

文章编号:1000-582x(2000)04-0142-08

·研究综述·

142-148, 153

可穿戴式计算机的发展与趋势(II)

陈东义

(重庆大学自动化学院,重庆 400044)

摘要: 可穿戴式计算机(WearComp)是一种新概念的个人移动计算系统,除了具有特殊的硬件结构之外,它还对软件系统、人机交互方式、能源及通讯方式等提出了特殊要求。WearComp的超微型、超轻型,以及其他特征,使其具有独特而广泛的用途和巨大的应用潜力。笔者就上述各方面进行了较全面的介绍,指出了相关的研究内容与发展方向,并探讨了WearComp的用途和应用前景,旨在引起国内同行对WearComp的关注,对促进我国WearComp的研究与开发起到抛砖引玉的作用。

关键词: 可穿戴式计算机; 可穿戴式计算; 移动计算; 人-机交互; 电子人

中图分类号: TP 368.33

文献标识码: A

TP338

WearComp给计算机赋予了新的功能及不可替代的新用途,为计算机科学与技术带来了新的概念、原理、方法和技术,对计算机的研究与应用提出了新的课题和挑战。可以说,许多新颖的概念、理论和技术只有当计算机穿在身上才能产生和实现。WearComp的超微型化、轻型化和可穿戴性决定了它是一个资源非常受限的平台,所以需要研究特殊软件支撑技术。WearComp具备Hands free(腾出双手)和Constancy(持续性)等特征,这需要新的人机交互方式支持。由于可穿戴的超微型和持续使用的特点,能源问题变得很突出。WearComp的广泛的用途和巨大应用潜力,它将在工业、军事、情报、新闻、医疗、商业、农业、抢险与救灾…乃至日常生活等领域有着非常重要而特殊的用途。WearComp作为新一代的计算机系统及数字化电子产品将会带来巨大的经济效益^[1-4]。

1 可穿戴式计算机软件技术^[5,6]

可穿戴式计算机软件对资源占用及复杂性提出了更高的要求。笔者希望WearComp通过软件技术来突破物理限制或降低对硬件的要求。在某些应用中,

WearComp软件的实时性是很重要的。

可穿戴式计算机的软件方案基本上和其硬件方案相对应,主要有:

1) 桌面操作平台:利用Windows、Dos、Unix等操作平台,优点是可利用现成的应用软件和开发工具,从而减少开发时间、费用和难度。但目前专家们普遍认为Linux是较适合WearComp的系统。

2) 专用操作平台:开发专用操作平台无疑是很适合可穿戴式计算机的,但缺乏现成的应用软件和开发工具,增加了开发难度。Windows-CE这种适合于掌上机的操作系统是可以借鉴和采用的,但它的功能有限。目前不少人尝试采用Linux开发WearComp专用操作系统。

3) 基于Web的操作平台:这种平台可充分利用Web服务器的资源与支撑,可支持“功能动态重组”概念,根据实际需求高效地进行软件系统的动态调整与重组,以最大限度地减低对穿戴机本身硬软资源的要求。这种方案需要高速宽带网络的支持,并应充分利用智能Agent概念与技术,根据网络飞速发展的趋势,这将不成问题。因此,这是很有发展潜力的一种方案,

· 收稿日期:2000-01-19

基金项目:教育部留学回国人员科研启动资金资助;高等学校骨干教师资助计划资助

作者简介:陈东义(1956-),男,山东济南人,重庆大学副教授,博士,1997-1999在加拿大多伦多大学ECE进行博士后研究,主要研究方向:可穿戴式计算、计算机网络、小波分析及图象处理。

有很多问题值得研究。

美国 University of Oregon 的计算机及信息科学系 Fickas, Kortuem 等人提出的一种可穿戴式计算机软件体系就体现了上述思想,初步实现了支持“Functionality On-Demand”(基于需求的功能性)概念的操作系统——WearOs。该系统根据需求动态地利用 Web 和专用服务器资源,在服务器上建有软件功能模块库,供随时调用。为支持“Functionality On-Demand”,又提出利用了“Middleware”(中间层)和“Software Agent”(软件代理)的方法。Middleware 是支持动态重组的软件工具集合,Software Agent 在需要时由 WearComp 派出查询网络,然后带回可用程序的信息。

2 先进的交互方式

可穿戴式计算机为建立新的人-机关系提供了可能,它追求以人为本,要使计算机适应人而不是让人去适应计算机。桌面电脑的交互方式,如 WIMP(Windows, Icon, Menu, Pointers),已不能很好地适应 WearComp 的需求。我们需要 WearComp 更智能化地、一致地(consistently)和连续地辅助穿戴者。WearComp 采用多媒体、多通道交互技术可感觉到穿戴者的状况和环境变化,能理解感情,并能自主地作出适当响应,自动辅助或提醒穿戴者,WearComp 就象一个 Intelligent Agent(智能代理)知道穿戴者的需要并提供服务,因而 WearComp 应是聪明的计算机。因此,先进的交互方式一直是可穿戴式计算机最具挑战性的课题。

下面介绍一些可穿戴式计算机人-机交互方式研究领域的热点问题。

2.1 AR-增强现实^[7-14](Augmented Reality)

AR 是指在真实环境(Real Environment)之上提供“信息性和娱乐性的覆盖(informative and entertaining overlays)”,如将图形、文字、声音及超文本等叠加于真实环境之上,提供附加信息从而实现了提醒、提示、助记、注释及解释辅助功能。AR 是一种虚拟环境和真实环境的结合。AR 有许多不同类型,如 Text-Based AR, Camera-Based AR, Augmented Memory, 以及 MR 等等。可穿戴计算为实现 AR 提供了有效的途径。

MIT Media Lab 的 Thad Starner^[9]指出采用 Wearable Augment Reality,用户可在关注真实世界时,根据需要立即访问虚拟世界,或者相反,用户在注视着虚拟世界的同时也可知晓真实环境。他还提出对穿戴者的知识、行为、目的,甚至情绪建模,预测他或她

的需求,从而可在虚拟环境和真实环境之间形成无缝交互(seamless interaction)。

2.2 AM-增强记忆^[15](Augmented Memory)

AM 是用于增强记忆的系统,AM 的一个典型应用就是 RA-Remembrance Agent[记忆助理]。RA 是一个智能、自适应、可满足用户需求的增强记忆软件。它由两部分组成:用户界面和搜索引擎(search engine)。用户界面连续地注视用户输入和阅读的内容,抓住用户所注意的问题,根据用户上下文(user context)自动分析用户的需求,然后将需求信息发送给搜索引擎,去查找与用户上下文有关的参考资料和记录。RA 与信息检索系统不同,RA 可在无需用户干涉的情况下连续工作,用户也可无视 RA 的建议。

2.3 MR-介入现实^[2,3](Mediated Reality)

这一概念是由多伦多大学的 Mann 提出的。Mediated Reality 是计算机对现实世界(的景象)处理后的产物。Mediated Reality 技术可使我们看到被“调整”和“加工”后的“现实”,即不是完全的“现实”,也不是完全的“虚拟”。MR 使人们可调整对现实世界的感受,以新的方式感受现实世界,使人具备特殊的感受能力。MR 可对现实世界(的景象)进行调整、增强和特写,如对光线、大小、色调、形状及位置的调整,对运动物体的速度的“放慢”,可让你看清高速运动物体的特征。MR 可实现 AR 的部分功能,但实现方式不一样。例如 MR 也可将图形、文字、声音及超文本等叠加真实景象之上,从而实现了提醒、提示、助记、注释及解释等辅助功能。利用 WearComp 的无线通讯功能还可实现多人之间对现实世界的互相调整。

Mediation 能够将人“包住”(Wrapped or Encapsulated),起着“信息滤波器”的作用,阻断用户不需要的信息或修饰(modify)信息,从而调整用户对现实的感受。

Prof. Mann 发明的 WearCam 是一种介入现实器(Reality Mediator),它具有一个基于普通眼镜的特殊 HMD,内置超微型 Video Camera 和 Display。这种 Reality Mediator 的基本原理为:首先将摄入光在分析阶段(light space analysis)量化,然后将量化的图象送入 WearComp(处理阶段-light space processing),并根据需要进行处理(调整或加工现实),也可不进行处理,最后在综合阶段(light space synthesis)重建,一般要求离开综合器的重建光线与现实入射光线是同线的(collinear),除非 WearComp 要对现实进行特殊调整。分析器一般是不透明的(opaque),Prof. Mann 将分析器和综合器整合在一副普通眼镜之中。Reality Medi-

ator 的处理过程如图 1 示。

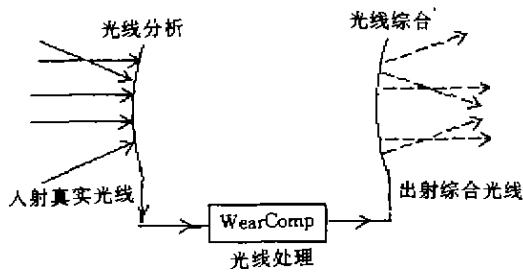


图 1 介入现实器(Reality Mediator)的处理过程

MR 与一般的 AR 的不同之处在于:AR 可以直接

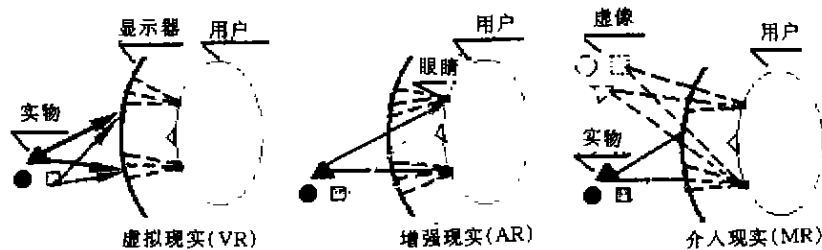


图 2 VR、AR 与 MR

Mann 教授说“*It is a strange symbiosis of body and machine. I'm constantly living in the photographic world by seeing things through the camera lens. My perception is configurable computationally. This is what I mean by mediated reality. After a while, one can adapt to this new way of seeing.*”。

MR 和 AR 的研究尚属起步阶段,有些问题值得深入探讨,如新的 MR 和 AR 实现原理与方法,新的功能与应用,以及 VR、AR 和 MR 三者的结合等。MR 和 AR 的应用潜力很大,应引起高度重视。

2.4 HI(Humanistic Intelligence)

HI 是作为一种新型的智能信号处理框架由 Prof. Mann^[2]提出的。在这个框架中,信号处理设备和人紧密地结合在一起(*inextricably intertwined*),人作为整个智能信号处理系统的组成部分而处于整个系统的反馈回路里,HI 充分利用人体(*body*)和头脑(*mind*)的自然能力,从而使人、机更和谐的工作,而不象 AI 那样,只是模仿人的智能。Mann 已初步将 Humanistic Intelligence 应用于他的个人成像系统(*Personal Image System*),这是一种以 WearComp 为核心,集摄像、成像处理、通讯等诸多功能为一体的个人系统。

HI 的概念是对 AI 的挑战,并提出了新的课题:在

看到现实世界,它通过 HMD 及一套光学系统实现对现实世界的“信息叠加”,而 MR 把用户的视线给“包住(Wrap)”或“屏蔽”,就是说用户不能直接看到现实世界,而只能通过 WearCam 的 HMD 间接看到现实世界(的原影像)或经过调整、加工的现实世界(的影像)。VR、AR 和 MR 三者的区别可用图 2 做简单地说明。

VR 使用户只能感受到由计算机产生的三维仿真图形的光线(虚线),屏蔽了实物的光线(实线)。AR 使用户即能感受到的实物的光线(实线),同时也可看到由计算机产生的“叠加”光线(虚线)。MR 将实物的光线(实线)通过计算机处理后呈现在显示器上,用户感受到的只是经过调整现实图象的光线,图中将实物的位置做了视觉上的调整,由左调到了右。

穿戴式计算机使得人-机之间的和谐(*Synergy*)与共生(*symbiosis*)成为可能之后,将会导致一种新的智能形式,它的物质基础是生物脑和“电脑”的“混合体”,它可更充分地发挥各自的特长,它是对人脑更直接和有效的扩充与增强,是人脑与电脑的协同,而不只是模仿人的智能。这样一种新的智能形式应引起人们的高度重视,有必要进行更深入的探索。

2.5 AC-情感计算(Affective Computing)

AC 是这样一项技术,它通过各种传感器获取由人的情感所引起的表情及生理变化信号,利用“情感模型”对这些信号进行识别,从而理解人的情感并作出适当响应。MIT 的 Picard^[16]在 Affective Computing 领域的工作值得关注,她的专著“*Affective Computing*”由 MIT Press 出版。

2.6 CA-环境感知^[17~21](Contextual Awareness)

WearComp 的用户除了有意识地使用它外,可能大部分时间在做其它的事情,如穿越街道、会谈、修理飞机等等,这时用户将注意力放在他的主要任务上,不能分散精力,不能明确地告诉 WearComp 应该做的每一件事。我们希望在用户未能主动给出明确的命令时,WearComp 可“分散精力”地去感知用户的环境并自动作出响应,行使“agent”的职能。所以环境感知

是真正实现 WearComp 的“constancy”特征的关键。

MIT 的 Thad Starner, Bernt Schiele and Alex Pentland 等人提出了“可穿戴计算的视觉环境感知 (Visual Contextual Awareness in Wearable Computing)”方法并指出“...随着处理能力的增强,可穿戴式计算能够在无用户直接命令的情况下,花更多的时间去‘观察’它的穿戴者和环境,提供偶然发现的信息,管理中断和任务,预测需求”。

MIT Media Laboratory 的 Jennifer Healey 和 Rosalind W. Picard 等人研究了一种基于控制论的可穿戴式摄像系统 (A Cybernetic Wearable Camera), 命名为 StartleCam。它是一个可穿戴式计算机、摄像机及传感器集成系统,可通过与穿戴者相关的“有意识 (conscious)”和“前意识 (preconscious)”事件控制摄像机。

2.7 非键盘输入

语音、手写、数据手套等非键盘输入已被大家所熟悉,另外还有一种非键盘输入是信号语言输入方法,如手势输入,这种方式很适合聋哑人。MIT 的 T. Starner^[23]研究了一种基于 WearComp 美国信号语言识别器。

3 能源

随着电子器件的向超微型化迅速发展,可穿戴式计算机愈趋微型化、轻型化,然而电池所占比重却愈趋增大。例如,CMU 的 VuMan1 的电池占系统总重的 20%,VuMan2 的电池占系统总重的 50%,Navigator1 的电池竟然占系统总重的 70%。由此可见能源成了可穿戴式计算机微型化、轻型化的主要障碍。可穿戴式计算机的“constancy”特性决定了它比 Notepad、Palm 要消耗更多的电能,因此高效能源对可穿戴式计算机显得尤为重要。目前可穿戴式计算机所用电源主要是电池,但在短时间内,电池在体积、重量和容量方面不会有很大的改进。目前对于可穿戴式计算机的能源问题需要从两个方向进行研究。

3.1 寻找新的供能方式

对于穿戴式计算机来讲,除了高效微型电池之外,最有希望的能源应属体能发电了。MIT 的 Thad Starner^[23]对如何利用腿的运动发电进行较深入的研究,对如何利用呼吸、血压、体温及肢体运动的能量进行了探索,对人体每一部分所能提供的能量进行了分析。他指出利用行走发电是最实际的方案,研究结果表明以轻快的步伐走路可产生 5~8 W 电能。他还提出了基于鞋的发电系统,该系统由鞋底前部的嵌入压电材料片、鞋中至鞋跟部位的弹簧片、鞋跟的倒刺齿

(ratchet)、飞轮及微型发电机组成。目前体能发电的存储还是一个难题。

3.2 合理利用能源

合理利用能源对可穿戴式计算机显得尤为重要,主要途径有:

1) 硬件方案:选用节能的处理器及其它器件,尽量减少对硬件配置的要求。

2) 软件方案:建立适应用户操作习惯、合理节能的运行模型,实现用电方式的最佳管理。

4 电子人 (Cyborg)

Cyborg 表示电脑 (cyber) 与生物体 (organism) 糅合在一起的新品种,中文称作电子人。基于 WearComp 的 Cyborg 已经初步实现。这种 Cyborg 中的人-机的结合是通过穿戴形式及各种传感器实现的。WearComp 的深入发展将有力地促进更复杂、更高级形式 Cyborg 的实现。笔者认为,继两种形式的“人造人”——“机器人”与“克隆人”的热门研究之后,Cyborg 将做为第三种形式的“人造人”——“电子人”成为新的研究热点。机器人、克隆人和电子人(或称“人-机人”)在人类发展史上有着同等的地位和重大影响。U of T 的 Mann 指出^[2]“我们正处在人类发展过程下一个阶段的边缘,人、机的有机结合将比其中之一威力更大”。

5 WearComp 的应用

WearComp 在许多领域具有各种特殊用途和重要的地位,它可广泛应用于工业、军事、情报、新闻、医疗、商业、农业、金融与证券、抢险与救灾...乃至日常生活等领域。WearComp 与 Smart 技术、智能化住宅、智能化商业、智能化交通...等结合起来将使人类未来的生活方式发生巨大的变革,从而进入一个高度自动化的时代。

5.1 用于搜集情报^[2,3]

情报人员使用的 WearComp 可具有 GPS 定位、通讯、联网、地图浏览、望远、摄影、摄像、夜视及 AM 等多项功能,还具有隐蔽性。多伦多大学的 Mann 最近已研制出的一种可穿戴式计算机具有很高的隐蔽性,主机是基于背心的,一个普通眼镜里隐藏着远焦和近距宽角两个超微型摄像头和一个超微型显示器,只是一副镜架稍微宽一些,这种可穿戴式计算机已能够实现上述用于搜集情报的主要功能。

5.2 军事用途

就目前而言,WearComp 最有潜力和最重要的应

用领域就是军事领域。WearComp 的主要军事用途有:侦察、作战指挥、通讯、复杂武器系统操作与维护及仿真演习等。根据用途的不同,军用 WearComp 的种类是多样化的,分别有侦察兵、炮兵、装甲兵、步兵、后勤人员及飞行员等专用的 WearComp。在未来的战场上,每个身穿 WearComp 的战士就是一个移动获取、传输及处理信息的网点,用 WearComp 武装的步兵、信息化装甲部队及信息化炮兵部队可共同构成一个高度机动灵活的战地分布式移动信息网络。

美国国防部自 90 年代中期以来开始组织研制军用 WearComp。1994 年 DARPA 开始实施^[24]“Smart Modules Program (聪明模块计划)”,目的是开发和论证一种将传感器、微处理器和通讯系统集成在轻型、低能耗的模块化组件中的新方法,这种模块化组件可增强战士和战斗小组对处境的感知能力(situational awareness)、在战场上有效控制资源的能力,以及记忆与决策的能力,并可提供连接无线分布式数据网络的机制。为实现这个目标,可将这些聪明模块集成在可穿戴计算机系统中,在独立战士这一层次创造“丰富数据战场环境”(data-rich battlefield environments)。充分利用信息的能力可使战士更好地运动、射击、生存与合作。这些聪明模块可扩充 U.S. 军事人员的肌体、智力和感知力。

5.3 医疗与残疾人辅助^[25~28]

1) 监测:WearComp 配上各种微型生物信号传感器,就是一个可穿戴式医疗监测系统,可方便地监测行动病人的心律、血压及呼吸等,还可及时提醒病人并给出指导。Mann 进行了有关实验,它在鞋和内衣里安装了传感器。

2) 医护:医生、护士及病人穿上各自的专用 WearComp 可构成一个动态的诊断与监护信息网络体系。1995 年,俄勒冈大学的开发的 MediWear 就是这样一个系统。美国的 A. P. Pentland 提出了数字医生的概念,并试将 WearComp 应用于远程医疗。

3) 助残:利用 WearComp 的“Mediate Reality”、“Augmented Memory”及其它功能可用于帮助记忆或视觉等受损者。WearComp 可用做残疾人的远程辅助界面(Remote Interface for People with disabilities)。

6 工业应用^[29~34]

工业是目前 WearComp 最有潜力的应用领域之一,主要用途为:

6.1 大型复杂设备的安装与检修

WearComp 穿戴者可在进行安装或检修的过程中

在线查阅有关说明及图纸,可方便地将安装或检修的过程拍摄下来供远程监视、指导和备案,从而保证安装或检修的正确操作。美国波音公司正试图将 WearComp 用于飞机的安装,例如,利用 HMD 可虚拟显示飞机复杂液压系统和电气线路如何分布在整个机身,这对工人正确而有效地进行系统和线路的安装是非常有用的。

AR 和 MR 技术在安装和维护方面有着重要和独特的用途,DARPA 开发的头戴式增强现实系统可用于军用和民用飞机的安装和维护,该系统采用了配有精密光学系统和头跟踪器的高分辨率 HMD,可准确地将设计图纸和工程信息叠加在用户的“工作空间”。

6.2 巡视与检查

WearComp 可应用于机动环境下的巡视与检查,例如可用于飞机起飞前的例行检查,提供检查任务指南,也可应用于桥梁巡视,收集现场的多媒体信息并生成检查报告。美国的 L. J. Najjar, J. C. Thompson 和 J. J. Ockerman 等人正试图将 WearComp 用于食品生产的质量检查。

WearComp 作为一个移动的数据获取、传输及处理系统,在一些特殊的场合的生产指挥、调度中可发挥重要作用。

7 日常生活应用^{[2,3],[35~38]}

在 21 世纪初期,日用 WearComp 将广泛用于日常生活,它可集随身听、手机、摄像机、数码相机、掌上电脑、电子(Video)导游、医疗监测,以及其他一些特殊功能(MR、AR、CA 和 AC)为一体成为新概念个人信息电子产品。日用 WearComp 可给人们的日常生活带来更多方便和乐趣。例如,穿戴者可随时随地浏览 Web,欣赏 Internet TV,他们可互相调整对现实的感受,可互相提醒与帮助。Mann 的 WearCam 就是这类信息电子产品。WearComp 还可作为远程监控界面(Remote Interface)用于监视家里或办公室的情况及控制有关设备。另外值得一提的是,未来还将出现各种式样、各种风格、各种用途的 WearComp 服装与时装。

以上只是简要地列举了 WearComp 的一些主要用途,目前科学家们已经对 WearComp 的更广泛应用进行了研究,如导航助理、车辆检修、复杂机器的操作、宇航服、飞行服、登山服、潜水服……等等。可以肯定,随着对 WearComp 技术研究的深入,各种新用途的 WearComp 产品将不断涌现,WearComp 的应用领域也将不断扩大^[39~41]。

8 结束语

可穿戴式计算机的出现将使人们对计算机的认识产生观念上的变化,新的观念应是“人、机归一,以人为本”。这是一个哲理,也是未来计算机发展的一种潮流。基于这种观念,顺应这个潮流,就可对计算机的发展和應用提出创新的知识和技术。

对穿戴式计算机研究笔者有以下几点不甚完全的认识,仅供参考:

1) WearComp 的“Constancy”属性是反映“人、机归一,以人为本”这一理念的根本特征,真正地实现了“Constancy”,也就基本实现了这一理念。WearComp 的理论、技术和应用研究应围绕如何更好地实现“Constancy”展开。追求“Constancy”会根本上改变人-机关系。WearComp 是“always on(Constancy)”,而笔记本电脑、掌上电脑和 PDA 是“mostly off”。这是两类移动计算装置的根本区别之一。

2) WearComp 是一种 Ubiquitous Computing,这决定了其应用的机动性和广泛性。

3) CA、AR 与 MR 等先进人-机交互方式使人的感知能力得以增强与扩充,这是 WearComp 目前最独特和最有应用潜力的功能之一。“人-机交互方式正处在发生根本变化的边缘,这种变化的催化剂是计算机对用户的感知,对环境的关注和重建,及以视听方式对这些因素做出响应的能力”(作者不详)。

4) 网络是 WearComp 有力支撑,网络扩充了 WearComp 的资源,使其突破物理限制。WearComp 是一个与人结合的移动网点。

5) WearComp 是人脑和感官更直接的扩充,进一步的发展是 Cyborg。

基于以上认识可更好地理解 WearComp 在计算机世界中的地位和贡献,把握 WearComp 的发展方向。

参考文献:

- [1] 陈东义,可穿戴式计算机的发展与趋势(I)[J].重庆大学学报(自然科学版),2000,23(3):119-124.
- [2] MANN S. Humanistic Computing: WearComp as a New Framework and Application for Intelligent Signal [J]. Proceedings of The IEEE, 1998, 86(11):2 123-2 151.
- [3] MANN S. An Historical Account of 'WearComp' and 'WearCam' Inventions Developed for Applications in 'Personal Imaging'[A]. Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers, Los Alamitos[C]. CA, USA: IEEE Computer Society, 1997: 66-73.
- [4] MANN S. Wearable computing: a first step toward personal

- imaging[J]. Computer, 1997,30(2): 25-32.
- [5] BASS L, KASABACH C, MARTIN R, et al The Design of a Wearable Computer[A]. Proceedings of the CHI '97[C]. New York, NY: ACM,1997.139-146.
- [6] FICKAS S, KORTUEM G, SEGALL Z. Software Organization for Dynamic and Adaptable Wearable Systems[A]. Proceedings of the First International Symposium on Wearable Computers[C]. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1997:56-65.
- [7] STARNER T, MANN S, RHODES B, et al. Augmented Reality Through Wearable Computing [J]. Teleoperators and Virtual Environments, 1997,6(4):386-398.
- [8] AZUMA R T. A Survey of Augmented Reality[J]. Teleoperators and Virtual Environments,1997, 6(4):355-386
- [9] FEINER S, MACINTRE B, HAUPT M, et al. Windows on the world: 2D windows for 3D augmented reality. Proc [A]. UIST '93 (ACM Symp. on User Interface Software and Technology) [C]. New York, NY, USA: ACM Press,1993.145-155.
- [10] FEINER S, MACINTYRE B, SELIGMANN D. Knowledge-based augmented reality[J]. Communications of the ACM,1993,36(7):52-62.
- [11] BOWSKILL J, MORPHETT J, DOWNIE J A Taxonomy for Enhanced Reality Systems[A]. Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers [C]. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society,1997.175-176.
- [12] KIM D, RICHARDS S W, CAUDELL T P. An Optical Tracker for Augmented Reality and Wearable Computers [A]. Proceedings of the IEEE 1997 Virtual Reality Annual International Symposium [C]. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press,1997.146-151
- [13] REKIMOTO J. NaviCam: A Magnifying Glass Approach to Augmented Reality[J]. Teleoperators and Virtual Environments,1997,6(4):399-412
- [14] BRADLEY J, Rhodes. A system for augmented memory [A]. Proceedings of The First International Symposium on Wearable Computers (ISWC '97)[C]. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1997.123-128.
- [15] BRADLEY J, RHODES. The Wearable Remembrance Agent: A system for augmented memory[J]. Personal Technologies Journal Special Issue on Wearable Computing . Personal Technologies, 1997,1(4):218-224.
- [16] PICARD R W, HEALEY J. Affective Wearables [A]. Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers[C]. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society,1997.90-97.
- [17] BROWN P J, BOVEY J D, CHEN X Context-Aware Ap-

- lications: from the Laboratory to the Marketplace[J]. IEEE Personal Communications, 1997, 4(5):58-64.
- [18] STARNER T, SCHIELE B, PENTLAND A. Visual Contextual Awareness in Wearable Computing[A]. Proceedings of the 2ND International Symposium on Wearable Computing[C]. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1998. 50-57
- [19] HEALEY J, PICARD R W. StartleCam: A Cybernetic Wearable Camera[A]. Proceedings of the 2ND International Symposium on Wearable Computing[C]. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1998. 42-49.
- [20] ABOWD G D, DEY A K, ORR R, et al. Context-Awareness in Wearable and Ubiquitous Computing[A]. Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers[C]. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1997. 179-180.
- [21] HULL R, NEAVES P, REDFORD-ROBERTS J. Towards Situated Computing[A]. Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers[C]. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1997. 146-155.
- [22] STARNER T, WEAVER J, PENTLAND A. A Wearable Computer Based American Sign Language Recognizer[A]. Proceedings of the First International Symposium on Wearable Computers[C]. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1997. 130-137.
- [23] STARNER T. Human-powered wearable computing[J]. IBM Systems Journal, 1996, 35(3 & 4):618-629.
- [24] URBAN E. Smart Modules Program[EB/OL]. <http://web-ext.darpa.mil/ETO/smartmod>. Apr 9, 1998 /December 18, 1999
- [25] MANN S. Eudaemonic Computing ("underwearables") [A]. Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers[C]. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1997. 177-178
- [26] PENTLAND A P, PETRAZZUOLI M, GEREGA A, et al. The Digital Doctor: An Experiment in Wearable Telemedicine[A]. Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers[C]. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1997. 173-174.
- [27] LIND E J, JAYARAMAN S, PARK S, et al. A Sensate Liner for Personnel Monitoring Applications[A]. Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers[C]. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1997. 98-107.
- [28] ROSS D A, SANFORD J A. The Wearable Computer as a Remote Interface for People with Disabilities[A]. Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers[C]. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1997. 161-162
- [29] SMITH B, BASS L, SIEGEL J. On site maintenance using a wearable computer system[A]. Proceedings of the CHI '95: Human Factors in Computing Systems[C]. New York, NY, USA: ACM Press, 1995. 119-120
- [30] DAUDE R, WECK M. Mobile approach support system for future machine tools[A]. Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers[C]. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1997. 24-30
- [31] THOMPSON C, NAJJAR L, OCKERMAN J. Factory Automation Support Technology (FAST): A new paradigm of continuous learning and support using a wearable[A]. Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers[C]. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1997. 31-38.
- [32] NAJJAR L J, THOMPSON J C, OCKERMAN J J. A Wearable Computer for Quality Assurance Inspectors in a Food Processing Plant[A]. Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers[C]. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1997. 163-164.
- [33] BASS L, SIEWIOREK D, SMAILAGIC A, et al. On Site Wearable Computer System[A]. Proceedings of the CHI '95: Mosaic of Creativity[C]. New York, NY, USA: ACM, 1995. 3-84.
- [34] PARK A, KAZMAN R. Augmented Reality for Mining Teleoperation[A]. Proceedings of the Telemoperator and Telepresence Technologies[C]. Bellingham, WA, USA: SPIE, 1994. 119-129.
- [35] SHARMA R, MOLINEROS J. Computer Vision-Based Augmented Reality for Guiding Manual Assembly[J]. Teleoperators and Virtual Environments[J], 1997, 6(3), 292-317.
- [36] PARADISO J A, HU E. Expressive Footwear for Computer-Augmented Dance Performance[poster][A]. Proceedings of the First International Symposium on Wearable Computers[C]. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1997. 165-166.
- [37] JEBARA T, EYSTER C, WEAVER J, et al. Stochastics: Augmenting the Billiards Experience with Probabilistic Vision and Wearable Computers[A]. In Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers[C]. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1997. 138-145
- [38] OCKERMAN J, NAJJAR L, THOMPSON C. Wearable computers for performance support[A]. Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers[C]. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1997. 10-17.

- microdialysis sampling with capillary electrophoresis [J]. *Anal Chem*, 1994, 66(5): 596-602
- [29] HUANG X, LUCKEY J A, GORDON M J, et al. Conductivity detection in capillary zone electrophoresis [J]. *Anal Chem*, 1989, 61: 766-770.
- [30] FUJIWARA S, HONDA S. Effect of addition of organic solvent on the separation of positional isomers in high-voltage capillary zone electrophoresis [J]. *Anal Chem*, 1987, 59: 2 773-2 776.
- [31] HONDA S, IWASE S, FUJIWARA S. Evaluation of an automatic siphonic sampler for capillary zone electrophoresis [J]. *J Chromatogr*, 1987, 404: 313-320

Injection Techniques and Application in Capillary Electrophoresis

SUN Guan-yun, XIA Zhi-ning, YANG Yu-shu

(College of Environment and Chemistry & Chemical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: A review about the techniques of injection in capillary electrophoresis with 31 references is presented. Advantages and shortage of the techniques which is based on the principles of hydrodynamics and electrokinetics are commented, especially the no-discrimination electrokinetic injection which is expected to have an advance in the capillary electrophoresis in the future.

Key words: capillary electrophoresis; sampling; electroosmosis; micro-area

(责任编辑 张小强)

* * * * *

(上接 148 页)

- [39] SIEGEL J, KRAUT R E, JOHN B E, et al. An Empirical Study of Collaborative Wearable Computer Systems [A]. *Proceedings of the CHI '95: Mosaic of Creativity* [C]. New York, NY, USA: ACM, 1995. 312-313.
- [40] SIEGEL J, KRART R E, MILLER M D, et al. Collaborative Wearable Systems Research and Evaluation *Proceedings of the ACM 1996 Conference on Computer-Supported Cooperative Work* [C]. New York, NY, USA: ACM, 1996. 9-10.
- [41] MATIAS E, MACKENZIE I S, BUXTON W. A Wearable Computer for Use in Microgravity Space and Other Non-Desktop Environments [A]. *Proceedings of the CHI '96 Conference on Human Factors in Computing Systems* [C]. New York, NY, USA: ACM; 69-70.

Evolution and Trend of Wearable Computer (II)

CHEN Dong-yi

(College of Automation, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Wearable Computer (WearComp) is a class of new conceptual personal mobile computing system, it has special requirements for its software system human-machine interaction mode, power, and communication way besides its particular hardware structure. Wearable computer's super-miniature & light, and its other properties make it have unique & wide use, and have huge application prospects. This article is the continuation of [1], widely discusses the above issues, introduce the research contents & development direction of WearComp, and probe into WearComp's use & its prospects in application. The purpose is to arouse Chinese computer researcher's interests in WearComp and to promote the research and development on WearComp in China.

Key words: wearable computer; wearable computing; mobile computing; human-computer interaction; cyborg

(责任编辑 吕赛英)