (DIA) technique architecture to standardize the related techniques. However, DIA specifies some metadata such as context description only. The key adaptation decision-taking engine is still an open question left. Considering the shortcomings of existing adaptation decision models, the paper proposed a model named adaptation decision-taking tree (ADT) which looks upon adaptation decision as sequence decision and the decision tree is employed to model the decision process. To meet the personalized demand in multimedia services, the ADT was constructed by user preferences. In addition, by using optimal model to create the decision space, which deduces the numbers of decision candidate, were deduced, and the decision time was cut observably, and the demand of real time was satisfied. Based on simulation, it can be concluded that the result of ADT is better than or similar to that of existing models in decision error and average iteration.

Keywords Adaptation decision-taking engine, Adaptation decision-taking tree, Digital item adaptation, Multimedia services

1 引言

随着通信技术和微电子技术的飞速发展, 用户能够通过多样、异构的终端设备和网络连接访问多媒体内容, 多媒体服务正成为移动通信服务中最有潜力的增值服务之一。然而, 由于终端设备和网络连接的异构性, 其能够处理和传输的多媒体内容不尽相同, 这给多媒体服务带来极大的挑战。主要表现在, 如果为每种终端设备和网络连接制作特定的多媒体内容版本, 将给多媒体内容制作带来极大的困难; 但是如果为所有的终端设备和网络连接提供单一的多媒体内容版本, 将产生多媒体内容无法访问或无法处理的问题。事实上在多媒体服务中, 服务提供商不可能对相同的内容制作众多不同的

版本; 同时用户也不可能为内容版本选择特定的终端设备和网络连接。因此, 服务提供商和用户都期望以通用的方式访问多媒体内容 (Universal Multimedia Access, UMA)^[1]。即: 服务提供商发布单一的多媒体内容版本, 用户能够通过不同的终端设备和网络连接进行访问。

为了实现 UMA 的服务方式, ISO/IEC 专家组提出了 MPEG-21 标准, 其中 DIA (Digital Item Adaptation) 规范给出了 UMA 的实现框架。

DIA 框架的核心思想是通过数字项适配器将原始数字项 (Digital Item, 后续中称多媒体内容版本为数字项) 动态地转化为适合当前上下文访问的适配数字项, 为用户提供多媒体内容服务 (Context, 上下文是多媒体服务的软件、硬件环境信

到稿日期: 2012-01-18 返修日期: 2012-03-20 本文受国家教育部人文社科基金项目 (10YJC880113), 湖北省自然科学基金项目 (2011CDB163), 华中师范大学中央高校基本科研业务费项目, 中央高校基本科研业务费项目 (CCNU10B01003) 资助。

童名文 (1975—), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为多媒体内容适配技术、教育资源管理, E-mail: tmw@mail.ccnu.edu.cn; 刘清堂 (1969—), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为数字版权管理、知识服务理论。

息集合,其中包括终端设备能力、网络连接特征、用户偏好和自然环境等)。数字项适配器由两部分组成:适配决策引擎(Adaptation Decision-taking Engine, ADTE)和适配转化引擎(Bitstream Adaptation Engine, BAE)。其中 ADTE 实现何种数字项适合当前上下文传输和处理的判决功能,BAE 完成原始数字项向适配数字项的转化操作。

在 DIA 框架中,MPEG-21 只涉及当前上下文描述和适配质量参数描述的标准化,而适配决策和适配转化均为开放问题,未做定义。本文主要研究适配决策引擎,适配转化引擎不在本文的研究范围。所谓适配决策是根据当前上下文和适配质量参数,计算出既适合当前上下文又满足适配质量约束的适配数字项描述的过程。适配决策是实现适配决策引擎的关键。国外已经有关于适配决策的研究,并且取得了一些研究成果。综合而言,目前存在 3 种适配决策模型:规则模型、优化模型和概率模型。规则模型的优点是能够方便地解决复杂决策问题。但是它也有不足之处,最突出的问题有两点:1) 决策规则难于获得,需要专家参与。2) 大多情况下决策不是最优结果。优化模型的优点在于有成熟的理论基础,有助于设计模型求解算法,难点是目标函数的设计和求解算法的选择。因为不同的应用背景考虑的优化目标不同,不可能采用统一的目标函数为所有的适配决策建模。另外,如今多媒体服务中个性化需求强烈,因此应将服务质量与用户主观体验和感受紧密结合,但是个性化服务需求在已有的优化模型中没有充分考虑。概率模型是利用概率论和随机过程中的定理建立适配决策模型。该模型也具有成熟的理论基础,但是它适合于存在随机变量的应用场合,对于非随机变量无法应用。因此,已有的适配决策模型仍存在不足之处,如何设计决策模型需要进一步研究。

本文将适配决策视为序列决策,包括模态决策和版本决策。利用决策树建立适配决策模型——ADT(Adaptation Decision-taking Tree),考虑了多媒体服务中个性化需求,决策树依据用户偏好建立。如果在所有的多媒体内容版本中利用决策树判定适配数字项描述,计算量将很大,从而花费大量的时间,这对于有实时性要求的多媒体服务难以接受。因此,本文先根据当前上下文计算出可能的数字项描述集合,将其作为决策空间。然后利用决策树在决策空间中判定适配数字项描述。因为决策空间元素较少(通常 ≤ 6),所以能够在很短的时间内完成适配决策过程。对于决策空间构建问题,本文采用带约束的优化模型。以用户的感受和体验最大化为目标函数,将当前上下文中的终端设备能力和网络连接特征作为约束。因为模型中目标函数是典型的凸函数,根据凸规划理论并结合模型自身的数学性质,本文设计了一个轻量的模型求解算法,该算法可以在 $O(n)$ 阶完成寻优过程。仿真实验证明,与已有的两个适配决策模型相比,ADT 模型在平均迭代次数和决策误差两个指标上均有良好的执行结果。

本文第 2 节介绍与适配决策相关的研究现状和存在的问题;第 3 节详细介绍适配决策树模型和决策间构建模型,以及模型求解算法和适配决策算法;第 4 节设计仿真实验以获取实验数据,并将实验结果与已有模型做比较分析;最后总结全文,并提出进一步的研究方向。

2 相关研究

近年来,适配决策建模是数字项适配中的一个研究热点。W-Y Lum 第一次提出了基于优化理论的适配决策模型(Decision Negotiation, DN)^[3]。他将适配决策分为两个阶段——预处理和实时处理。在第一阶段首先通过定义每个多媒体内容值定义质量值(质量值近似为用户偏好的函数),为所有内容打分。随后将所有内容以某种数据结构组织。在第二阶段,根据服务上下信息和内容描述信息来实时遍历所有的多媒体内容。如果内容与实时数据匹配,该内容进入可行内容集,否则不纳入可行集。完成遍历后,质量分值最高的内容就是适配决策的结果。虽然这种模型的思路简单,但其存在一些缺点。首先,模型不能实现模态决策,只能完成格式决策;其次,为每个用户维护一个结构化的多媒体内容集合不易实现,将消耗大量的存储资源;最后,模型建立在用户偏好不变的假设之上,不适合处理动态用户偏好的情形。D. Mukherjee 提出了一种基于优化理论的适配决策模型^[4];M. Prangl 提出了另一个优化决策模型^[5]。他们采用了不同的目标函数和求解算法。虽然他们的目标函数在形式上存在差异,但是出发点相似,都是考虑内容格式构造目标函数,而不是用户偏好。针对各自目标函数的特征,他们设计了不同的模型求解算法,并比较了不同算法的执行效率。这两种模型尽管在特定应用背景可以实现适配决策,但是没有考虑用户偏好,不满足个性化内容服务的要求。此外,两种模型也没有考虑模态决策问题。查阅文献资料发现,Thruong 提出了仅有的同时考虑模态决策和格式决策的适配决策模型(Overlapped Content Value, OCV)^[6]。本质而言,该模型属于基于优化理论的决策模型。Thruong 将模型的目标函数定义为内容值。内容值是模态、用户偏好和资源的函数。在服务上下文限制下,有最大内容值的多媒体内容就是决策结果。因为,定义内容值函数非常困难,Thruong 采用了一种近似的方法,即先通过调查勾画出内容值曲线,然后用具有相似曲线的函数近似。利用动态规划法,Thruong 实现了模型的求解。这种模型适合于多种媒体并存的适配情形。该模型存在两个问题:(1)模型只考虑了用户的模态偏好,而忽略了用户格式偏好;(2)勾画内容曲线非常困难,因为多媒体内容数量庞大,另外内容值与用户格式偏好密切相关。J-H. Yang 和 M-W Tong 分别提出各自的基于规则的适配决策模型^[7,8],虽然模型形式不同,但其核心思想相似,都是利用专家系统模型实现适配决策,不同之处在于设计的规则和采用的规则描述技术。基于规则的适配决策模型实现较简单,但是它过分依赖专家经验,在没有专家经验的情况下无法应用。另外,专家经验本身是一种近似,不能做出准确的决策。V. Charvillat 提出了一种基于马尔科夫链的适配决策模型^[9];於志文提出了一种基于贝叶斯网络的适配决策模型^[10];它们都属于概率决策模型,通过比较不同数字项的选择概率,实现适配决策。另外,Vincent 提出的模型还充分考虑了历史适配决策对当前适配决策的关系,使适配决策更加准确。然而这两种模型有其自身不足之处。建立模型时需要提供数字项选择概率模型,在实际情况下这种概率模型可以通过训练样本学习获得。然而对于陌生的用户没有训练样本,因此将最初的服务数据作为训练样本,这样一方面产生服务慢启动问题,另一方面无法保证最初的服务质

量。此外,样本容量大小也直接影响服务质量。

3 模型设计

为便于后续部分的表述,下面定义与适配决策相关的概念:

定义 1(数字项, Digital Item) 数字化多媒体内容版本。

定义 2(模态, Modality) 媒体类型, 如文本、图像、音频和视频等。

定义 3(模态模式, Modality Pattern) 是一个 n 元组, n 为描述模态的格式参数个数。

定义 4(数字项格式) 描述数字项特征的 $n+1$ 维向量, 其中 n 由模态模式决定, 1 是数字项主题。

定义 5(数字项格式空间 Ω_i) 模态 i 数字项格式空间, 是 $n+1$ 维内积空间。

定义 6(归一化数字项格式距离, Normalized Digital Item Distance, NDD) 数字项格式空间 Ω_i 中两个数字项格式的归一距离。形式化定义如式(1)所示。

设 $X\langle f_x, t_x \rangle, Y\langle f_y, t_y \rangle$ 是数字项空间 Ω_i 中任意两个点,

$$NDD_i(X,Y)=\begin{cases} \frac{1}{\sqrt{n}}\sqrt{\sum_{j=1}^n(\frac{f_x \cdot j - f_y \cdot j}{M_j})^2}, & t_x=t_y \\ 1, & t_x \neq t_y \end{cases} \quad (1)$$

式中, f 为模态格式, 是 n 维向量 (n 由模态决定); t 表示数字项主题, 是标量; M_j 是内容格式 f 第 j 分量的最大取值, 是与分量相关的常数。

定义7(最优数字项 ocv_i) 是数字项格式空间 Ω_i 中满足当前上下文约束的一个最优数字项格式。

定义 8(最优数字项格式集 OCVS) 所有模态的最优数字项格式组成的集合。假设数字项存在 k 种模态, 则 OCVS 形式化定义如式(2)所示。

$$OCVS = \{x \mid x = ocv_i, i = 1, 2, \dots, k\} \quad (2)$$

定义 9(用户偏好 PS) 是一个三元组。

$$\langle pv_i, \alpha_i, \beta_i \rangle, pv_i \in \Omega_i, \alpha_i, \beta_i \in [0, 1]$$

式中, pv_i 是数字项格式空间 Ω_i 用户偏好数字项格式, α_i 是用户对模态 i 的偏好程度(简称为模态偏好), 假设共有 k 种模态, 则用户最偏好模态 α_i 最大, 最反感模态 α_i 最小。为计算方便, α_i 在 $(0, 1)$ 区间取值。 β_i 是用户在数字项格式空间 Ω_i 中容忍的数字项格式与最偏好数字项格式的最大偏离度(简称为偏离度)。

4 决策模型

本文将适配决策视为两阶段序列决策,第一阶段进行模式决策;第二阶段进行格式决策。决策树适合序列决策问题,所以采用决策树为适配决策建模。首先根据当前上下文求解OCVS;接着通过PS中的 α 、 γ 参数构建决策树;最后利用决策树在OCVS中寻找最优数字项并将其作为适配决策结果,完成整个适配决策过程。

4.1 OCVS 求解

求解 OCVS 的关键是求解模态 i 的 ocv_i , 所有模态 i 空间的 ocv_i 构成 OCVS 集合。本文将 ocv_i 求解视为约束的优化问题, 其模型定义如式(3)所示。

$$\begin{aligned} & \text{Min. } NCD_i(ocv_i, pv_i) \\ & \text{s. t. } Ex \leq b \end{aligned} \quad (3)$$

$$ocv_i \in \Omega_i, pv_i \in \Omega_i$$

式中, i 表示第 i 种模式; pv_i 表示用户最偏好的数字项; E 为 $m \times n$ 单位矩阵; x 为格式参数向量, $x \in R^n$; b 为约束向量, $b \in R^m$, b 与上下文中设备能力、网络特征、自然环境等当前上下文相关。

根据内容归一化距离定义可知, ocv_i 存在不唯一的可能性。当模态 i 出现多个 ocv_i 时, 由于它们到用户最偏好内容距离相同, 即相似程度等同, 因此任取其中之一作为模态 i 的最优内容是合理的。这样可以保证每种模态都只有一个最优数字项。

优化模型有两种典型的分类标准,其一是根据目标函数和约束函数分类,优化模型可以分为线性规划模型和非线性规划模型;其二是根据变量的可行域分类,优化模型分为连续规划、整数规划和混合规划。本文建立的适配决策模型属于非线性整数规划。近 30 年来,研究人员在求解非线性整数规划问题方面做了大量研究,并且取得了很大进展。与线性整数规划和非线性连续优化不同的是,非线性整数规划几乎没有一种能广泛应用的有效算法,针对不同结构和特性的问题所设计的算法有时差异会很大。非线性整数规划常用的求解方法有:搜索法、惩罚函数法和启发式算法^[11]。但无论哪种方法都有其应用的局限性。本文根据模型的数学特征,提出了一种简单而有效的针对性求解方法。根据文献[12]给出了解的特征,因此求解模型的过程转化为解的构造问题,即判断用户偏好内容向量 pv_i 是否属于可行域 Ψ ,如果属于则该向量就是 ocv_i 解。如果不属性则需要判断向量的哪些分量满足约束条件,哪些不满足约束条件,并根据文献[12]构造最优解 Y 。据此,本文设计了 ocv 模型的求解算法(Optimal Content Value Construction, OCVC),如图 1 所示。

Input: $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$, $f_i(fe_i) \theta L_i$

Output: $Y'(y_1, y_2, \dots, y_n)$

Algorithm pseudocode:

```
set Y'=null;
```

```
set k=n;
```

for $i=1$ to k

$$\text{if}(f_i(\mathbf{x}_i) \leq \theta L_i)$$

```
set  $y_i \leftarrow x_i$ ;
```

else

set $y_i = L_i$;

```

return Y;

```

end

图 1 *ocv* 求解算法——OCVC

4.2 适配决策模型

本文将适配决策视为两个阶段序列决策过程。第一阶段是模态决策;第二阶段是数字项格式决策。因为决策树是一种典型的序列决策模型,所以采用决策树对适配决策过程建模,本文称之为适配决策树(Adaptation Decision-taking Tree: ADT)。ADT 利用当前上下文中的用户偏好 $\langle p v_i, \alpha, \beta \rangle$ 构建,它由决策节点和叶子组成,决策节点包括模态决策节点和格式决策节点,叶子为决策结果。ADT 如图 2 所示,模态决策节点用圆形表示,其中 α 是模态偏好;格式决策节点用椭圆表示,其中 β 是偏离度。叶子用矩形表示,内容为逻辑值,其中“1”位于中间节点的右枝,“0”位于左枝,“1”代表数字项满足当前上下文,“0”则与之相反。

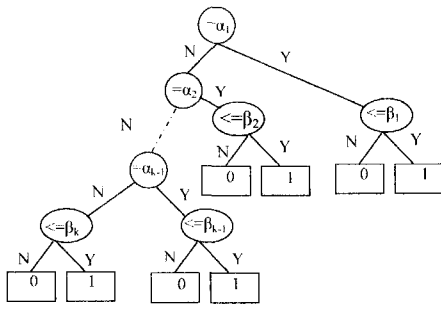


图2 适配决策树

为最大程度满足用户偏好,并减少决策时间,本文依据贪心策略设计决策树的构建算法。按照用户对模态的偏好程度依次选取模态决策节点,对用户最喜欢的模态进行最先决策,用户不偏好的模态最后决策。决策树构建算法如图3所示。

Algorithm createDecisionTree(mpv, fpv)

Input: mpv, fpv

Output: decision tree DT

Retrieve k numbers of 2-tuple $\langle \alpha_i, \beta_i \rangle$ from mpv and fpv

Sort k numbers of $\langle \alpha_i, \beta_i \rangle$ according to α_i by ASC

create root 3-tuple $r(\alpha_1, *lb_1, *rb_1)$

for $i \leftarrow 2$ to $k-1$ do

create modality node 3-tuple $mb_i(\alpha_i, *lb_i, *rb_i)$

create format node 3-tuple $fb_i(\beta_i, 0, 1)$

$lb_{i-1} \leftarrow mb_i$

$rb_{i-1} \leftarrow fb_i$

create the last leaf 3-tuple $fb_k(\beta_k, 0, 1)$

$lb_{k-1} \leftarrow fb_{k-1}$

$rb_{k-1} \leftarrow fb_k$

return r

end

图3 适配决策树构造算法

根据算法结构可知:设 $d1(n)$ 为 Retrieve 操作时间, $d2(n)$ 为 sort 操作时间, $d3(n)$ 为循环操作时间。采用快速排序算法 Rort,其复杂度为 $O(n\log n)$ 。另外 $d1(n)=O(n)$, $d3(n)=O(n)$ 。所以, $d1(n) + d2(n) + d3(n) = O(n\log n)$ 。ADT 构建算法时间复杂度为 $O(n\log n)$ 。因为在算法中 $n=k$,而模态种类 k 较少($k=4$),所以实际算法的执行时间很短。

5 适配决策

在构建 OCVS 和 ADT 的基础上,适配决策转化为利用 ADT 在 OCVS 中查找最优数字项的过程。为缩短适配决策时间,本文将 OCVS 按照用户模态偏好 α 组织成优先级队列,利用 ADT 对当前优先级最高的数字项进行判决,只要判决成功,则适配决策过程停止,该数字项即为决策结果。否则上述适配决策过程一直进行,直到 OCVS 为空集。适配决策算法如图4所示。

Algorithm travelDecisionTree(OCVS, DT)

Input: OCVS, DT

Output: index

Retrive k numbers of 2-tuple $v(\alpha_i, \gamma_i)$ from OCVS

sort k numbers of v according to α_i by ASC

* p, * rb, flag

p $\leftarrow$ DT

for $i \leftarrow 1$ to $k-1$ do

rb $\leftarrow$ p $\rightarrow$ rb

if $v_i \circ \alpha = p \rightarrow \alpha$

if $v_i \circ \gamma \leq rb \rightarrow \beta$

flag $\leftarrow$ rb $\rightarrow$ rleaf

else

flag $\leftarrow$ rb $\rightarrow$ lleaf

if flag = 1

index $\leftarrow$ i

break

else

p $\leftarrow$ p $\rightarrow$ lb

if $i = k$

if $v_i \circ \gamma \leq p \rightarrow \beta$

flag $\leftarrow$ p $\rightarrow$ rleaf

else

flag $\leftarrow$ p $\rightarrow$ lleaf

if flag = 1

index $\leftarrow$ i

else

index $\leftarrow$ max(OCVS)

return ov

end

图4 适配决策算法

适配决策算法的时间复杂度为 $O(n\log n)$,其中 n 为数字项模态种类 k 。因为,模态种类数 $k \leq 6$,所以算法的时间消耗很小。

6 实验与分析

为评估 ADT 决策模型的性能,本文设计了3组对照实验。实验中采用的性能评估指标为:适配决策误差(error, E)、平均迭代次数(Average iterations, AI)。适配决策误差和平均迭代次数的形式化定义如下。

定义 10(适配决策误差 E)

$$E_1 = \sqrt{\sum_{i=1}^m (ov_{ix} - ov_{ix}')^2}$$

式中, m 代表 ov 向量的维度, ov_{ix} 是通过在决策空间采用线性搜索算法得到的决策结果, ov_{ix}' 是通过决策模型得到的决策结果。

定义 11(平均迭代次数 AI)

$$AI = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m c_i$$

式中, m 代表程序运行次数, c_i 是第 i 次适配决策关键代码执行次数。

实验中采用 ADT、DN 和 OCV 3 种决策模型,对它们的适配决策执行性能在误差和平均迭代次数上作比较。在计算决策误差时,以在决策空间进行穷举搜索所得的结果为基准,决策空间基数为 1000。

6.1 实验设计

实验中适配决策性能指标采用决策误差 E 和平均迭代次数 AI ,决策变量有3个,即模态数、终端能力及网络特征和用户偏好,分别用 k, c 和 p 表示。其中 k 取值域为 $[2, 6]$, c 表示为二元组 $\langle \alpha, \gamma \rangle$, p 表示为二元组 $\langle \alpha, \beta \rangle$ 。其中 α 为模态偏

好, γ 为归一化数字项格式距离 NDD , β 为偏离度。 α 和 β 采用均匀分布随机产生, γ 采用高斯分布随机产生, 以模拟终端设备能力、网络连接特征和用户偏好的动态变化。本文设计了 3 组实验, 分别研究模态种类数、终端能力及网络特征和用户偏好对适配决策性能的影响, 并将本文提出的 ADT 模型与已有的 DN 和 OCV 模型进行比较, 以证明这 3 种适配决策模型在不同情况下性能的优劣。实验的软硬件环境为: Matlab6.5 和 Pentium(R) 4 CPU 2.8GHZ, 512M Memory。实验测量数据及数值分析如下。

6.2 数值分析

实验 1 k 改变, c, p 不变

假设 k 在闭区间 $[2, 6]$ 之间变化, 利用 Matlab6.5 随机产生两类数据, 其结构分别为 $\langle \alpha, \beta \rangle, \langle \alpha, \gamma \rangle$ 。其中 $\langle \alpha, \beta \rangle$ 用于建立适配决策树, $\langle \alpha, \gamma \rangle$ 用于构建 OCVS 做适配决策。为避免干扰对实验结果的影响, 每种模态 k 的实验重复 100 次, 所有性能指标值为 100 次的平均值, 以 $k=5$ 为例。

实验结果如图 5 和图 6 所示。据实验数据可知, 当 k 变化时, ADT 模型和 OCV 模型决策精度明显高于 DN 模型, 更接近于线性搜索的决策结果, 且随着 k 值的增大, ADT 和 OCV 模型的决策误差呈现下降趋势, 而 DN 模型的决策误差趋于增加。这是由于随着模态类型数增加, ADT 和 OCV 模型参与适配决策的内容增加, 从而使错误决策概率减小。由图 6 可知, 随着模态类型数的增加, DN 模型执行迭代次数呈线性变化, 而 ADT 和 OCV 模型执行迭代次数近似为常数, 说明模态类型数的大小并不影响 ADT 和 OCV 模型做出决策所需的计算迭代次数。这是因为 OCV 数据结构采用哈希表就能直接做出适配决策。ADT 模型中参与决策的集合是偏序, 适配决策通常在前两个元素完成, 因此与集合的基数大小无关。

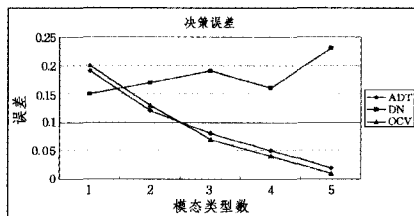


图 5 适配决策误差

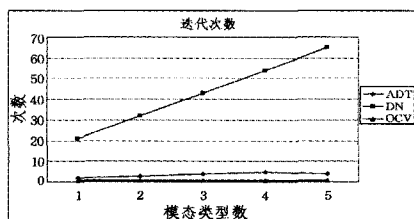


图 6 决策执行迭代次数

实验 2 p 改变, k, c 不变

实验中保持 $k=5$ 。由于 p 变化, 尽管维持 c 不变, $\langle \alpha, \gamma \rangle$ 与 $\langle \alpha, \beta \rangle$ 都将随之改变。由图 7 可知, 随着用户偏好 p 的变化, 3 种适配决策模型的决策结果误差都有较大的波动, 其中 ADT 和 OCV 模型的决策结果误差仍然小于 DN 模型的决策误差。数据说明用户偏好变化对于 3 个模型的适配决策过程都有较大影响。这是因为用户偏好的变化可能产生线性搜索

方法的决策空间没有查找到最优内容, 而 3 种模型都是基于优化理论设计, 所作的决策是最优值, 所以 3 种模型的决策结果和线性搜索的结果误差较大。据图 8 可知, 用户偏好变化没有增加 DN 模型的执行迭代次数, 而 ADT 和 OCV 模型的执行迭代次数随之增加, 但是比 DN 模型的小。这是因为用户偏好改变, 使得 ADT 和 OCV 模型需要重新构建适配决策树和适配哈希表, 而 DN 模型只需对内容值作调整, 无须重建内容空间结构。

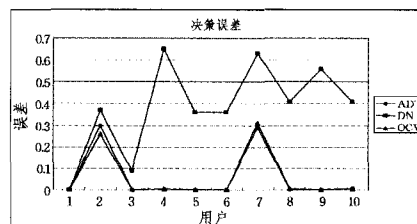


图 7 决策执行迭代次数

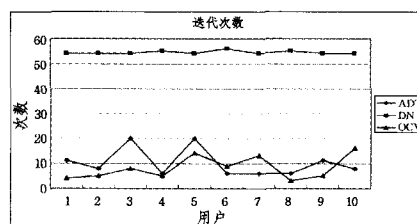


图 8 决策执行迭代次数

实验 3 c 变化, k, p 不变

实验中 $k=5$, 用户偏好 p 保持不变, 因此 $\langle \alpha, \beta \rangle$ 保持不变, 改变计算环境 c 本质上是改变 γ 。由图 9 可知, c 变化对于 ADT 和 OCV 模型的决策误差没有影响, 误差值均小于 0.002。而 DN 模型的决策误差明显大于前两个模型的结果, 并且存在较大波动。这是因为虽然 DN 模型基于优化理论设计, 但是由于内容空间基的限制, 在某些计算环境中并没有得到最优内容, 因此产生了较大决策误差。据图 10 可知, DN 模型的执行迭代次数比 ADT 和 OCV 模型多, 而 OCV 模型的执行迭代次数最小, 其原因与实验 1 所述相同。

综合上述 3 个实验结果得出以下结论: (1) 总体而言本文提出的 ADT 模型在模态类型数、用户偏好和计算环境发生变化时具有良好的执行性能; (2) 与 OCV、DN 模型相比, 在决策误差和执行迭代次数上, ADT 模型性能接近 OCV 模型, 比 DN 模型性能优越; (3) 模态类型数的增加将提高 ADT 和 OCV 模型的决策精度, 并且不会对模型执行迭代次数产生影响。因此, 做适配决策时应当尽量增加内容的模态类型; 最后, 用户偏好的变化对 3 个模型的性能都将产生较大影响, 所以在用户偏好变化频繁的应用中, 需要采用适当的优化策略, 以保证模型的执行性能。

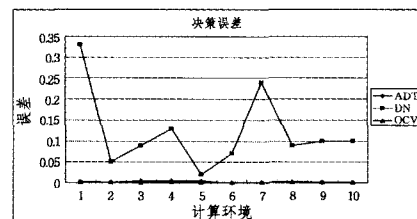


图 9 决策误差

究[J]. 通信学报, 2009, 30(6): 108-113

- [3] 谢振华, 赖声礼, 陈鹏. RFID 技术和防碰撞算法[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(6): 223-239
- [4] Wang T P. Enhanced binary search with cut-through operation for anti-collision in RFID systems[J]. IEEE Communications Letters, 2006, 10(4): 236-238
- [5] 丁治国, 郭立. 基于二叉树分解的自适应防碰撞算法[J]. 电子与信息学报, 2009, 31(6): 1395-1399
- [6] 鞠伟成, 俞承芳. 一种基于动态二进制的 RFID 抗冲突算法[J]. 复旦大学学报: 自然科学版, 2005, 44(1): 46-50
- [7] Wang C C, Derryberry J, Sleator D D. $O(\log \log n)$ competitive dynamic binary search trees[A] // Proceedings of the Seventeenth Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithm

[C]. 2006: 374-383

- [8] 何晓桃, 郑文丰. RFID 中基于二分叠加的二进制防碰撞算法[J]. 华南师范大学学报: 自然科学版, 2011, 8(3): 61-65
- [9] 刘志龙, 简茶生, 王忠华. 基于 EPC 搜索的 RFID 系统二进制防碰撞算法[J]. 煤炭技术, 2011, 30(10): 198-200
- [10] 王道强, 李志鹏. 基于 RFID 的二进制防碰撞算法的改进[J]. 森林工程, 2011, 27(1): 89-93
- [11] 单承赣, 余春梅, 王聪聪. 改进的二进制查询树的 RFID 标签防碰撞算法[J]. 合肥工业大学学报, 2008, 31(11): 1801-1804
- [12] Choi J H. Query tree-based reservation for efficient RFID tag anticollision[J]. IEEE Communications Letters, 2007, 11(1): 85-87
- [13] Cover T M, Thomas J A. Elements of Information Theory (2nd Edition)[M]. John Wiley & Sons, 2001

(上接第 13 页)

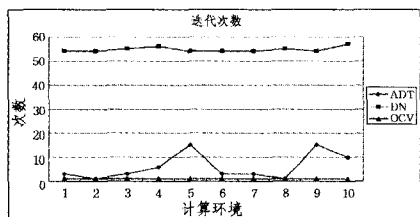


图 10 决策执行迭代次数

结束语 适配决策模型是 MPEG-21DIA 规范中的重要内容, 然而 DIA 只涉及与数字项内容适配相关的元数据标准, 适配决策模型仍作为一个开放的问题未被定义。近十年来, 虽然国内外研究者提出了诸多适配决策模型, 但这些模型还存在一些不足。因此, 需要对 DIA 中的适配决策模型做进一步的研究。本文将适配决策视为序列决策过程, 利用优化理论和决策树建立适配决策模型——ADT。首先利用带约束的优化模型构建最优数字项集合, 作为适配决策空间; 其次根据用户偏好建立适配决策树; 最后利用适配决策树在决策空间搜索最优数字项, 实现适配决策。该模型具有 3 个特点: 1) 充分考虑用户偏好, 并兼顾上下文中的其它属性信息, 从而最大程度保证服务质量, 满足多媒体内容服务的个性化需求; 2) 模型有良好的理论基础, 从问题建模、求解到评价都有较完备的理论保证; 3) 模型具备快速求解的特征, 适配决策时间短, 能够满足多媒体内容服务的实时性需求。通过对照实验证明, 当上下文发生变化时, ADT 模型在决策误差和迭代次数两个指标上与 OCV 模型相近, 明显优于 DN 模型。

当然, ADT 模型还存在一些问题需要做进一步研究。例如, 通过实验发现模型对用户偏好的变化非常敏感。现实中, 用户偏好发生剧烈变化的概率较小, 但其仍然可能发生。因此, 在后续的研究中我们将针对性地提出优化策略, 以减少模型对用户偏好变化的敏感度。其次, 在定义数字项距离时我们假设格式参数取值均为比例尺度, 而实际参数还可能是名义尺度, 但参数为名义尺度时如何处理是另一个需要解决的问题。最后, 个性化服务的前提是必须知道用户偏好。因此, 用户偏好模型和模型构建是个性化服务的核心。为满足适配决策的需求, 本文提出了一种用户偏好的简单模型, 但对于个性化服务用户偏好模型需要进一步地完善。此外, 本文未涉

及用户偏好信息获取问题, 这是一个难题, 值得做进一步深入研究。

参考文献

- [1] Mohan R, Smith J, Li C S. Adapting Multimedia Internet Content for Universal Access[J]. IEEE Transactions on Multimedia March, 1999, 1(1): 104-114
- [2] Vetro A, Timmerer C. Digital Item Adaptation: Overview of Standardization and Research Activities[J]. IEEE transactions on multimedia, 2005, 7(3): 418-426
- [3] Lum W-Y, Lau F C M. A Context-Aware Decision Engine for Content Adaptation[J]. IEEE pervasive computing, 2002, 1(3): 41-49
- [4] Mukherjee D, et al. Optimal Adaptation Decision-Taking for Terminal and Network Quality-of-Service[J]. IEEE transactions on multimedia, 2005, 7(3): 454-461
- [5] Prangl M, et al. Fast Adaptation Decision taking for Cross-modal Multimedia Content Adaptation[C] // Multimedia and Expo, 2006 IEEE International Conference. 2006: 137-140
- [6] Thang T-C, Jung Y J, Ro Y-M. Modality Conversion in Content Adaptation for Universal Multimedia Access[C] // Conference on Imaging Science, Systems and Technology. 2003
- [7] Yang J-H, Shao W-Y. Enhancing pervasive Web accessibility with rule-based adaptation strategy[J]. Expert Systems with Applications, 2007, 32(4): 1154-1167
- [8] Tong M-W, Yang Z-K, Liu Q-T, et al. A Novel Content Adaptation Model under E-learning Environment Frontiers in Education Conference[C] // 36th Annual. 2006: 1-5
- [9] Charvillat V, Grigoras R. Reinforcement Learning for Dynamic Multimedia Adaptation[J]. Journal of Network and Computer Applications, 2007, 30(3): 1034-1058
- [10] 於志文. 普适环境上下文感知多媒体个性化服务技术研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2005: 56-58
- [11] 达林. 切平面在混合整数非线性规划中的应用[D]. 北京: 北京交通大学, 2009: 12-20
- [12] Tong Ming-wen, Yang Zong-kai, Liu Qing-tang. A Novel Model of Adaptation Decision-taking Engine in Multimedia Adaptation[J]. Journal of Network and Computer Applications, 2010, 33(1): 43-49