

一种支持通道信息关联的多媒体数据流过滤模型

李 军^{1,2} 廖 豪^{2,3} 陈 洁^{1,2} 谭建龙²

(北京邮电大学计算机学院 北京 100876)¹ (中国科学院计算技术研究所 北京 100190)²
(中国科学院研究生院 北京 100049)³

摘 要 多媒体数据流包含多种数据形态(文本、图片、音视频)和多种通道信息(地址信息、链接信息、时间和会话信息等)。多媒体数据流通道之间具有一定的内容相关性。以往对多媒体过滤的相关工作局限于单一的数据模态,不支持不同模态信息的融合过滤和不同数据通道间的关联过滤。提出了一个新的支持多模态融合过滤和多通道联合过滤的多媒体数据流过滤模型(简称为 MCFMS 模型)。在真实多媒体数据流上的实验结果证明,在复杂数据流环境下, MCFMS 模型可以有效地进行多模态融合过滤和多通道联合过滤。

关键词 多媒体数据流,过滤规则,多通道

New Multi-channel Multimedia Data Stream Filter Model

LI Jun^{1,2} LIAO Hao^{2,3} CHEN Jie^{1,2} TAN Jian-long²

(Department of Computer Science and Technology, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)¹
(Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)²
(Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)³

Abstract Multimedia data stream is fused with data of different formats, e. g. text, pictures, audio and videos. To filter out sensitive information fast and accurately enough from high-speed multimedia data stream proves a great challenge that has not yet been well tackled. This paper proposed a model for filtering multimedia data stream, and implemented a validation prototype system upon national backbone network. The prototype system uses the intelligent rule base to establish filtering rules to relational data engine mapping mechanism, uses the decision tree strategy to establish the classification model for calculating the similarity to reduce the complexity of calculating the similarity degree of success achieved high-speed multimedia data real-time stream filtering. Experiments show that the model can effectively finish multi-mode filtering and multi-channel filtering in a multimedia data stream environment.

Keywords Multimedia data stream, Filtering rule, Multi-channel

1 引言

信息过滤主要解决网络中信息的主动推送问题,实现个性化的网络信息主动服务,有选择性地传播和利用信息。信息过滤技术是一种系统化的方法,将用户需求与动态信息流进行匹配计算,从信息流中抽取出符合用户个性化需求的信息并送给用户。相比于传统的信息检索模式,信息过滤技术具有较高的扩展性,适合于大规模用户和海量信息的场合,可以为用户提供及时、个性化的信息服务。目前网络信息过滤的方法主要有 4 种:基于因特网内容分级平台过滤(PICS)、数据库过滤(IP 库、URL 库)、关键字过滤以及智能内容理解过滤。内容分析过滤技术一般包括文本内容分析过滤、图像内容分析过滤、视频内容分析过滤和智能混合过滤等。

在高速网络环境下,来自多种数据源、多种网络协议和多种数据形态的相关数据流统称为多通道数据流,例如:网络内容信息流和网络结构信息流、多种网络协议下的数据流、P2P 协议流和 SMTP 协议流、多种数据形态的数据流(文本流、图片流、视频流和音频流)。联合多个通道上的信息进行分析具

有重大的理论价值和现实应用前景。多通道数据流承载了大量的外部环境信息,为基于环境感知的信息过滤和文本识别技术提供了基本保障。

多通道联合过滤、多模态融合过滤是多媒体过滤的重要工作,同时也是未来的研究热点。(1)多通道联合过滤为未来的信息过滤处理提供了替代性分析手段。例如在网络信息战中,当某个通道的信息由于加密、隐私保护等原因无法正常获取时,可以利用其他相关度较高的通道中的信息进行分析和过滤。通过计算不同通道数据间的关联度来确定通道间的关系,在关联度较高的通道间进行关联过滤。(2)多模态融合过滤是我们针对当前网络内容形式多样化的背景下提出的全面的过滤需求。例如,我们想过滤当前数据流中所有文本含有“人”且图片中也含有图像“人”的数据流项。这种过滤需求如果用现有的方法来解决是非常耗时且难以表达的。

2 国内外研究现状

近年来,许多学者对信息过滤技术进行了研究,提出了多种过滤模型。金峰等^[1]提出倾向性文本过滤模型。李宝林^[2]

到稿日期:2010-01-20 返修日期:2010-04-01 本文受国家重点基础研究发展计划资助 973 项目(2007CB311100)资助。

李 军(1984—),男,博士生,主要研究方向为信息内容安全,E-mail:lijun@software.ict.ac.cn;谭建龙 男,副研究员,主要研究方向为信息内容安全。

提出利用关联分析的方法鉴别文档中的特征项。Roberts等^[3]提出在目标文本周围人为构造负面样本。Lucas等^[4]利用高斯分布计算正面样本的概率分布密度函数。以上工作主要集中在文本的过滤。杨金峰等^[5]分析比较了几种常用的肤色检测算法,利用统计阈值法实现了一个决策树图像过滤器。温泽逢等^[6]提出了一种基于内容的图像过滤新方法,该方法首先分割皮肤区域,再提取皮肤边缘区域边界,最后进行傅里叶变换。段立娟等^[7]提出了基于计算机视觉和模式识别的色情图像过滤方法。文献[5-7]的工作主要是关于图像过滤技术的研究。综上可知,以上工作都无法解决针对多种数据形态的融合过滤的需求问题。也就是说当前针对多媒体数据的过滤技术比较单一化,不支持多模态的融合过滤。

以往数据流上的过滤模型只关注单一的文本内容通道,而忽略了其他通道上的环境信息,多通道则为我们提供相对完整的数据流上下文环境信息。网络上的通讯双方可能会采用不同的通道路径传输信息,结合多个通道可以有效获取全局信息。目前信息过滤领域关于多通道过滤只开展了很少的工作,当前信息过滤技术忽视了相关通道信息的利用价值。关于多通道信息融合的相关工作有: Jabri等^[8]提出将颜色(Color)和边缘(Edge)信息进行融合来检测视频中的人,这种方法的鲁棒性好; Adams等^[9]提出利用视频、声音和文本信息来对多媒体数据进行语义索引; Velivelli等^[10]使用视频-音频融合来检测影视中的场景变化; Berretti等^[11]从一个分布式的、异构的多媒体数字图书馆(MIND)项目出发,给出了将从多个不同源获得的结果进行融合的方法,对各个分布式的数字图书馆给出的查询结果(一个分数)进行归一化; Raskar等^[12]提出一类图像融合技术来自动组合不同光照下的一个场景; Zhai^[13]等将文本和视频信息进行融合,提出一个基于镜头联接图(SCG)的方法将新闻节目按故事主题进行分割; Zhu等^[14]通过融合文本和图片的信息来提高图片的检索精度; Philipp等^[15]提出在一个交互式对话系统中使用人脸识别和语音识别融合来提高个人身份识别的精度; Liu等^[16]也提出一个人脸和语音融合的方法来进行个人身份识别,但是所不同的是他们的模型是提取人脸的某个子空间区域(嘴唇)的特征和声音特征来进行融合,而不是通过融合整个人脸特征和声音的方法来降低特征数; Callan^[17]等给出了一个在异构和分布式的数字图书馆中进行数据融合的工程实现; Wei等在文献[18]中提出恰当地对检测器进行融合对于大规模的多媒体检索非常重要,所选择的检测器不但要考虑其语义内容,而且要考虑其在被查询视频数据域中的可靠性、可观察性和多样性; Yang等^[19]使用手指血管信息和背部纹理信息融合进行个人鉴定; Zhang等^[20]考虑到基于多媒体的音乐检索,但没有开展相应的研究工作,他们提出一个整合多个在线的 folksonomy 数据进行音乐检索的模型。

王珊等^[21]研究了数据库领域未来几个发展方向,其中包括数据流管理。李建中等^[22]提出了一种数据流频繁项挖掘算法,其侧重点在于数据流挖掘。周傲英等^[23,24]侧重于构建数据流监测系统,侧重点在于数据流挖掘。冯玉才等^[25]提出了数据流数据管理系统。该系统有效地完成了数据的管理并提供了检索功能,实现了传统数据库管理的概念向数据流领域的转移,侧重于数据流的数据管理。金澈清等^[26]提出了一种在多数数据流上共享窗口连接查询的降载策略,其具有多数数据流关联的概念,侧重于查询操作的调度优化。

3 我们的工作

综上所述,当前信息过滤领域存在3个问题:过滤系统对融合过滤需求本身支持不够,忽视了多通道信息的辅助作用,以及缺乏对相关度很高的数据流进行联合过滤的支持。针对以上不足,我们提出了支持多通道的多媒体数据流过滤模型MCFMS(Multimedia Multi-channel Filtering Model on Streams, MCFMS)。该模型主要着眼于支持多种模态信息的过滤,多通道信息表示和多通道联合过滤。本文的主要贡献归纳如下:

1. 针对当前信息过滤的单一化方式无法有效地应用到复杂的网络数据流过滤中, MCFMS提出了支持多模态的融合过滤需求,并提供了融合过滤需求的表示和翻译机制。

2. 多通道信息在多媒体信息过滤中具有重要作用。针对当前信息过滤技术对多通道信息的忽视, MCFMS定义了多通道间的信息关联度以及多通道联合过滤语言的表示和翻译。

4 支持多通道的多媒体数据流过滤模型

结合网络数据流的结构特征和过滤规则的多样化,本节提出了支持多通道的多媒体数据流过滤模型,并且给出了多通道相关度的衡量机制以及支持融合过滤需求的策略,最后还实现了一个复杂网络环境下的验证系统。

4.1 MCFMS的系统结构

MCFMS的主要思想是在高速多媒体数据流环境中,提供一套构建高效、准确的数据流过滤系统的理论依据。MCFMS可作为具体的多媒体信息过滤系统设计的理论依据。其体系结构如图1所示。

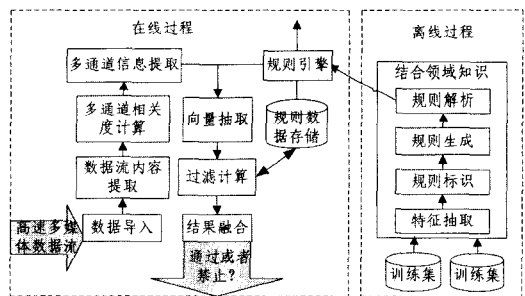


图1 MCFMS体系结构图

如图1所示,数据流内容提取模块通过数据导入模块获取高速多媒体数据流,多通道相关度计算模块计算不同数据流通道间的相关度,多通道信息提取模块负责对通道数据流按照模态以及特征信息进行信息提取,向量抽取模块负责对处理过的信息进行特征抽取,然后将抽取的特征向量送入过滤计算模块。MCFMS模型的关键部分是过滤计算以及多通道相关度计算。

4.2 MCFMS的总体设计

本节提出了支持多通道的多媒体数据流过滤模型MCFMS,如图1所示。MCFMS分在线过程和离线过程。离线过程主要完成过滤规则的自动发现。在线过程完成多媒体数据流的实时过滤。通过对输入数据流的内容进行有效的协议还原和内容抽取,完成多通道数据的信息提取,然后对多通道数据流进行相关度计算,进而完成多媒体信息内容的抽取,对抽取的内容进行向量提取并交给过滤计算模块。过滤计算

模块根据类型分别进行传统文本的匹配、向量相似性计算、流相关性过滤,并将计算结果送入结果融合模块进行结果处理。MCFMS的输出数据是结果融合模块产生的过滤结果。

4.3 多通道联合过滤

4.3.1 多通道关联

不同通道的数据流之间是否进行联合过滤的依据是判断通道间是否相关。我们首先以多文本通道间联合过滤的例子来介绍通道数据流相关度的概念,如图2所示。为了保证语义上无关的通道间不发生关联过滤,我们定义了通道间的关联度。例如图2中通道S2与通道S3,虽然它们的过滤关键字组合在一起可以满足过滤规则,但是因为通道数据流S2与通道数据流S3不相关,我们就不能将S2与S3盲目关联。这样就避免了一些盲目的关联过滤计算。接下来解释如何在一个滑动窗口中定义通道间的相关度。

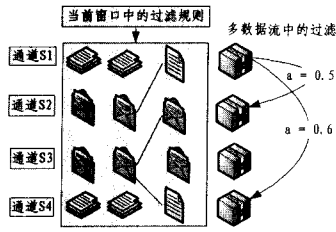


图2 多数据流关联过滤

当前通道数据流的 participants 与 content 之间的信息相对权重。 E_p 可以为 0,表示通道数据流中 participants 信息没有任何有用信息。 $a(S_i, S_j)$ 的值越大,表示通道数据流 S_i 与 S_j 越相关。关于计算 $R_p(S_i, S_j)$ 与 $R_c(S_i, S_j)$ 的方法有很多种。根据具体的应用系统可以自行选择。在这里我们提供的 Jaccard coefficient 方法仅作参考。例如我们想计算通道数据流 S_i 与通道数据流 S_j 的 $R_p(S_i, S_j)$,方法如下:

$$R_p(S_i, S_j) = \frac{(S_i.p \cap S_j.p)}{(S_i.p \cup S_j.p)}$$

在我们的验证系统中,通过定义“关键内容字典”和“过滤内容字典”来计算通道数据流中的文本内容相关度,基本可以反映通道本身的语义信息相关度。我们将通道数据流中的文本信息看成“词流”,用我们的“关键内容字典”和“过滤内容字典”来构建一个临时的“词频表”。这样通道数据流 S_i 就变成了一个向量 x 。 $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$,其中 $x_i \in [0, 1]$ 。现在我们来表示 $R_c(S_i, S_j)$,用 y 来表示 S_j 产生的向量。这里借鉴了文献[2]中的关联性定义。

$$R_c(S_i, S_j) = \frac{\sum_k (X_k - U_i) * (Y_k - U_j)}{N * \sigma_i * \sigma_j} = \dots$$

$$= \frac{\sum_k X_k * Y_k / N - U_i * U_j}{\sigma_i * \sigma_j}$$

式中, U_i 和 σ_i 是通道数据流 S_i 的平均值和标准方差。 N 表示“关键内容字典”和“过滤内容字典”的总数。

从上面的等式可以得出如下结论:

- (1) 内容关联度与 N 有关。
- (2) 内容关联度与通道的表现力有关。
- (3) 内容关联度与通道间的共享度有关。

4.4 过滤规则描述语言

4.4.1 过滤规则定义

定义2(过滤规则) 一条过滤规则由条件表达式和动作表达式组成。其中条件表达式由谓词和关系运算符 \wedge 组成,动作表达式由动作单元和关系运算符 \wedge 组成。简单来讲,一个过滤规则的含义是若条件表达式为真,则执行动作,否则不执行动作。若条件表达式为空,则动作无条件执行,即表示对所有的多媒体流都执行动作。判断条件表达式为真的方法是若条件表达式中的所有谓词都为真,则条件表达式为真。

定义3(融合过滤规则) 如果一条过滤规则中含有不同模式的过滤需求或者不同通道间的过滤需求,则这条规则即为融合过滤规则。例如:过滤规则 r 表示过滤掉多媒体数据流中图片的直方图特征含有 a ,url 链接中含有 b 或者 c 并且 text 文本中含有“当它们…”的关键字的话,这条过滤规则 r 就是融合过滤规则。

4.4.2 过滤规则的表达

我们在 MCFMS 中提出了一种全新的过滤规则描述语言 FRDL(Filter Rule Description Language, FRDL)。FRDL 是以将多种多媒体过滤规则统一化描述为目标,结合多媒体数据流模型概念的扩展。此外,对于 FRDL 的研究和设计,不单单指纯语言上的设计,还必须提供它们一个完整的 FRDL 执行器,以便执行 FRDL 语句串,实现过滤规则集的构建和翻译。这个 FRDL 的执行器包含了语言接口、翻译器和执行单元 3 大模块。如图3所示,执行器的输入数据是 FRDL 语句串,执行器负责调用语言接口,将 FRDL 语句串提交给翻译器,翻译器对语言进行解析,转换成可执行语句,然后在执行单元上执行。

4.3.2 通道相关度

在介绍通道相关度这个概念前,首先定义数据流。

定义1(通道数据流) 通道数据流 $S_i = (S_i.sessionInfo, S_i.participants, S_i.objects)$ 由通道数据流会话信息、数据流参与者和连续且异步的对象序列组成。对象序列 $S_i.objects = (o_1, o_2, \dots)$,其中对象 $o_i = (o_i.time, o_i.type, o_i.size, o_i.content)$,其中 $o_i.time$ 表示通道数据流对象的时间戳; $o_i.type$ 表示通道数据流对象的类型,如图片、文本、音频等; $o_i.size$ 表示当前通道数据流对象的大小; $o_i.content$ 是当前通道数据流对象 o 的内容。因此每个通道数据流都可以看成 bit 信息序列。 $S_{ij} = (S_{ij}.sessionInfo, S_{ij}.participants, ((S_{ij}.oil.time, S_{ij}.oil.type, S_{ij}.oil.size, S_{ij}.oil.content), \dots))$,我们用 o_{ij} 表示通道数据流 S_i 中的第 j 个对象。

$S_i.sessionInfo$ 是对当前流会话的描述信息。例如 email, webmail, webpost 中的 sessionid。也可以是 blog 或者 Web 页面中的 title。很多时候 sessionInfo 的信息内容与通道数据流的属性特征密切相关,同时还与信息特征的抽取算法密切相关。 $S_i.participants$ 表示会话参与人,例如 IM 信息中的昵称,或者 email, weimail 中的源、目的地址信息。 $o_i.time$ 表示数据流对象的时间戳。对于数据流中结构化的信息如 XML 等,也可以用我们的数据流定义来表示。

假定存在一个流序列 $S = \{S_1, \dots, S_p\}$ 。这个 S 由 p 个通道数据流组成。两个通道 S_i 和 S_j 之间的关联度用 $a(S_i, S_j)$ 来表示。定义两个通道之间的关联度在不同的实际应用系统中可以有区别。下面用我们的验证系统中关于关联度的定义举例。例如要定义两个 email 或者 IM 数据流之间的关联度,用如下公式表示:

$$a(S_i, S_j) = E_p * R_p(S_i, S_j) + E_c * R_c(S_i, S_j)$$

式中, R_p 表示通道数据流 S_i 的 participants 与 S_j 的 participants 之间的关联度。 R_c 表示通道数据流 S_i 的 Content 与通道数据流 S_j 的 Content 之间的关联度。 E_p 和 E_c 分别代表着

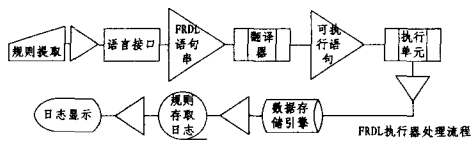


图3 FRDL 执行器框架

4.4.3 过滤规则描述语言的语法以及特点

过滤规则是FRDL意义完整的基本单位。所有的过滤规则条目组成了过滤规则库。表达式形式如下：

过滤规则 ::= 条件表达式 → 动作。

FRDL语法主要创新点是：

(1) 支持多模态的过滤需求

例如过滤规则的需求是：对所有多媒体数据流中图片的直方图特征含有水、haar特征含有人、协议信息是：webmail、文本中含有关键字是“西藏问题是...”，则对该多媒体采取禁止动作并记录日志。那么这个过滤规则可以用FRDL表示如下：

Rule(Expre(filter1 Name(water) Type(histogram) Val(Vname(v1)(0.2587,0.3659,...) ∧ Name(people) Type(haar) Val(0.5896, 0.4569...)) ∧ Name(pro) Type(protocol) Val(TYPE_WEBMAIL) ∧ Name(tibet) Type(text) Val(西藏问题是...)) Actions(ban ∧ log))。

(2) 支持多通道的过滤需求(参见上面的过滤语义举例)

4.4.4 FRDL 语法解释

(1) 一条过滤规则由条件表达式和动作表达式组成。其中条件表达式是由谓词和关系运算符∧组成。动作表达式是由动作单元和关系运算符∧组成。

(2) 简单来讲，一个过滤规则的含义是如果条件表达式为真，则执行动作，否则不执行动作。如果条件表达式为空，则动作无条件执行，即表示对所有的多媒体流都执行动作。判断条件表达式为真的方法是如果条件表达式中的所有谓词都为真，则条件表达式为真。条件表达式是谓词的联合。通过上述EBNF定义可以看出同一个谓词可以同时出现在多个条件表达式中，也就是说多条过滤规则可以共享同一个谓词。

(3) 谓词可以是向量、URL、文本、IP集。其中向量表示对流数据进行特征抽取后的向量值。动作表示为禁止、放行、警告、日志、统计。

(4) FRDL分析树的一般形式如图4所示。

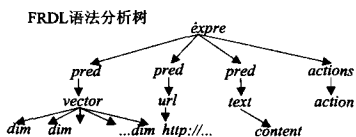


图4 FRDL 翻译器工作流程图

4.4.5 FRDL 翻译器(语法制导翻译)

FRDL翻译器是FRDL执行器中最核心的模块。其主要功能是完成FRDL的词法分析和FRDL语句的翻译。FRDL翻译器作为一个简洁的语言翻译器，采用自定义语法制导翻译模式设计。FRDL翻译器的语法制导翻译模式基于FRDL的语法制导定义。FRDL制导定义根据与FRDL语义部分相关联的属性说明了FRDL的一个结构的翻译，只是FRDL语义规则的计算次序是显式给出的。FRDL语义动作的执行位置通过用括号把语义动作括起来并将其放在产生式右部来表示。FRDL的翻译模式对于每条语句都产生一个输出。方法是通过输入语句的分析树的深度优先遍历顺序执行语义动作。如： $keyValue \rightarrow keyUnit \{ execUnit('select * from table1') \} keyValue1$ ，表示keyValue产生的分析树与语义动

作，如图5所示。我们通过为语义动作构造一个特殊的子节点来指出语义动作，并使用虚线连接到其产生式的节点。

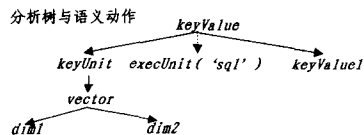


图5 FRDL 执行器的翻译模块工作流程图

FRDL翻译器的词法分析模块读入FRDL语句串后，将其转换成可以进行语法分析的记号流。FRDL的语句是由记号串构成的。FRDL词法分析模块的主要功能是完成提出空白符和注释、常数识别、识别标示符和关键字。FRDL词法分析模块从输入串读字符形成词素，然后将词素生成的记号及其属性值传递给FRDL翻译器的下一个模块-解析控制模块。解析控制模块的主要工作是首先消除左递归，然后利用递归下降语法分析方法完成语法分析。按照从根节点到叶节点的顺序构造分析树。发射输出模块的主要工作是将属性值转换为自定义的可执行语句串，将其作为可执行单元的输入数据。

FRDL翻译器的工作流程图如图6所示。

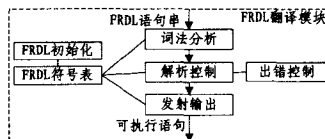


图6 FRDL 执行器的翻译模块工作流程图

5 系统实现

基于骨干网中核心网关的高速多媒体数据流环境，结合模型的理论支撑，我们设计并实现了多媒体数据流过滤系统(F9)。该系统成功实现了对高速多媒体数据流快速准确的分析，并对用户的网络行为进行有效的管控。F9系统的框架设计图如图7所示。

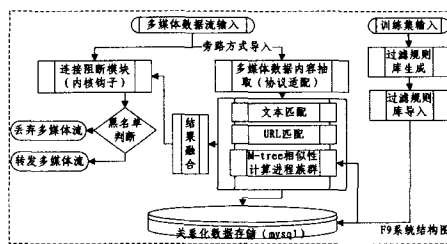


图7 F9 系统结构图

结束语 本文首先提出了一个新的支持多通道、多数据流关联、多模态融合的过滤模型MCFMS。与以往的模型相比，MCFMS可以进行多通道过滤、多模态融合过滤以及多数据流过滤。在高速多媒体数据流环境下的实验结果证明了MCFMS过滤模型的有效性。

本文的下一步工作包括：(1)研究一条过滤规则中的共享过滤单元的计算策略，进一步降低相似性计算的复杂度和过滤规则校验的准确性；(2)在实际的网络数据环境中，不同模态的数据特征差别很大，提供一套统一的特征抽取策略也是我们下一步工作的重点。

参考文献

[1] 金峰,刘永丹,江宝林,等. TTFS:一个倾向性文本过滤系统的设计与实现[J]. 计算机工程与应用,2003(30)

参考文献

- [1] Gao Min, Wu Zhongfu. Personalized Context-Aware Collaborative Filtering Based on Neural Network and Slope One[J]. *Lecture Notes in Computer Science*, 2009; 109-116
- [2] Gao Min, Wu Zhongfu, Du Jianjun. Incorporating Pragmatic Information in Personalized Recommendation Systems[C]// *Proceedings of The 11th International Conference on Informatics and Semiotics in Organizations*, 2009(ICISO'09). April 2009
- [3] 陈源, 史忠植. 约束满足问题求解途径之比较与分析[J]. *计算机科学*, 1998, 25(1): 8-12
- [4] Brucker P. *Scheduling Algorithms*(5th Edition)[M]. Germany: Springer-Verlag, 2007; 12-29
- [5] Penberthy J, Weld D S. UCPOP: A Sound, Complete, Partial-order Planner for ADL[C]// *Proceedings of the International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning*. Kaufmann, 1992; 103-114
- [6] Vidal V, Branching G H. Pruning: An Optimal Temporal POCL Planner Based on Constraint Programming[J]. *Artificial Intelligence*, 2006, 170; 298-335
- [7] Long D, Fox M. Encoding Temporal Planning Domains and Validating Temporal Plans[C]// *Proceedings of the 20th UK Planning and Scheduling SIG Workshop*. 2001; 167-180
- [8] Vempaty N R. Solving Constraint Satisfaction Problems Using Finite State Automata[C]// *AAAI*. 1992; 453-458
- [9] Hopcroft J E, Ullman J, et al. *Introduction to Automata Theory, Languages and Computation*[M]. Addison-Wesley, 1979; 56-71
- [10] Bonet B, Geffner H. Planning as Heuristic Search[J]. *Artificial Intelligence*, 2001, 129; 5-33
- [11] Haslum P. Improving Heuristics Through Relaxed Search—An Analysis of TP4 and HSP[J]. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 2006, 25; 233-267
- [12] The Choco Team. Choco: an Open Source Java Constraint Programming Library[D]. *Third International CSP Solver Competition*, 2008
- (上接第 25 页)
- [2] 李宝林, 张翼英, 兰芸. 用关联分析技术识别不良信息特征项的新方法[J]. *计算机工程与应用*, 2003(28)
- [3] Roberts S, Tarassenko L, Pardey J, et al. A validation index for artificial neural networks[C]// *Proceedings of First International Conference on Neural Networks and Expert Systems in Medicine and Healthcare*. 1994; 24-30
- [4] Parra L, Deco G, Miesbach S. Statistical independence and novelty detection with information preserving nonlinear maps[J]. *Neural Computation*, 1996, 8(2); 260-269
- [5] 杨全峰, 申铨京. 基于内容的敏感图像过滤关键技术研究及应用[J]. *仪器仪表学报*, 2007, 28(11)
- [6] 温泽逢, 袁华. 基于内容的图像过滤新方法[J]. *通信学报*, 2006(27)
- [7] 段丽娟, 崔国勤, 高文, 等. 多层次特定类型图像过滤方法[J]. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2002, 14(5)
- [8] Jabri S, Duric Z, Wechsler H, et al. Detection and Location of People in Video Images using Adaptive Fusion of Color and Edge Information[C]// *Proc. Int. Conference on Pattern Recognition*. 2000
- [9] Adams W H, Iyengar G, Lin C Y, et al. Semantic Indexing of Multimedia Content Using Visual, Audio, and Text Cues[J]. *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, 2003
- [10] Velivelli A, Ngo C-W, Huang T S. Detection of Documentary Scene Changes by Audio-Visual Fusion[C]// *Proc. Int. Conference on Image and Video Retrieval*. 2004
- [11] Berretti S, Bimbo A D, Pala P. Merging Results for Distributed Content Based Image Retrieval[J]. *Multimedia Tools and Applications*, 2004, 3(24); 215-232
- [12] Raskar R, Ilie A, Yu J. Image fusion for context enhancement and video surrealism[C]// *Proceedings of the 3rd international symposium on Non-photorealistic animation and rendering*. 2005
- [13] Zhai Y, Yilmaz A, Shah M. Story Segmentation in News Videos using Visual and Textual Cues[C]// *Proc. ACM Int. Conference on Multimedia*. 2005
- [14] Zhu Qiang, Yeh Mei-chen, Cheng Kwang-ting. Multimodal fusion using learned text concepts for image categorization[C]// *Proceedings of the 14th annual ACM international conference on Multimedia*. 2006
- [15] Grobe P W L, Holzappel H, Waibel A. Confidence based multimodal fusion for person identification[C]// *Proceeding of the 16th ACM international conference on Multimedia*. 2008
- [16] Liu M, Fu Y, Huang T S. An audio-visual fusion framework with joint dimensionality reduction[C]// *IEEE Conf. on IC-ASSP*. 2008
- [17] Callan J, Crestani F, Nottelmann H, et al. Resource selection and data fusion in multimedia distributed digital libraries[C]// *Proceedings of the 26th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval*. 2003
- [18] Wei Xiao-yong, Ngo Chong-wah. Ontology-enriched semantic space for video search[C]// *Proceedings of the 15th international conference on Multimedia*. 2007; 981-990
- [19] Yang W. Personal Authentication Using Finger Vein Pattern and Finger-Dorsa Texture Fusion[C]// *Proceedings of the 17th ACM international conference on Multimedia*. 2009; 905-908
- [20] Shi Y, Zhang T. Feature analysis; support vector machines approaches[C]// *SPIE Conference on Image Extraction, Segmentation, and Recognition*. 2001; 245-251
- [21] 孟小峰, 周龙骧, 王珊. 数据库技术发展趋势[J]. *软件学报*, 2004, 15(12)
- [22] 王伟平, 张冬冬, 李建中, 等. 一种有效的挖掘数据流近似频繁项算法[J]. *软件学报*, 2007, 18(4)
- [23] 李人和, 宫学庆, 周游弋, 等. RealMon: 处理低质量 SNMP 数据流的实时监测系统[J]. *山东大学学报*, 2007, 42(11)
- [24] 常建龙, 闫莺, 宫学庆, 等. SMART: 基于数据流技术的电信网络流量监控系统[J]. *山东大学学报*, 2007, 42(11)
- [25] 桂浩, 冯玉才, 李又奎. 面向流数据的数据管理系统的研究[J]. *计算机应用研究*, 2005, 22(1)
- [26] 闫莺, 金澈清, 曹锋, 等. 多数据流上共享窗口连接查询的降载策略[J]. *第二十一届中国数据库学术会议*, 2004, 41(10)
- [27] Hristidis V, aldivia O, et al. Information discovery across multiple streams [C]// *Proc. Int. Information Sciences*. 2007