

文章编号:1000-5641(2009)05-0001-020

* 特约综述 *

情景感知计算

顾君忠

(华东师范大学 计算机应用研究所, 上海 200062)

摘要: 综述“情景感知”研究近年来的发展, 对“情景”、“情景感知”和“情景感知计算”等概念作了详尽的阐述, 并提出了自己的定义. 从计算模式的演变角度论述了情景感知系统, 着重分析了情景建模方法及情景感知系统框架, 典型剖析了 Contextor 思想和 Dey 框架等. 作为应用, 讨论了 LBS 信息服务和情景感知的信息检索. 最后, 展望了情景感知计算在国际和国内的发展趋势.

关键词: 情景; 情景感知; 情景模型; 情景感知计算; 情景感知系统

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A

Context aware computing

GU Jun-zhong

(Institute of Computer Applications, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: An overview of the basic concepts concerning context aware computing and a survey of the up-to-date researches were presented in this paper. Context and its spectrum were well formed and defined. Based on the evolution of computing modes, context aware computing as well as context aware systems was analyzed. As application examples, realizations of location based service and context aware web searching were discussed.

Key words: context; context aware; context model; context aware computing; context aware systems

计算机科学和通信技术的发展使得计算模式发生了很大变化, 计算的智能化程度也越来越高. 这样, 情景感知计算(Context Aware Computing)也就应运而生了.

本质上, 计算机不理解我们的语言, 不理解我们的世界如何运作, 无法感知目前形态的信息, 至少不像人那么容易地做到这些. 传统的交互计算里, 有一种用户竭力而为的机制: 用户努力为计算机提供信息(如利用键盘和鼠标提供信息). 其实, 为了让计算机能按我们的意愿工作, 我们还必须作翻译, 说清要做的事的细节以及该如何做, 目前主要是通过键盘和鼠标给计算机清楚地说明这些细节, 这样计算机才能执行我们的命令.

本质上, 计算机不如人, 人能够理解情景、根据情景判断和作出结论. 我们会习惯地对营

收稿日期: 2008-10

基金项目: 上海市国际科技合作基金项目(075107006)

作者简介: 见本期封 2.

业员说:“来一份‘必胜客’”。这对于计算机来说无疑是天书,因为“必胜客”是一个连锁快餐店的名字,怎么能“来一份”呢?但是对于人来说,处于希望就餐的环境,感知这一情景,很容易理解,此话是希望来一份“必胜客”快餐。

我们是否能改进计算机,使之能够获取情景,进一步感知情景,丰富人机交互通信以提供更好的计算服务呢?答案是肯定的.这就是情景感知与情景感知计算。

情景(Context)在很多文献里译为“上下文”.从某些领域(如编译系统)看,“上下文”的译法能说明问题,但是对于绝大多数情况而言,“情景”的译法可能更合适些.因此,我们这里用“情景”这个词。

1 情景、情景感知和情景计算

1.1 情景

关于 Context 的定义很多.1994 年,B. SCHILIT 等^[1]使用了 context-aware 这个词,将情景归为“位置、人和物体周围的标识和这些物体的变化”.W. SCHILIT 在博士论文^[2]中作了更详细的探讨。

文献[3]中将情景定义为:位置、用户周围的人的标识、时间、季节和温度等。

RYAN 等在文献[4]中定义为用户的位置、环境、标识与时间. CHRISTIANSEN^[5]认为 Context 是我们和别人交互时使用(感知或非感知)的所有“东西”,可以是物理的也可以是社会性的。

SNOWDON 和 GRASSO^[6]将情景定义为多层结构:个人的(personal)、项目的(project)、群组的(group)和组织的(organisation). 这里:

- 在个人层,情景包括个体当前活动的信息,诸如他们在哪里,他们读哪些文档,他们和谁在一起.这些信息是个性化的,与协作组以外的人无关。
- 在项目层,情景包括项目截止期及与项目合作伙伴有关的所有信息。
- 在群组层,情景和每日活动关系稍弱,但关注的是全局、整体和长期的性质。
- 在组织层,情景不仅关注战略层也关注相关的其他群组的活动。

文献[7]把情景定义为确定应用行为或应用事件按用户要求发生的环境状态和设置的集合。

RAKOTONIRAINY^[8]等把定义扩展为可以对一个实体的态势特征化的信息,这里的实体指的是人、地方、物理或计算客体。

文献[9]认为:情景描述一个设备或用户所处的态势和环境.一个场景可以用一个唯一性的名字来标识.每个情景有一组相关的特征.每个特征根据场景用各种值来确定(无论是显式还是隐式的)。

文献[10]中将情景感知定义为一个三维结构,三维分别为自身(self-device state, physiological, cognitive),活动(activity-behavior, task)和环境(environment-physical, social)。

目前大家常引用的是 DEY 的定义.2000 年,DEY 在其博士论文^[11]中将 context 定义为 Context is any information that can be used to characterize the situation of an entity. An entity is a person, place, or object that is considered relevant to the interaction between a user and an application, including the user and application themselves.

我们认为,强调情境实际上反映了从以计算机为中心到以人为中心的转变,因此,应当

以人为本,围绕着用户(人)来考虑情景.因此可以定义一个谱系(图 1),将情景分成:

- 计算情景(Computing context) 网络连接性、通信开销、通信带宽和附近资源;
- 用户情景(User context) 用户概要信息、位置和社会地位;
- 物理情景(Physical context) 亮度、噪声、交通条件和温度;
- 时间情景(Time context) 时、分、日、星期、月份和四季;
- 社会情景(Social context) 制度、法律、风俗和习惯.

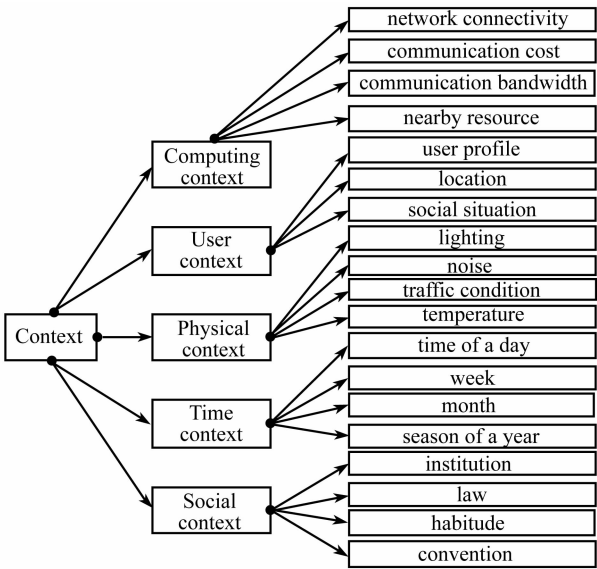


图 1 情景谱系

Fig.1 Context spectrum

值得注意的是,对于情景可以进一步丰富其内涵.文献[12]把情景概括为有丰富内涵的对象:情景由若干情景实体构成,这些实体会根据其相似性组合成可观察体.情境实体指的是任意一个概念性的或物理性的对象,包含某些情景新信息的情景定义.可观察体由恰当的情境实体检索到的情景性信息,可在执行期间被利用.

1.2 情景感知

什么是情景感知? 1994 年,SCHILIT 和 THEIMER^[13]讨论情景感知计算,其中定义:情景感知应用能将情景告知应用,而应用能适应情景.其引入则可以追溯到 1992 年的 Olivetti 公司的 Active Badge 研究项目^[14].

应该说,DEY 在其论文及后来的博士学位论文中总结了前人的结果,作了奠基性的工作,他把情景感知定义为:无论是用桌面计算机还是移动设备,普适计算环境中使用情景的应用,都叫情景感知.他把情景感知系统定义为

A system is context-aware if it uses context to provide relevant information and/or services to the user, where relevancy depends on the user's task.

从而将情景感知分为主动情景感知和被动情景感知.实际上,可把情景感知分为直接的显式感知(输入)和内部的蕴含感知(输入)两类,前者如位置信息、时间信息和设备环境信息等,后者如用户的特点、习惯、知识层次和喜好等.

SCHMIDT 等^[10]将情景感知定义为:关于用户和 IT 设备状态的知识,包括周边环境,形势和位置等.文献[15]定义情景感知主要是一个应用相关特征,它指示一个计算元素能够获取关于用户和该元素本身的信息. GIAFFREDA 等^[16]将情景感知按图 2 分类.

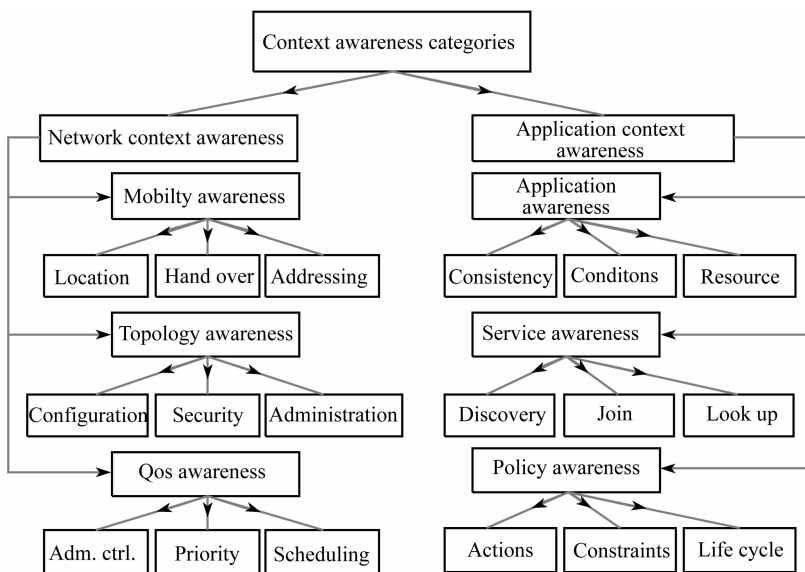


图 2 一种情景感知分类方案

Fig. 2 A classification schema of context awareness

KIM 等^[17]认为情景感知的最简单的定义是获取和应用场景(acquiring and applying context),应用场景包括适应场景和使用场景.

情景感知的目的是试图利用人机交互或传感器提供给计算设备关于人和设备环境等情景信息,并让计算设备给出相应的反应.我们认为,情景感知的目的是试图利用人机交互或传感器提供给计算设备关于人和设备环境等情景信息,并让计算设备给出相应的反应.这种获取与反应,应当满足情景适应性(adaptive)、计算机反应性(reactive)、情景与反应的响应性(responsive)、就位性(situated)、情景敏感性(context-sensitive)和环境导向性(environment-directed).

1.3 情景感知计算

XEROX PARC 实验室和 Olivetti 公司可被认为是情景感知计算最初的探索者.

什么是情景感知计算?文献[18]认为(情景感知计算)是给用户和提供任务相关的信息和服务,无论他们在哪里.有三个重要的情景感知行为分别是:用户信息和服务的表示;服务的自动执行;标记情景以便以后检索.文献[19]认为情景感知计算是一种计算形态,使得应用可以发现和使用情景信息的优点,诸如地理位置、时间、人和设备以及用户活动等,特别适用于移动和普适计算. GIAFFREDA 等也作了类似定义^[16]. MORAN 和 DOURISH 认为情景感知计算“to acquire and utilize information about the context of a device to provide services that are appropriate to the particular people, place, time, events, etc.”^[20]

文献[21]认为情景感知计算使用环境特征如用户的地理位置、时间、标识和活动(activity),告知计算设备,使之能向用户提供和当前情景相关的信息. RAZZAQUE 等^[22]认为:

“情景感知一词来自计算机科学,用于描述带有环境信息的设备,该设备在此类环境里工作并能做出相应反应.情景感知计算包括应用开发涉及关于这个环境知识提供的行为,满足相关的静态和动态程序.另外一个时髦词汇是普适计算,普适计算和情景相关计算密切相关,但不能说情景感知计算就是普适计算.情景感知计算比后者更宽泛,例如预测用户想要做什么以便给用户更直接的帮助,这类系统在常规的桌面系统上也很常见,而这类桌面系统不在普适计算的研究范围之内。”

我们认为,归根结底,情景感知计算是一种新的计算形态,与普适计算、移动计算和智能计算密切相关.作为一种计算形态,情景感知计算具有适应性、反应性、响应性、就位性、情景敏感性和环境导向性的特征.

情景感知计算涉及许多东西,典型的如:

- 传感器技术(sensor technology),
- 情景模型(context model),
- 决策系统(decision systems),
- 应用支持(application support).

因此,我们可以根据文献[1]中的分类来认识情景感知计算.情景感知计算是:

- (1) 近似选择(proximate selection),指的是一种用户接口技术,强调邻近的对象;
- (2) 自动情景重构(automatic contextual reconfiguration),指的是一个处理过程,由于情景的变化,添加一个成分,删去一个现存成分,或改变两个成分间的关联;
- (3) 情景化信息与命令(contextual information and commands),按照情景能产生不同的结构;
- (4) 情景触发动作(context-triggered actions),一般使用简单的 IF-THEN 规则说明情景感知系统应当如何适应情景.

2 情景感知系统

2.1 什么是情景感知系统

文献[19]认为一个情景感知系统必须能够模拟人的能力认识和利用蕴含的环境信息,以便推动其功能性的操作.为此,一个情景感知系统必须

- (1) 收集环境或用户态势的信息;
- (2) 将这些信息翻译成适当格式;
- (3) 组合情景信息,生成更高级的情景信息,将其他情景信息归并后导出的情景信息;
- (4) 基于检索到的信息自动采取动作;
- (5) 使信息能让用户随时存取和易于存取,帮助用户更好地完成任务.

从而,一个情景感知系统的一般要求是:

- (1) 情景获取(context acquisition) 获取情景信息;
- (2) 情景表示(context representation) 组织与存储情景信息;
- (3) 情景使用(context use) 以适当方式使用情景信息.

文献[23]认为情景感知系统是一个系统,它能主动监视其工作环境或场景,并按照该场景的变化调整其行为.

2.2 传统的计算机系统和情景感知计算

作为比较,我们来看一下传统的计算机系统和情景感知计算的差别.传统计算机系统中,计算机最习惯的是重复做程序规定的动作,与情景无关(见图 3).用户要扮演一个了解情景变化,从而重新设置输入的角色,以获得期待的输出.换言之,此时情景感知是由人来做,对情景的适应是由人机交互实现的,因此情景问题曾在许多人机交互(HCI)的文章中讨论.

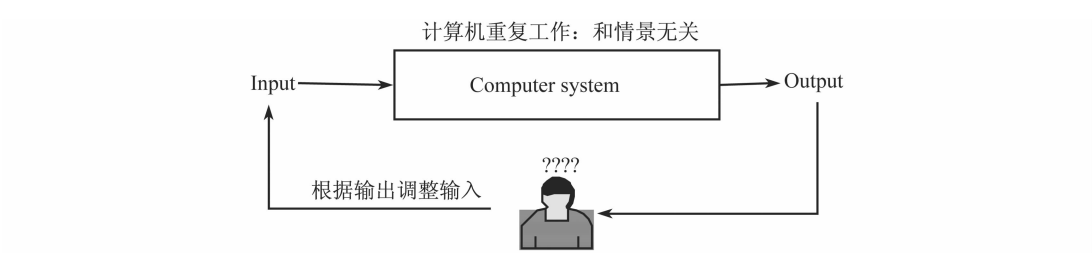


图 3 传统的计算机系统

Fig. 3 A traditional computer system

随着技术与应用需求的发展,传统的计算机系统在向情景感知计算演化,使得输入与输出都显式化.原来由人来感知环境,根据输出调整输入的过程交给了计算系统本身.计算系统自动感知情景,诸如用户的状态、物理环境的状态、计算系统的状态、人机交互的历史轨迹等,从而给出相应反应.我们可以用图 4 来示意.

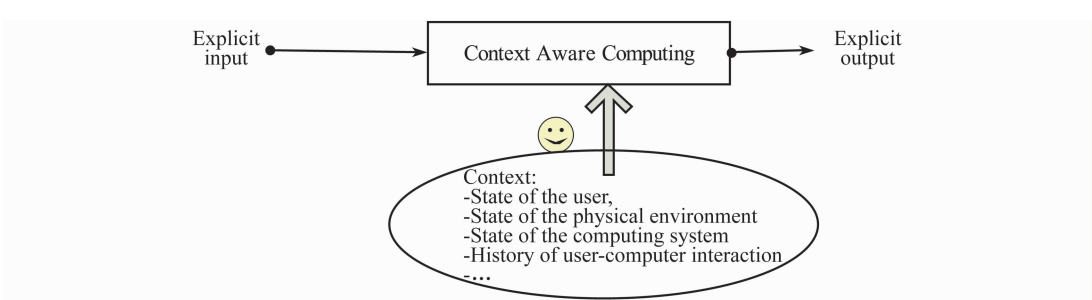


图 4 情景感知计算

Fig. 4 Context aware computing

2.3 情景感知、处理和使用

计算机系统如何感知情景、处理情景和使用情景,可以用图 5 来表示.



图 5 情景感知、处理和使用

Fig. 5 Context aware processing and usage

这里

- 情景生成(generation)——通过 UI 或传感器获取情景信息;
- 情景处理(processing)——将原始数据变换成有意义的信息;
- 情景使用(usage)——使用场景,作出可能的反应成为输出.

这三者有机地构成了一个情境感知系统的三部曲.

情景生成指的是情景被感知,感知情景就是感知和获取情景信息,这类信息可以分成原始情景信息和高级的情景信息两类.

原始情景数据如地理位置信息、时间信息、光亮度信息和声音信息等.从目前研究看,主要聚焦在通过 GPS/RFID 获得地理位置信息,使用计算机内置时钟获取时间信息,还有如借助于光敏二极管获得光亮度信息以及通过话筒获得声音信息等.

高级的情景信息如用户当前活动信息和过去的使用习惯等,可以借助于计算机的日志、用户日程和其他人工智能技术来获取.

处理过程是转变情景信息.

使用过程则是利用情景信息调整与规划系统操作,给出恰当的输出.

BALDAUF 等人^[24]认为情景感知系统能够让自己的操作适应当前的情景,无须用户显式干预,从而借助环境上下文信息提高可用性与有效性.

GWIZDKA^[25]把情景的使用分为四类:

- (1) 情景作为输入;
- (2) 情景修改输入;
- (3) 用户-系统反馈环中的情景;
- (4) 情景作为触发器.

我们可以把这四类情况用图 6—8 表示.

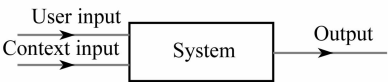


图 6 情景作为辅助输入

Fig. 6 Context as an associated input

在这类情况中,情景输入和用户输入同时输入给系统,系统对它们处理后给出输出.

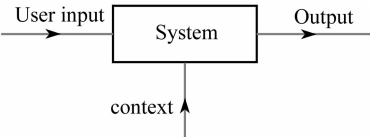


图 7 情景修改(解释)用户(或其他)输入

Fig. 7 Context interpretation user (or something else) input

在这类情况下,系统的输入还只是用户输入,情景是作为系统运行的一种调节因素起作用的.针对用户输入,系统运行期间会按情景输入调整,给出相应的输出.

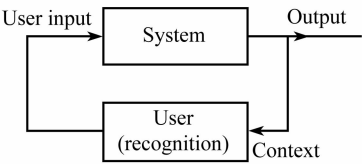


图 8 用户-系统反馈环中的情景

Fig. 8 Context in user-system feedback loop

在这类情况下,系统根据输出收集情景,交给用户,用户识别哪些情景可以或应该作为

新的输入给系统,系统将对新输入再加工处理,形成新的输出,....

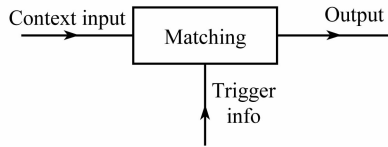


图 9 情景作为触发器
Fig. 9 Context as a trigger

在这类情况下,情景信息作为输入,系统根据输入和触发信息的比对,满足预设匹配条件就给出相应输出.

3 情景感知计算研究

3.1 情景获取

为了获取情景,在许多面向物理情景的研究中,往往先要研究如何感知情景.

CHEN 和 KOTZ^[7]认为:为了在应用中使用情景,必须有一个机制来感知当前情景,并将之交付给应用.从而文中分析了以下不同的感知.

• 位置感知

空间位置是一个重要的情景,其随着用户的移动而变化,对应用就会产生影响.其中也分成两类,室外和室内位置感知.

室外一室外情况下,最常用情景感知技术是全球定位系统(GPS).此外,移动通信运行商的基站也常用来为移动通信设备定位,即所谓 Cell Id 定位.

室内一室内由于 GPS 信号不覆盖或不能正常工作,可以研制自己的位置跟踪系统,如基于红外信号 (IR),RFID,WiFi,Bluetooth,或基于室内 GPS 信号发生器.

• 感知其他的初级情景

比如说,时间(time);邻近对象(nearby objects)——我们会关心附近最近的餐馆,最近的地铁站等等;网络带宽(network bandwidth)——视频这类应用对网络带宽十分敏感,因此很多场合需要这类情景信息;方位(Orientation)——方位也很重要,我们会经常先了解哪个方向发出的声音,地震波来自哪个方位等;还有一些其他场景如光强度和气味等.

• 感知高级情景

除了上述原始情景信息外,还有高级的情景信息,如用户的“当前活动”.更大的挑战是感知社会情景,包括交通拥挤程度、周围人群的特征以及所在地的风土习俗等.

• 感知情景变化

除了希望获取情景快照外,情景从一个状态到另一个状态,也即从一个快照到另一个快照之间的变化也是需要关心的.

值得注意的是,健壮性和可靠性是情景获取的重要要求.

3.2 情景处理与识别

3.2.1 情景说明与表述

DEY^[11]认为:需要说明应用需要哪些情景,这就是情景说明(Context specification).

从设计过程看,可以分为 2 步:说明应用需要哪些情景? 决定获取情景时需要采取什么

动作? 需要考虑的是,什么是说明机制和什么是说明语言? 它们必须能说明以下情况。

- 我们关注的是单种情景还是多种情景. 例如,仅是用户的空间位置则是单种情景. 不仅包含用户空间位置,还包含下次约会前的空闲时间则是多种情景.
- 若是多种情景,则要区分它们是关联的情景还是非关联的情景. 关联情景指的是和某个实体关联的情景. 例如用户的所在位置与空闲时间是关联情景;用户的位置与当前股市指数是非关联的.
- 过滤过的情景还是未过滤的情景. 例如,未过滤的用户位置请求给出的是用户当前经纬度,而过滤后的则给出位置的变化,如果位置没变则不必再告知了.
- 解释过的情景还是未解释的情景,前者的例子是直接告知用户的经纬度,后者的例子是告知用户的所在街区.

3.2.2 表示与转换

关于情景处理与识别首先涉及情景表示和转换问题. 根据采取的模型的不同,情景的表示也各不相同. 值得注意的是,为了表示情景往往需要将情景数据作恰当的转换,转换成与模型相符的形态. 简单的例子如摄氏温度和华氏温度的转换,高级的如对同一场景实施不同视角的诠释. 可以设计一些转换器来实现其功能.

文献[26]谈及使用一个四元组来描述和实体对应的数据对象(entity name, feature, value, time),每个实体用标识符唯一命名. 从而使用特征、值和时间来表述情景.

一个特征则可以取一类量,如标量、向量、符号、整数、实数、字符、串、结构或记录等;一个值可以是一个实体,如“小亮在家”描述的是一个用户情景,作为一个人,小亮是一个实体;特征是一个位置,位置值是小亮家.

3.2.3 过滤与筛选

维基百科(http://en.wikipedia.org/wiki/Context_filtering)认为情景过滤(Context filtering)是一个电子邮件反垃圾信息的一个方法. 通过电子邮件发件人的IP地址,邮件地址是否在黑名单上等可以确定是否是垃圾信息. 不过我们这里讲的情景的过滤和筛选含义要深刻和宽泛得多.

我们可能会得到很多情景信息,但是有些是对目前有用的,有些是不起作用的;通过情景过滤和筛选可以把不影响目前的情景信息过滤掉,把会影响目前应用的情景信息筛选出来. 例如,对于位置信息来说,如果连续采样的位置数据是一样的,或者所起变化不足以影响应用,则这类情景信息只要记录一个就可以了.

3.2.4 识别与应用

情景的意义识别与如何应用是要关心的又一个方面. 情景的意义识别表示,获得的情景信息究竟是什么意思(即其语义是什么)? 这就是情景识别问题. 原因是,我们获取的是情景数据,而重要的是,系统应当理解这些数据的含义是什么. 例如,测量出来的温度是20℃,那么这个温度是高了,低了,还是恰当? 通过识别可以获取情景数据的语义,确定这个温度是超过阈值、低于阈值或者在正常范围之内,从而指导系统作出相应反应.

谈到情景的应用,我们先讨论信息感知如何操作. 我们借用文献[26]的一张图(见图10).

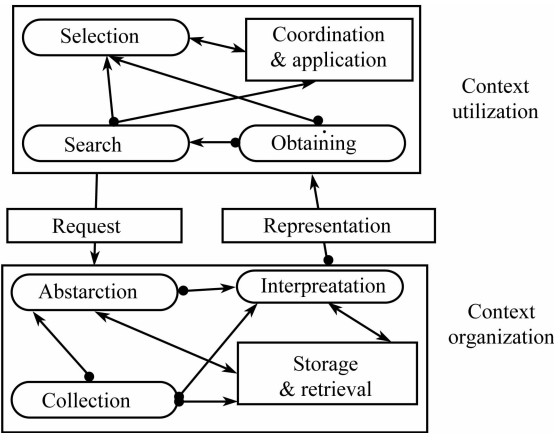


图 10 情景感知操作
Fig. 10 Context aware processing

图中,下部称为情景组织(context organization),上部称为情景应用(context utilization). 情景组织关心的是如何能得到全部的情景信息表示. 相关的操作包括情景的收集、抽象、解释、存储和检索等.

(1) 情景收集的目的是获取原始数据,作为情景特征的值. 有 3 种主要的收集不同情景信息的方法.

- 通过传感器获取环境情景与用户的物理信息;
- 使用软件代理收集计算机情景特征;
- 使用用户概述信息获取其它相关个人信息.

(2) 情景抽象(context abstraction)的目的是获取关于外部交互特征的情景信息. 可从 2 个方面来认识情景抽象.

- 清洗收集来的原始数据,或者实施计算,如采样、取均值、统计和校准.
- 不同情境特征的融合与聚合,以找到它们间的关联.

(3) 情景解释(context interpretation)则对上面处理过的情景解释,以获取隐藏在相关情景特征后面的语义. 这些情景包括用户计划和未来活动预测. 解释也是一种高级抽象,帮助理解活动或揭示目的. 本质上,这需要将情景组织和表示成知识. 为了获取这样的高级情景,可能需要训练和学习.

(4) 情景存储和检索(context storage and retrieval). 原始情景数据以及抽象后的或解释过的情景信息可以存放到同一个地方,以便以后检索用. 可以用不同的结构来存放情景数据,如表、对象、树和图. 可以用集中式也可以用分布式的结构来存放情景.

图 10 的上部是情景使用. 情景使用关心的是如何获取相关的情景信息,用于情景感知应用. 情景使用的操作包括情景获取、搜索、选择、协调和应用.

情景获取的目标是通过情景组织获取原始情景,有三种获取方法:

- (1) 显式查询,即在应用希望启动某些行为时请求情景;
- (2) 轮流检测,即周期性地取情景和更新应用行为;
- (3) 事件驱动,即预约某些特殊情景时间,然后在发生时给出通知.

情景搜索(context search)的目的是搜索那些无法通过情景获取操作得到的相关情景

信息. 这是一个如下所述的迭代过程.

- 对于每一个实体,所有特征的索引是实体名或标识;
- 一个实体特征的值可以作为索引,如果该值标识另一个实体.

例如,如果一个应用需要关于与自己在同一区域的朋友的信息,首先可以借助于用户名获取该用户的位置和其朋友的清单. 然后使用特征“friend list”里的每一个值作为索引,实施情景搜索操作获取每个朋友的位置信息.

情景选择(context selection),目的是只选和应用相关的情景信息. 可以设置一个过滤器,用匹配条件来选择需要的情景,检测输入的情景. 以上面找出离自己最近的朋友为例,可以用一个过滤条件“within a range of 100 m”,情景选择就按此选出离自己最近的朋友.

情景协调和应用. 协调的目的是为了情景应用协调所有的操作处理. 情景应用就是应用情景,包括

- 主动情景感知,即应用改变行为自动适应发现的情景;
- 被动情景感知,即应用向感兴趣的用戶呈现新的或更新后的情景,或者保存这些情景以便让用户以后检索.

3.3 基础理论研究

关于情景感知计算的理论研究也不甘寂寞. 人工智能的前驱 McCarthy 曾讨论情景概念及基于情景的推理;用一个语句:ist(c, p)来表示,说明一个事实,即在情景(c)时,命题(p)为真. 这里,他强调的是如何进行推理.

McCarthy 是从解题角度讲情景,以便能关联查询和知识库,找出最符合态势的解来. 他的学生 GUHA 在他的博士论文中详细阐述和发展了相关思想^[27].

PANAYIOTOU^[28]分析了 McCarthy 的思想,还分析了 ATTARDI 关于情景的记法:in(s, vp). 这里,vp 即 viewpoint,它是一个关于陈述 statement 的集合,这个记法表示陈述 s 继承自 vp. PANAYIOTOU 及其同事还研究了本地模型与情景间的相容性、多代理理论的信任情景和心理表示的情景框架等.

4 情景建模和系统框架

4.1 情景建模

这里我们聚焦在情景建模上,因为情景建模是一项关键技术. 所谓情景建模指的是:如何以一种机器可处理的形式定义和存储情景数据. 可以将情景建模方法分为如下几种:关键值偶模型(key-value pair models);模式标识模型(markup scheme models);图形模型(graphical models);面向对象模型(object oriented models);逻辑模型(logic based models)和本体模型(ontology based models)等.

4.1.1 关键值模型

使用关键值偶对来描述情景是用一种最简单的数据结构描述情景信息. 关键值偶对易于管理,但无法满足有效情景检索算法所需的复杂结构需要.

4.1.2 模式标识模型

和各种标识语言(如 SGML, HTML 和 XML 等)描述事物一样,模式标识模型就是采用相似的方式用标签(tag)分层标示对象. 这种表示方式也称为 profiles. W3C 定义了 Composite Capabilities/Preferences Profile (CC/PP),还有 User Agent Profile (UAProf) 标准,

它们都用 XML 来表述,可扩展后用于情景建模. Held 等人的 Comprehensive Structured Context Profiles (CSCP) 就是应用的例子^[29].

4.1.3 图形模型

一个典型的图形建模语言是 Unified Modeling Language (UML). 由于 UML 具有很好的普适性,所以也用来为情景建模. 此外还有对象-角色建模方法(Object-Role Modeling (ORM) approach). 又有人使用扩展的 ER 模型来为情景建模.

4.1.4 面向对象模型

面向对象技术用于情景建模也是很有意义的. 有些研究项目,如 TEA^[30],使用了面向对象模型,即使用了一个称为 Cue 的概念. 一个 Cue 可以看作是一个函数,其输入值取一个物理或逻辑传感器的某个时刻的值,提供一个符号化的输出. 英国 Lancaster 大学的研究项目 GUIDE^[31]里提出了一个 Active Object Model.

4.1.5 逻辑模型

基于逻辑情景建模可以追溯到 1993 年 McCarthy 和其研究组的工作. 那时,他们就开始研究了形式情景(formalizing context). McCarthy 把情景看作是抽象的数学实体.

4.1.6 本体模型

使用本体建模是目前很流行的一种方法. 本体可以很好地描述情景^[32].

ASC (Aspect-Scale-Context information model) 是一种本体模型^[33],利用本体用一种一致的方式描述核心概念,使得情景知识在普适计算环境里共享与重用. 为此使用了本体推理器(ontology reasoners). 这个模型使用了一种语言 Context Ontology Language (CoOL),构建在 web service 架构上.

CHEN 和 KOTZ^[7]讨论如何将情景信息建模,还讨论了位置建模问题.

一个好的模型必须处理对象移动和便于位置相关查询,能够指定一个对象返回其空间位置,或者指定一个空间位置返回在这个位置上的所有对象. 值得注意的是,虽然地理信息系统(GIS)能够存储和处理地理和拓扑数据,但基本上都是静态地图数据库,无法处理实时的对象跟踪. 有两种典型的位置模型:基于符号的模型(用抽象符号表示位置)与基于几何的模型(用坐标表示位置). 出于可伸缩性和抽象性考虑,位置常组织成层次结构. 例如, Nelson 和 Ward 使用 R-tree index 和 Quad-tree index.

4.2 框架与体系结构

这一节讨论情景感知计算的框架与体系结构问题.

COSTA 和 BOTELHO^[34]定义了一个通用的体系结构(见图 11). 其中椭圆里是情景存储管理成分,包括知识库(repository)、传感黄页服务器(sensor yellow page server)、相关小工具(sensor widget)和接口;椭圆外是传感、应用与服务.

椭圆的边缘是接口;椭圆右部表示情景感知部分(硬件或软件传感器),传感小工具负责情景过滤、选择和转换等. 椭圆左面表示情景感知应用/服务以及服务平台. 一系列的接口分别连接相关应用/服务与存储管理成分里的元素,如情景查询接口为应用/服务向传感黄页服务器查询情景提供接口. 值得注意的是,查询来的情景往往要通过解释器解释后才能为应用和服务所用.

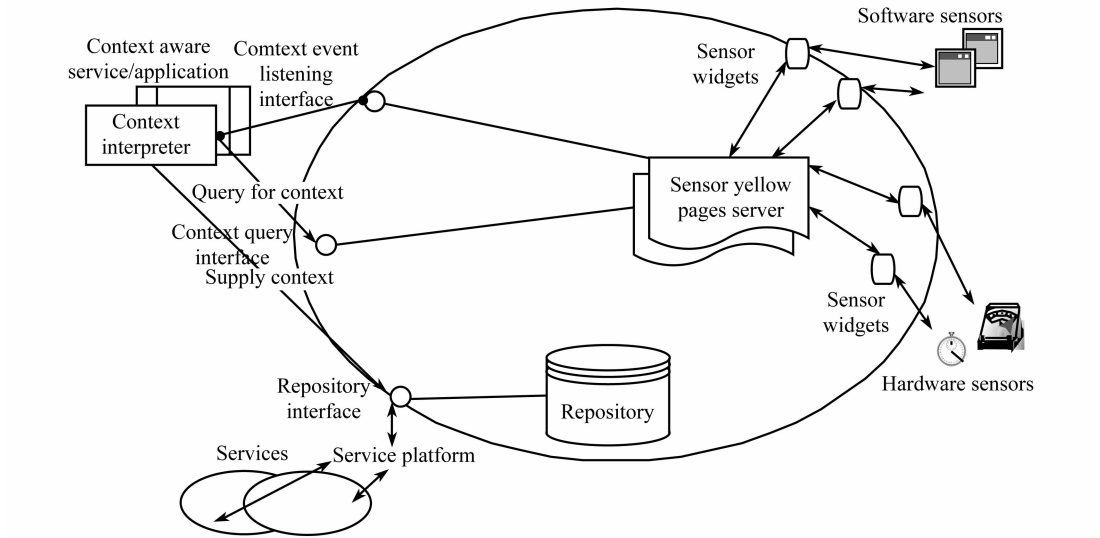


图 11 一个通用框架
Fig. 11 A general frame

这个体系结构可分为 2 级:应用级(application level),其核心记为情景解释器(context interpreter),定义应用相关的模块,这些模块由应用子系统来实现;全称级(generic level)通过传感器获取情景信息并以统一的方式加以表示.

(1) 全称级

全称级具有若干接口,负责情景查询、情景采集、时间监听、情景存储和传感器通信.应用级有一组应用指定成分,负责解释、组合与推理情景.

知识库(repository)接口提供由应用提供的接收和存储情景的工具.收集到的信息存放在知识库,以备以后搜索用.应用需要的话,传感器的历史数据也可存储起来.

情景查询接口提供对应用提出的查询的解释,然后按要求提供情景信息.

情景事件倾听接口倾听情景,在情景变化时警告注册应用.这个功能响应于按照已由传感器定义的可用事件监听器,说明应用请求,它们与事件监听器的关联,管理应用预约.

传感器小工具提供了传感器间的通信接口和信息收集器(information gatherers).它们也提供黄页服务中的注册机制.采用小工具方法可以允许各种不同的传感器和子系统交互,使得传感接口能和平台设计相容.

(2) 应用级

在应用层,情景解释器为收集的情景信息建立模型,以便让应用层能理解.情景解释器使用汇聚机制把传感器信息和情景推理机制连接起来,推导新的情景.

这里讲的是一个通用结构,具体系统会根据实际变化.

4.2.1 Contextor 思想

文献[35]定义了 Contextor,一种软件抽象,建立两个可观察体间的关系. Contextor 共享一个公共的 I/O 结构,包括控制通道和元数据,以保证和表达服务质量(QoS). 可以用有向图来描述 Contextor. 该文对 Contextor 作了详细阐述,从异构性、分布性、互操作性和功能可分解性讨论了需求.

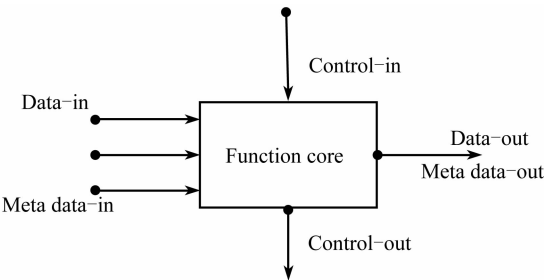


图 12 一个 Contextor
Fig. 12 A contextor

在其定义中,Contextor 之间是相关的,为此可用集合 {contextor, data-in, data-out, control-in, control-out} 来描述一个 Contextor,称为一个词汇元素(vocabulary element). 词汇元素表示了一个顺序关系,形成了数据流.从而呈现出如图 13 所示状态.

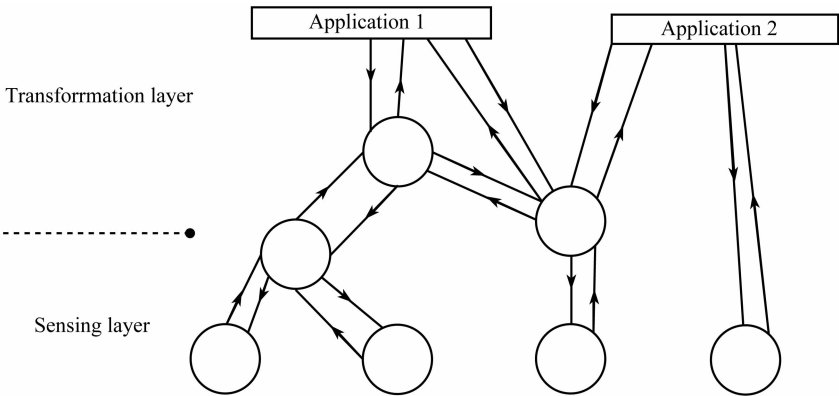


图 13 按照数据流结构互联如何组装 Contextor(示例)

Fig. 13 How to assemble interaction architecture among contextors, an example

Contextors 使用 Java P2P 成分,使用 UDP 组播通信协议,以便让人发现服务.

4. 2. 2 MobiLife 的构建通用框架

Patrik Floréen 等^[36]对总体框架有一个详细描述,如图 14 所示. 其中:

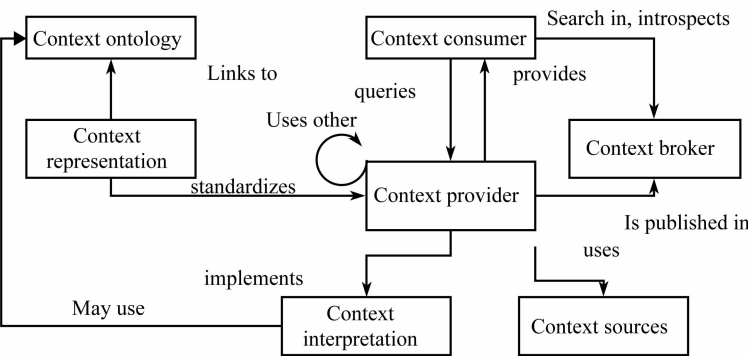


图 14 MobiLife 的情景管理框架

Fig. 14 CMF (Context Management Framework) for MobiLife

情景提供者(Context provider) 是一个软件成分,功能是从内部或外部信息中生成情景信息,供情景消费者使用.

情景源(Context source) 典型的如 GPS 接收器和红外报警器等.

情景用户(Context consumer) 也是软件成分,从情景提供者获得情景信息,使用该信息,可作出相应反应.

情景中介(Context broker) 从网络角度看,情景信息为自身也为他人使用,故要借助网络可编址服务(典型的如 SOA)让网络中其它节点上的 Context Consumer 使用本地的情景信息.

情景表示(Context representation) 为了能互操作,对情景信息的描述需要标准化,需要合适的描述和表示.显然,目前 XML 文档是合适的形态.

情景本体(Context ontology) 为了满足情景的语义表示需求,选用了本体作为形式化的词汇表示.确切说是用了描述逻辑(Description Logics).

情景解释(Context interpretation) 情景解释器帮助语义推断.

4. 2. 3 Dey 的框架

Anind K. DEY^[11] 将框架归纳为:情景说明(context specification),关切与情景处理分离(separation of concerns and context handling),情景解释(context interpretation),透明分布通信(transparent distributed communications),情景获取的恒定可用性(constant availability of context acquisition),情景存储(context storage)和资源发现(resource discovery). 从而给出了图 15 所示的结构.

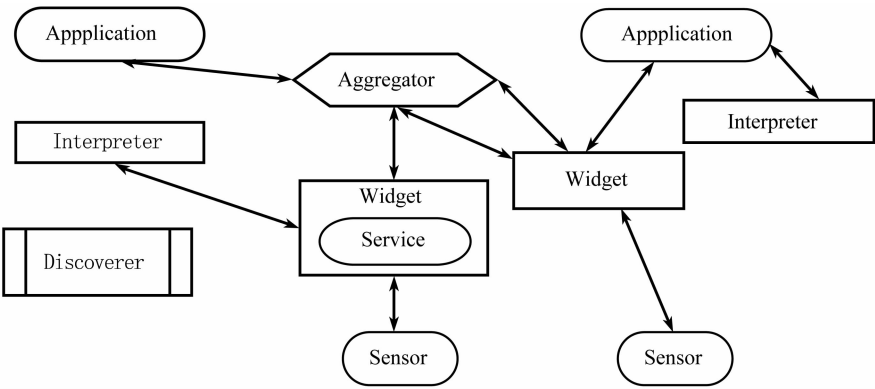


图 15 情景结构
Fig. 15 Context structure

这里,Widget 指的是小工具,用于将情景如何使用和如何区分出来,它们从传感器获取情景,为使用情景的应用提供统一的接口.

自然,学术界还提出了其它形态的系统框架.限于篇幅,这里不再赘述.上述的一些框架建议比较典型,故本文例举了它们.

5 应 用

Jonna Häkkinen 在其博士论文^[37]中提出:“从应用角度看可以将情景感知的应用分为两类:获取情景以便方便信息检索;更常用的是,使用情景以适合设备行为,响应使用需要.此

外,还有一种情况是标注情景,以便以后使用,自动执行动作,为用户提供信息呈现^[21]. 也有学者建议将情景感知应用按自动化程度分为 3 大类:人工、半自动和全自动.”Barkhuus 和 Dey 将情景感知应用分为:主动情景感知,被动情景感知和个性化(personalization)^[38-40].

情景感知常被分类成 Pull 和 Push 两类,前者指的是由用户启动的,后者指的是事件触发与启动的(如传感器到达一个阈值).

下面举两个典型样例,说明情景感知计算的应用. 这里,从另外一种角度分类应用. 具体说,将情景感知计算分成具体的和抽象的两种,一种聚焦于物理情景感知,以 LBS 为例;一种聚焦于更抽象的面向用户行为、社会、组织、语义环境的情景感知应用,以情景感知的信息检索为例. 当然,还有第三种情况,即兼有上述两者的应用.

5.1 LBS

LBS(Location Based Service)是一种典型的第一种应用形态. LBS 指的是一种信息服务,是一种能通过移动网络,使用移动设备,并借助于移动设备的定位功能得到访问信息的服务. 其实,LBS 是多种信息技术的汇聚,是因特网、GIS/空间数据库和新一代信息与通信技术(NICT)的汇集,如图 16 所示.

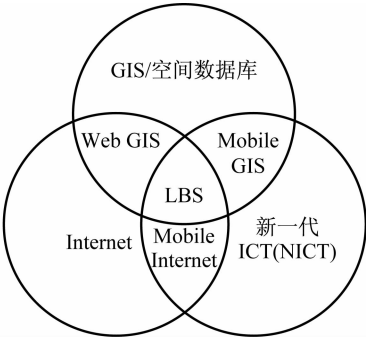


图 16 LBS 汇聚于 Internet,GIS,空间数据库和 NICT
Fig. 16 LBS provided by Internet, GIS and NICT

从历史看,LBI (Location Based Information)不是移动电话的专利. 贴留言条和旅游地的涂鸦都可以看作是 LBI,甚至道路上的交通指示牌和交通诱导系统都属此类. 差别只是后者是单向通信,我们现在是讨论基于双向通信环境,即按需的 LBS.

那么,一个 LBS 系统的组成包括哪些成分呢? 它至少包括如下成分.

- (1) 移动设备 指的是请求所需信息的工具,用户接口可以是文字、语音和图示等. 这类工具有 PDA、手机、手提电脑和导航系统等.
 - (2) 通信网络 这一般指的是移动网,负责在移动终端和服务提供商之间传输用户数据和服务请求,并将请求的信息返回给用户.
 - (3) 定位成分 定位成份负责确定用户的位置,提供相应的处理服务. 用户的位置可以通过移动通信网络,全球定位系统 (GPS)和基于 WLAN 的 AP 等获得.
 - (4) 服务和应用供应商 服务供应商给用户不同的服务. 这类服务如位置计算、寻路、查黄页或查询特定信息(如查停车位、就近的车站和餐馆等).
- 我们用图 17 来描述这些主要成份.

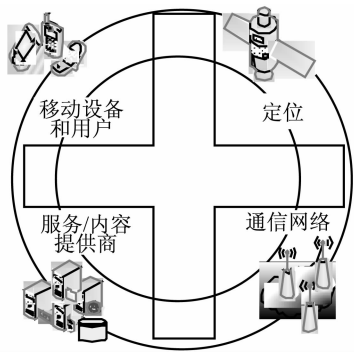


图 17 LBS 主要组成成分：用户、通信网络、定位和 SP/CP

Fig. 17 Components of LBS: users, communication network, cocation system, SP/CD

LBS 感知的情景主要是位置信息,经过处理加工,从而可以提供多方位的服务,如交通管理、贵重资产跟踪、旅游导引、残障人支持、儿童保护和应急响应等.许多的国际组织在制定一系列的国际标准,规范 LBS 的运作.产业界也极其关注,因为其中存在丰厚的产业机会.

5.2 情景感知的信息检索

Web 搜索(Web search)是一个巨大的信息检索系统.搜索引擎是一种在互联网采取一定的策略搜集信息,并对信息进行提取、组织和处理,为用户提供检索服务的搜索工具.

Web 搜索所面对的用户有以下特征:用户的查询通常短且表达不规范;有不同背景 and 不同信息需求的用户;用户行为有不同特点.

1997 年巴西的里约热内卢组织召开了首届国际跨学科的情景建模与使用的国际会议(CONTEXT'97).会议强调跨学科之间的研究.随后,每两年召开一届.

ACM SIGIR 和 European Science Foundation 等组织在 2004 年 7 月主办了第一届针对 Context 在 IR 中的作用的国际会议 IRiX(Information Interaction in Context),会议讨论的关键问题之一就是如何利用情景信息帮助信息检索:

“用户所需信息是依赖于时间、地点、用户任务以及用户与系统的交互历史等其它一些因素的,所有这些因素就构成了用户信息检索的环境,即情景.有效地利用情景,针对不同模态设计不同的情景模型,提高检索性能,从而使得情景感知的信息检索成为可能.”

显然,在 Web 搜索活动中,无论是有信息需求的用户,还是用户所需的信息,都是处于各自的情景环境中.涉及的情景如下.

(1) 信息需求的情景

从用户的角度来看,用户处于下列情景之中.

任务情景:任务是用户为了实现某个目标而进行的活动,任务情景是指任务运行的环境.

用户情景:由于用户的个性、能力、文化程度和习惯等方面的差异,使其信息需求受到个人主观性的影响.

用户情景有助于确定查询关键词的意义,获取用户查询的真实意图.例如,不同的用户对相同的查询关键词的查询目标不一定相同,这是要借助用户兴趣来确定重要网页.

用户情景可以用来进行查询扩展.当模型和用户的查询关键词密切相关时,模型中的关键词可以加到查询中形成更详尽的查询.

用户情景可以用来过滤初始查询结果.当搜索引擎返回查询结果后,这些结果是基于查

询关键词,而不是基于用户兴趣模型,所以将这些结果与用户兴趣模型比较,过滤掉不感兴趣的网页,得到的结果将更精确.

查询情景:用户提交查询,信息检索系统进行第一次检索并返回结果,用户进行一系列活动并向系统反馈信息,系统从中提取一些关键的信息,比如术语情景等,然后系统再构造查询,进行更精确的第二次检索并返回最终的结果.

(2) 需求信息的情景

信息也处于它的情景之中. Web 是资源和超链的集合,是整体无序与局部有序的统一.从微观上看,Web 是根据“主题”聚集在一起的许多“小”的社区构成. Web 社区可以松散地被定义为基于某个特定主题的和相互链接的 Web 页面集,且社区内页面的链接密度大.

值得考虑的还有:作者情景、链接情景、链接结构情景和访问路径情景等.

信息检索中,用户往往期望能够获得“动态的”查询结果,即信息检索系统的输出能够根据具体的应用背景和应用环境能动地、自适应地返回用户真正意义上所需要的结果. 信息检索模型必须充分考虑用户信息需求的情景,即准确地向系统表达信息的需求.

现在,情景感知的信息检索与信息抽取已经成为信息领域一个具有挑战性的新课题.

6 结 语

本文给出了情景感知计算的概述,讨论了相关概念、研究与应用. 有兴趣的读者可进一步查阅所附参考文献.

国际上的研究可以说在上述领域都有所涉及,而且是从不同角度讨论情景感知问题,有从人工智能角度出发的,也有从人机接口(HCI)发展过来的,还有不少是从普适计算、移动计算演变而来,有些学位论文很好地分别涉及了研究动态^[2,11,37,41-43]. 欧盟这几年来在其第六框架(FP6)和第七框架(FP7)的 IST 科技计划里资助了不少相关项目,在最近一本白皮书^[44]里有较详尽的介绍.

国内的研究情况也值得一提. 近年来,国内的研究主要聚焦在情景获取(感知)方面,前面讨论的其它方面涉及尚少,有些方面尚未涉及. 情景智能感知是近年来国内很活跃的研究领域,智能感知技术是国家和上海市中长期发展规划中的研究内容,也是国家 973 和 863 项目极为关注的课题. 上海市科委 2007 年曾立项一个软课题(智能感知技术的发展机遇与策略)对此作了较详细的分析.

本文最后给出的两个应用样例是作者正在研究的课题.

近年来,信息技术在飞速发展,传统的一些研究重点也在演变. 例如,嵌入式系统在演变成普适计算,计算机网络在往协同计算演变,面向对象技术则在智能化程度上加速发展,多媒体技术迅速向虚拟现实和沉浸化上发展. 我们认为,这些都是在往情景感知计算方向发展. 因此,可以说,情景感知计算将是有着广阔前景的研究与应用领域.

[参 考 文 献]

- [1] SCHILIT B N, ADAMS N, WANT R. Context-aware computing applications[C/OL]//IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications. [1994-12-10]. <http://www.ubiq.com/want/papers/parctab-wmc-dec94.pdf>.
- [2] SCHILIT W N. A system architecture for context-aware mobile computing[D]. New York: Columbia University, 1995.

- [3] BROWN P J, BOVEY J D, CHEN X. Context-aware applications: From the laboratory to the marketplace[J]. *IEEE Personal Communications*, 1997, 4(5): 58-64.
- [4] RYAN N, PASCOE J, MORSE D. Enhanced reality fieldwork: the context aware archaeological assistant[R]//VAN LEUSEN V, GAFFNEY M, EXXON S. *Computer Applications in Archaeology 1997*. Oxford: British Archaeological Reports, 1998.
- [5] CHRISTIANSEN N. Is there any body out there: context awareness in a virtual organization[C]//CHI2000 conference, Amsterdam:[s. n.], 2000.
- [6] SNOWDON D, GRASSO A. Providing context awareness via a large screen display[EB/OL]. [2008-10-01]. <http://smartech.gatech.edu/bitstream/1853/3464/22/00-18w.pdf>.
- [7] CHEN G L, KOTZ D. A survey of context-aware mobile computing research[R]//Dartmouth Computer Science Technical Report TR2000-381. [s. l.]: [s. n.], 2000.
- [8] RAKOTONIRAIN Y A, LOKEY S W, FITZPATRICK G. Context-awareness for the mobile environment[EB/OL]. [2008-10-02]. http://www.teco.edu/~albrecht/publication/huc99/advanced_interaction_context.pdf.
- [9] SCHMIDT A, BEIGL M, GELLERSEN H-W. There is more to context than location[C]//Proceedings of Workshop on Interactive Applications of Mobile Computing (IMC'98). [s. l.]:[s. n.], 1998.
- [10] SCHMIDT A, AIDO K A, TAKALUOMA A. Advanced interaction in context[EB/OL]. [2008-10-02]. http://www.teco.edu/~albrecht/publication/huc99/advanced_interaction_context.pdf.
- [11] DEY A K. Providing architectural support for building context-aware applications[D]. Atlanta: Georgia Institute of Technology, 2000.
- [12] ANAGNOSTOPOULOS C, TSOUNIS A, HADJIEFTHYMIADES S. Context awareness in mobile computing environments: a survey[J]. *Wireless Personal Communications*, 2007, 42(3):445-464.
- [13] SCHILIT B, THEIMER M. Disseminating active map information to mobile hosts[J]. *IEEE Network*, 1994, 8(5): 22-32.
- [14] WANT R, HOPPER A, FALCÃO V, et al. The active badge location system[J]. *ACM Transactions on Information Systems*, 1992,10(1):91-102.
- [15] VAN LAERHOVEN K, GELLERSEN H-W. Multi sensor context awareness[EB/OL]. [2008-10-02]. http://ubimon.doc.ic.ac.uk/bsn/public/Kristof_van_Laerhoven_-abstract.pdf.
- [16] GIAFFREDA R, KARMOUCH A, JONSSON A, et al. Context-aware Communication in Ambient Networks. *Wireless World Research Forum*[M]. LNCS, Berlin/Heidelberg: Springer 3479, 2005: 2-15.
- [17] KIM S W, PARK S H, LEE J B, et al. Sensible appliance: applying context-awareness to appliance design[J]. *Personal and Ubiquitous Computing*, 2004,8(3-4):184-191.
- [18] MORSE D R, ARMSTRONG S, DEY A. The what, who, where, when, and how of context-awareness [C]//CHI 2000 Workshop 11. New York: ACM, 2000.
- [19] BARRETT K, POWER R. State of the Art: context management, M-Zones deliverable 1[EB/OL]. [2008-10-02]. http://www.m-zones.org/deliverables/d1_1/papers/4-01-context.pdf.
- [20] MORAN T P, DOURISH P. Introduction to this special issue on context-aware computing[J]. *Human-Computer Interaction*, 2001, 16(2): 87-95.
- [21] BURRELL J, GAY G K, KUBO K, et al. Context-aware computing: a test case[EB/OL]. [2008-10-02]. http://people.ischool.berkeley.edu/~jenna/ContextAware_Burrell.pdf.
- [22] RAZZAQUE M A, DOBSON S, NIXON P. Categorization and modelling of quality in context information[EB/OL]. [2008-10-02]. <http://www.csi.ucd.ie/UserFiles/publications/1124274826156.pdf>.
- [23] VAN LEUSEN M, RYAN N. Educating the Digital Fieldwork Assistant[M]//BURENHULT G, ARVIDSSON J. *Archaeological Informatics: Pushing the Envelope-CAA2001 Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (BAR S1016)*. Oxford: Archaeopress, 2002.
- [24] BALDAUF M. A survey on context-aware systems[J]. *Int J Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, 2007, 2(4): 263-277.
- [25] GWIZDKA J. What's in the context? [C]//CHI 2000 Workshop 11. The what, who, where, when, why and how of context-awareness. New York: ACM, 2000.

- [26] SUN J Z, SAUVOLA J. Towards a conceptual model for context-aware adaptive services, parallel and distributed computing, applications and technologies, 2003. PDCAT[C]//Proceedings of the Fourth International Conference, 27-29 Aug. [s. l.]:[s. n.], 2003.
- [27] GUHA R V. Contexts; A formalization and some applications[EB/OL]. [2008-10-02]. <http://www-formal.stanford.edu/guha/guha-thesis.ps>.
- [28] PANAYIOTOU C. Context awareness[C]//CHI 2000 Workshop 11. The what, who, where, when, why and how of context-awareness. Now York: ACM, 2000.
- [29] HELD A, BUCHHOLZ S, SCHILL A. Modeling of context information for pervasive computing applications [C]//In Proceedings of SCI 2002/ISAS 2002. [s. l.]:[s. n.], 2002.
- [30] GELLERSEN H-W, SCHMIDT A, BEIGL M. Multi-sensor context-awareness in mobile devices and smart artefacts[EB/OL]. [2008-10-02]. http://www.smart-its.org/publication/sensors-in-mobile-devices_monet.pdf.
- [31] CHEVERST K, DAVIES N, MITCHEL L, et al. Developing a context-aware electronic tourist guide: Some issues and experiences[C]//Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, [s. l.]:[s. n.], 2000.
- [32] RIOS D, DOCKHOM P, GUIZZARD I, et al. Using ontologies for modeling context-aware services platforms [EB/OL]. [2008-10-02]. <http://eprints.eemcs.utwente.nl/7488/01/Rios.pdf>.
- [33] STRANG T, LINNHOF POPIEN C. A context modeling survey[EB/OL]. [2008-10-02]. <http://media.cs.tsinghua.edu.cn/~qinwj/readings/paper/strang-acmm04.pdf>.
- [34] COSTA P, BOTELHO L. Generic context acquisition and management framework[EB/OL]. [2008-10-02]. <http://iscte.pt/~luis/papers/ContextSystem.pdf>.
- [35] REY G, COUTAZ J. The context infrastructure for context-aware computing[EB/OL]. [2008-10-02]. <https://www.cs.tcd.ie/COA-CAC-04/submissions/reyn.pdf>.
- [36] FLORÉEN P, PRZYBILSKI M, NURMI P, et al. Towards a context management framework for mobilLife[EB/OL]. [2008-10-02]. <http://www.eurasip.org/Proceedings/Ext/IST05/papers/285.pdf>.
- [37] HÄKKILÄ J. Usability with context-aware mobile applications-case studies and design guidelines[D]. Oulu, Finland: University of Oulu, 2006.
- [38] BARKHUUS L, DOURISH P. Everyday Encounters with Context-Aware Computing in a Campus Environment; Lecture Notes in Computer Science 3205[M]. Berlin: Springer, 2004.
- [39] DEY A K, ABOWD G D. Towards a better understanding of context and context-awareness[EB/OL]. [2008-10-2]. <ftp://ftp.cc.gatech.edu/pub/gvu/tr/1999/99-22.pdf>.
- [40] DEY A K. Understanding and using context[J]. Personal and Ubiquitous Computing, 2001, 5(1): 4-7.
- [41] COSTA P D. Towards a services platform for context-aware applications[D]. Enschede: University of Twente, 2003.
- [42] LANGHEINRICH M. A domain-independent architecture for efficient information retrieval on the world wide web [D]. Germany: University of Bielefeld, 1997.
- [43] BIEGEL G. A programming model for mobile, context-aware applications[D]. Germany: University of Dublin, 2004.
- [44] MULLINS R. Mobile service platforms cluster[R]//White Paper: Context and Knowledge Management. [s. l.]: DG Information Society & Media, 2008.