

泛在智能 AmI 综述

张婕¹ 张晓林 著

(1 清华大学电子工程系 北京 100084)

1、泛在智能的概念

随着网络的普及,虚拟环境、情景感知、嵌入式系统和人机交互技术迅速发展,泛在智能(Ambient Intelligence, AmI)¹初见端倪。泛在智能是1999年由欧洲共同体的ISTAG(Information Society Technology Advisory Group)组织提出²,后来作为欧盟第六框架计划(6th Framework Programme of EU)项目之一开展了为期5年(2002—2006)的研究³。目前许多企业和大学都启动了各种项目,如PHILIPS、THOMSON和INRIA于2001年组建的AIR&D(Ambient Intelligence R&D Consortium)研究协会⁴和比利时微电子研究中心(IMEC)⁵等。

ISTAG将泛在智能定义为一种环境,由嵌入式系统、网络、计算以及界面等部分组成,使得用户能跨越不同的环境(包括家庭、办公场所以及移动过程中),以简单、自然的对话方式处理各种信息,享受各种服务。AIR&D则进一步解释:泛在智能是指一种嵌入了多种感知和计算设备,并能根据情景来识别人的身体姿态、生理状态、手势、语音等,进而判断出人的意图、并做出相应反映的具有适应性的数字环境。它通过智能的、用户定制的内部互连系统和服务制造出理想的氛围,完成理想的功能,提高人们的工作和生活质量。

泛在智能具有普遍性、透明性和智能性。普遍性指,人们周围存在着许许多多内部互连的嵌入式系统,无处不在;透明性指,充斥在人们周围的嵌入式系统是不可见的隐藏在日常生活背景中;智能性指,AmI数字环境展示其智慧的特殊形式,例如能识别房子的主人,能通过人的行为自学习,判断出人的意图并做出合适的反馈或动作。

2、泛在智能的组成部分⁶

泛在智能由3部分核心技术组成。

2.1 泛在计算

1991年Xerox的计算机科学家Mark Weiser首次提出泛在计算(Ubiquitous Computing)概念⁷,提出计算机或终端设备随时随地与网络连接的信息社会形态。

泛在计算有三项特点:计算装置嵌入到人们每天生活中的每个对象与地方;计算装置更具备智能型接口,能更简单与易于使用;透过各项计算装置连接到通讯网络,使人们可在任何地点与时间存取所需信息。

为了实现将计算装置嵌入生活对象,人们充分利用各方面技术的发展,包括纳米技术、生物芯片技术、微系统技术、认知工程技术⁸、嵌入式系统⁹等,尤其是纳米、生物、信息与

¹ ISTAG. Scenarios for Ambient Intelligence in 2010. <http://www.cordis.lu/ist/istag.htm>

² ISTAG. <http://www.cordis.lu/ist/istag.htm>

³ 6th Framework Programme of EU. <http://www.cordis.lu>

⁴ The Ambient Intelligence R&D Consortium. <http://www.air-d.org>

⁵ IMEC <http://www.imec.be/>

⁶ Mahesh S. Raisinghani, et al. Ambient Intelligence: Changing Forms of Human-Computer Interaction and their Social Implications. [Journal of Digital Information](#), 2004.8.24, [Volume 5 Issue 4](#), Article No. 271

⁷ Mark Weiser, "The Computer for the Twenty-First Century," *Scientific American*, pp. 94-10, September 1991

⁸ A Survey of Cognitive Engineering Methods and Uses. http://mentalmodels.mitre.org/cog_eng/index.htm

⁹许居衍. 单硅片嵌入式系统的发展趋势. <http://www.usbing.net/Article/ShowArticle.asp?ArticleID=217>

认知科学的汇聚 (NBIC Convergence)¹⁰, 将可能使计算装置方便地嵌入到人们使用的或环境中的各种物件中, 再通过无线技术与复杂的信息网络和知识计算装置相联。环境中的计算装置将主动提供所需的服务, 而且让这些服务使用起来很简单很直觉化, “技术消失了”, 藏匿和交织在生活中, 直至不可区分。

2.2 泛在通信

泛在通信环境下, 通信装置能够在任何时间、任何地点以任何形式与网络连接, 提供任何服务。人们将实现永远在线 (Always Online), 并依靠下一代互联网对移动性的支持, 为人类提供无处不在的信息与通信服务。

事实上, 随时随地随意存取信息只是泛在通信的一个方面, 智能互联、资源共享、协同服务才是重点。各种有线接入、移动接入、虚拟网络、身域网、个人网、宽带网, 共同营造一个无所不在的通信环境, 将办公、生产、娱乐、交通、环境调控 (照明、保安、监测等)、及水电气热的设备等互联和管理, 使其作为全球连接的信息终端, 主动捕获信息、传输数据、请求交互, 也可以被追踪、被监控、被连接, 参与交互、参与计算, 实现信息、计算和交互的自动追踪与自动传递, 在网络和知识系统支持下提供对各种服务的公共和智能支持。

2.3 智能、友好的用户界面

智能、友好的用户界面也被称为“智能的社会用户界面” (Intelligent social user interfaces, ISUIs)¹¹, 将人机界面从传统的键盘和鼠标发展到更加感性、高效、安全的人机互动技术, 从而让计算机能够了解和感受关于用户、用户所在的环境和相关的物体。

ISUIs 提出, 要构造有理解能力的计算机环境, 需要发展多模式信息识别技术和输入输出机制。新的多模式识别与输入输出可被划分为 5 类: (1) 视觉识别 (如面部、三维姿势和位置) 和输出; (2) 声音识别 (如语言和旋律) 和输出; (3) 气味识别和输出; (4) 触觉识别和输出; (5) 其他传感技术。

这些输入输出界面可嵌入到各种设备、装置、器具甚至服装之中, 与信息的捕获、分析、传递等结合在一起, 与网络空间互联互通的数据库和专家系统结合在一起, 方便、自然地捕获和分析信息, 通过智能算法个性化地和自动地适应某一用户行为模式和所处的情境。在很多情况下, 不同的 ISUIs (例如声音识别和触控屏幕) 被组合形成多模式的界面。

图 1 显示了泛在智能的实际应用场景: 当图中②所示的肢障女士要出门时, 她所穿戴的智能衣物中的包含个人身份信息的传感器就将她的位置和动作方向传给了所在智能建筑的中央控制装置, 分析得知这位女士要出门, 自动将原来台阶式的通道转变为平板式通道③, 并将“缓速”命令下达给轮椅, 帮助该女士顺利出门。又如, 图中④所示盲人通过一个智能手杖, 随时通过卫星或嵌入周围街道房屋的定位器接受所在位置、路面、交通流量、甚至红绿灯信息, 并将这些信息以及经过分析后的行走建议以不同的触觉或者声音告诉老

¹⁰ NBIC Convergence 2004 <http://www.infocastinc.com/NBIC/nbichome.htm>

¹¹ van Loenen, E.J. Ambient intelligence: Philips' vision. Presentation at ITEA 2003, Oulu, Finland



图 1 泛在智能应用场景¹²



人，使他可以在陌生环境中行动自如。而且，老人的智能衣物中将嵌入生理状态分析传感器，自动捕获老人当前的各项生理指标（Bio-parameters），与老人正常状态下的生理指标（Bio-profile）不断进行比较，如果发现当前指标（例如心跳、血压、体温、呼吸次数、出汗等）严重超过正常指标，传感器将通过遍布各种建筑的安全的公共信息收集网络把这些信息发送给生理与疾病智能分析专家系统，如果专家系统诊断为发病前兆，一方面向老人智能衣物发出信号、要求以气味、震动、声音等方式提示老人减缓行动或者控制情绪，另一方面定位离老人最近的医疗单位派出医疗人员进行救护。

3、泛在智能的关键技术

3.1 泛在智能的整体技术框架

从技术角度看，AmI 包括平台设计、泛在机制和智能处理，并通过嵌入机制与各种系统和用户连接起来，通过集成技术连为整体（图 2）：

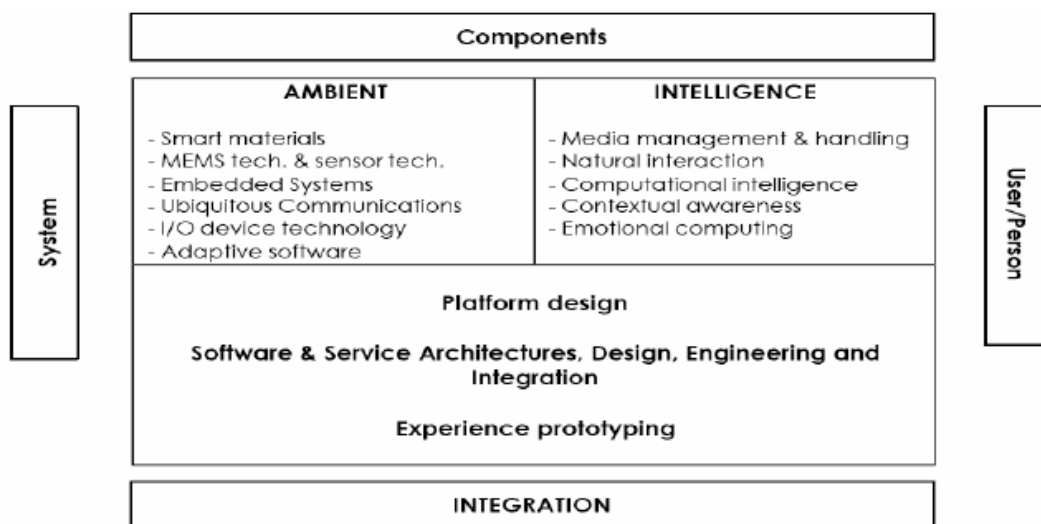


图 2 AmI整体技术框架¹³

3.2 泛在通信技术

泛在通信环境是 AmI 的基础，它将使用多种网络技术保证用户与环境之间能够便利地信息交流，例如图 3 所示：身域网（BAN, Body Area Network），将各种智能衣物、个人随身器具（手表、手机、眼镜、手杖等）、直接接触的设施（例如正在使用的计算机或其他智

¹² Siemens Corporate Technology. Pictures of the Future—Strategic Visioning at Siemens, 2004

¹³ G. Riva, et al., eds. Ambient Intelligence: from Vision to Reality 2005. IOS Press, ISTAG, 2005

能家具、器件) 等中的信息装置连接和集成起来, 形成以个人为中心的移动的网络; 个人网 (PAN, Personal Area Network), 将个人近距环境 (包括家庭、办公室、会议室、甚至自然环境) 中各个设施设备中的信息装置, 以无线形式连接和集成起来, 支持个人与近距环境的信息交流; 在此基础上, LAN、WAN 和以 Internet、无线网络等为代表的 Cyberworld, 将 BAN 和 PAN 中捕获的信息与广泛的数据库、信息系统和相应的服务连接起来, 从而支持无所不在的通信, 在这方面移动网络将发挥重要作用。

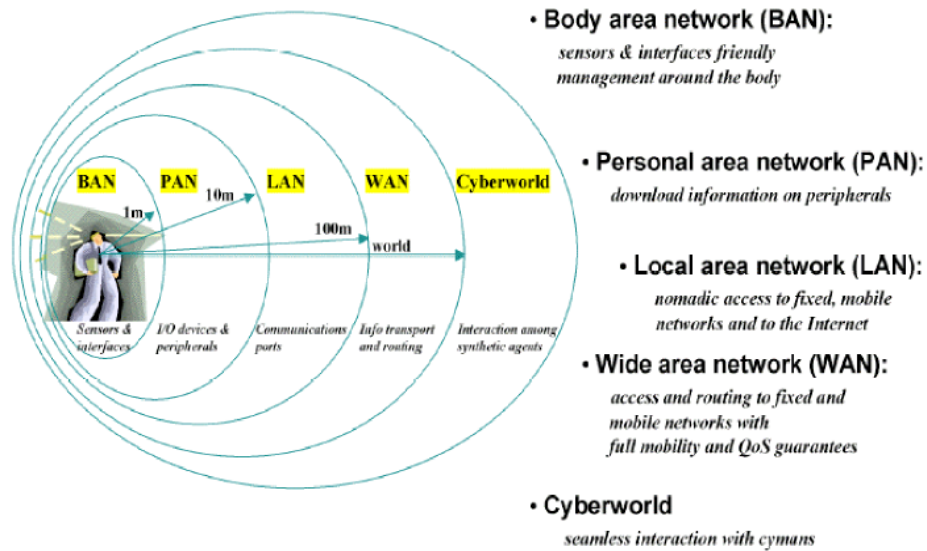
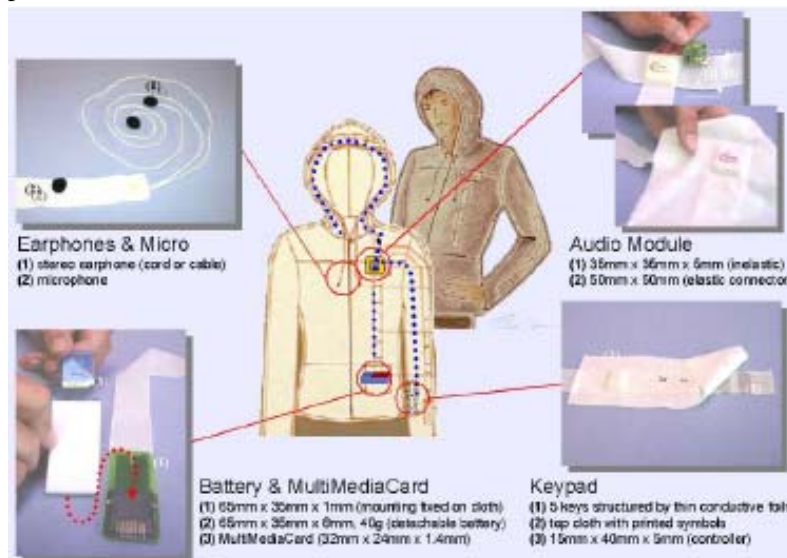


图 3 通信网络技术发展¹⁴

3.3 微电子技术

微型系统与电子器件是AmI的硬件基础, 借助于嵌入各种应用环境的系统来实现对多种模式信息 (声、光、电、热、生理信息、化学信息、动作与空间信息等) 的捕获、分析和传递。这些嵌入系统的核心是application specific integrated circuits (ASICs) 或programmable processors (PPs), 作为植入衣物、贴进墙壁、装入桌面、嵌入各种工具的微型智能器件。



为了实现隐蔽、不阻碍嵌入对象正常功能、又具有必要的功能, 这些微型器件必须体积小、能耗小、散热小、与所嵌入对象有机融合。包括MEMS (微电子机械系统)、micro-machines、以及正在发展的 micro-impulse radar、GPS sensor、激光传感在内的技术, 都被用于AmI实现监测识别功能。图 4 是嵌入智能衣物的各种微型传感器¹⁵。

图 4 嵌入衣物的声控 MP3 智能系统

¹⁴ Yves Punnie. A Social and Technological View of Ambient Intelligence in Everyday Life: What Bends the Trend? http://www.lse.ac.uk/collections/EMTEL/reports/punie_2003_emtel.pdf, 2003

¹⁵ Menno Lindwer, et al. Ambient Intelligence Visions and Achievements: Linking Abstract Ideas to Real-World Concepts. Proc. Design Automation & TESt in Europe (DATE), March, 2003

3.4 软件技术¹⁶

为实现AmI, 在软件技术方面要解决多层次的问题: (1) 构建智能传感器, 将传感器本身变成智能分析器, 能够对捕获的信号进行语义逻辑分析(例如语音识别、依靠触觉的动作分析、依靠图象识别的场景分析、依靠空气成分分析的预警分析等), 对捕获的信息作出基本分析和判断, 使智能处理更加贴近应用对象。(2) 增加传感器的网络功能, 使得传感器从芯片上的系统发展到芯片上的网络, 达到嵌入软件在自身和外界之间交流。(3) 加强多层次网络系统的充分连接, 实现信息跨大范围、多层次网络的准确的分发, 实现AmI对象高效地共享知识库和大规模分析处理能力, 实现最大化的网络共享。(4) 多个并行或串行分析处理过程的工作流管理, 当来自一个对象的多模式信息通过不同工作流进行并行处理时, 还能够有机的交互, 综合利用多模式信息和多个工作流处理结果来提高智能处理能力。(5) 语义Web和知识本体(Ontology)技术, 能够对感知对象、所在环境、传递的信息内容等的逻辑语义进行识别、标记和解析, 对推理规则和推理过程本身进行描述和组织, 来支持对AmI环境、对象、过程和行为的知识化表达和智能处理。(6) 互操作技术, 例如利用XML、标准Web Services技术和开放的Grid技术等开放标准, 来构造能够互通互联的信息网络和能够共同理解的信息模式。(7) 智能中间件技术, 包括智能代理、自适应中间件(Reflective Middleware)¹⁷等, 例如后者作为自组织和自修护的软件, 自动学习, 以最优方式互动, 提高自我效率和整个网络效率。(8) 个性化技术, 例如建立用户模式(Personal Profile)、根据用户行为动态调整用户模式, 并根据用户模式来进行个性化的语义分析和决策。当然, 大规模的数据库也是AmI技术的必要条件。

3.5 用户界面技术¹⁸

AmI环境的重要特征是将信息的捕获和显示通过人的自然信息传递与接收方式来实现, 不再依靠键盘和鼠标的传统用户界面。这里包括: 多语环境, 输入和显示所应用的语言多语种化, 需要多语种的语音识别、语言翻译、多语言自动判别和自动切换。多感官界面, 即利用声音、视觉、生理信号(脉搏、血压、体温等)、触觉信号、电子墨水等作为输入信息或输出信号。多模式界面, 利用多种信号来综合分析和捕获信息, 例如面部表情(由若干器官的组合结构来表示)、情绪(由语音、语速、语调、以及姿态和面部表情等来表示)、环境“语义”(context-awareness¹⁹, 即对被感知对象及其所在环境的综合信息来解析“这里出了什么事”)。虚拟现实(Virtual Reality), 作为人类可沉浸其中的由计算机合成的三维可交互环境, 通过三维图像逼真的模拟现实, 实时的反馈与处理, 以及浸入方式的感知器件(例如立体眼镜、HMD头戴演示器等)来将虚拟信息加载到使用者感官知觉上, 例如可以帮助消防队员看见失火建筑物的格局, 帮助观光客沿一条街扫视过去能看见这一区每家餐厅的内部环境、菜品和别人的评价。

3.6 其他技术²⁰

AmI 环境需要能源技术的支持, 解决微器件能源供应(包括微器件本身可携带的微型长效能源和可通过环境“充入”能源的技术), 解决无线传输需要的大能量, 通过太阳能和生物能技术解决智能楼宇、智能街道的长期供能的问题等。

AmI 环境依靠信息的捕获和跨网络跨系统中的共享来保证智能处理, 需要信任与安全

¹⁶ 同 13

¹⁷ The 5th Workshop on Adaptive and Reflective Middleware (ARM2006), November 27, 2006, Melbourne, Australia <http://www.ics.uci.edu/~arm06/>

¹⁸ Gross, Tom. Ambient Interfaces: Design Challenges and Recommendations. http://gonzo.uni-weimar.de/~gross/publ/hcii03_gross_amb_int.pdf

¹⁹ Workshop on Context Awareness for Proactive Systems (CAPS 2006), June 12-13, 2006, Kassel, Germany. http://www.comtec.eecs.uni-kassel.de/typo3_comtec/caps2006/

²⁰ K. Ducatel and M. Bogdanowicz. That's what friends are for. Ambient Intelligence (AmI) and the IS in 2010.

技术，通过指纹、视网膜/虹膜扫描、掌纹、面部特征、声音识别等准确确定被感知对象，通过加密技术可靠保护用户隐私，支持在多个系统中一次登陆多次认证（Single Sign On）。

另外，AmI 需要可靠性技术，来对网络、系统和过程自动诊断自动判别和预警可能出现的可靠性问题，发现不正常行为，隔断可能影响全局可靠性的区间、模式或过程。

4 泛在智能的研究发展状况

4.1 有关泛在智能的发展规划²¹

欧盟：2000年5月ISTAG就提出了AmI的10年目标场景，旨在2010年初步实现分别应用的交通、日常生活、社会学习和商贸四个场景中AmI技术。欧盟第六期科技架构计划（Framework Programme Six⁵, FP6）中，AmI已被作为欧盟世界领先领域加入研究范畴。

美国：IBM于1999年提出类似于泛在计算的普及运算（Pervasive Computing）²²，目前美国不仅拥有多个研究项目，并且已经将AmI的科研教学延伸到各大学本科阶段，如MIT于2004年春季于本科院开设了Ambient Intelligence普及课程，为AmI提供人才准备。

日本：U-Japan计划²³—日本政府为此于2005年度编列733亿日元预算，不仅关注通讯基础设施建设及应用，而且更加强调民众生活的社会议题，如安全的生活环境、照顾高龄者生活、有效利用医疗机构等，以及包括网络技术、安全认证、软件应用、装置技术等。

4.2 有关泛在智能的研究项目

美国麻省理工学院（MIT）于2000年开展OXYGEN项目²⁴，联合Philips、Nokia、HP等公司，研发AmI技术，包括：Handy21，一种手动器件，在接受任何人操作时，都可以提供适应操作者的准确信息，并且实时调整功能来实现电话、遥控器、照相机功能等等；环境电脑Enviro21，嵌入房屋的墙体，可以看见、听见人类，并且对人类需求做出反应；支持多点连接在广域内联系各种智能功能的Network21智能网络等等。

欧洲AIR&D的三个成员Philips Research, Thomson Multimedia和French INRIA于2001年11月实施OZONE项目²⁵，研究多模式人机交互技术、相关的软件环境、高性能的适应性界面。

另外，世界上其他机构也在AmI领域迈出了步伐，例如飞利浦公司的Philips家庭实验室²⁶，美国卡耐基梅隆大学的Aura²⁷，欧洲AmI研究发展学会实验室等的Sentient Computing²⁸，惠普公司的Cooltown²⁹，微软公司的EasyLiving³⁰，Slovak University of Bratislava的EUNICA³¹，德国Duisburg的inHaus³²等。

4.3 我国泛在智能研究与教育的进展

我国的泛在智能研究刚刚起步，多个高校和研究机构刚开设有关的专业或研究方向³³，如北京大学开设智能科学系，北京工业大学计算机学院开设新型计算机交互技术的博士后研

²¹ 同 3

²² IBM Think Research. <http://www.research.ibm.com/thinkresearch/pervasive.shtml>

²³ U-Japan policy http://www.soumu.go.jp/menu_02/ict/u-japan_en/index2.html

²⁴ MIT's Oxygen project for pervasive human-centered computing. <http://oxygen.lcs.mit.edu/Overview.html>

²⁵ Ozone Project. <http://www.extra.philips.research.com/euprojects/ozone>

²⁶ Philips' vision of ambient intelligence. <http://www.philips.com/research/ami>

²⁷ Project Aura. <http://www.cs.cmu.edu/~aura/>

²⁸ Sentient computing project <http://www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/research/wiki/SentientComputing>

²⁹ Cooltown project <http://www.hpl.hp.com/archive/cooltown/>

³⁰ EasyLiving <http://research.microsoft.com/easyliving/>

³¹ EUNICA. <http://www.dcs.elf.stuba.sk/csdc/2001/en/csdc.html>

³² InHaus innovation center. <http://www.inhaus-duisburg.de/>

³³ 刘宏. 智能科学与技术专业发展问题. 北京大学智能科学系 2004.11.7.
<http://www.intsci.ac.cn/research/ise04-liu.ppt>

究方向³⁴（包括AmI的系统模型研究，身份识别技术，数据库，感知技术，自然用户接口技术研究等），清华大学在仪器科学与技术学科下开设传感器与智能仪器研究方向、在计算机科学与技术学科下开设人工智能和智能控制及机器人研究方向，中国科学院开设自动推理和智能CAD、智能软件工程、虚拟现实与智能人机交互技术等研究方向。

5 泛在智能面临的挑战

泛在智能面临着很多挑战。就技术来说，还有待进一步开发软硬件环境，提高感知使用者身周环境的能力（Context Awareness），提高根据用户所在位置和情境自动提供适当服务的环境管理能力（Context Management），为不同的硬件架构开发相应的应用软件，并将大量普遍的操作整合于同一平台，并时刻维护系统信息安全与用户隐私。

但是，技术和经济性能还不能保证 AmI 的成功，在社会经济上的挑战更需长期努力：

a, 安全与信赖：泛在智能的成功很大程度上依赖安全管理，如何保证所确定的对象和所传递的信息的准确性、保证赖以进行信息分析处理的知识和知识系统的准确性和恰当性，保证所激发的环境行为的准确性和恰到好处，仍然是一个需要大力解决的问题。

b, 产业支持：泛在智能技术需要通过企业变成产品才能形成真实的应用，但这需要降低技术的经济门槛、减少相关的政策法律风险、提供公共的基础设施支持等。

c, 变化管理：泛在智能涉及许多领域，很多技术都在迅速发展、变化，并且与许多行业不断交叉融合，对于一个尚未成熟又对许多方面可能产生深刻影响的领域，没有系统的规划和快速反应的管理、商业和政策法律配套措施，将可能上演新一轮泡沫。

d. 隐私保护：泛在智能的“无所不在”反而可能成为它的“死穴”，因为这太便于跟踪个人的行为和状态，使人完全成为一个无处可逃的“透明”人。社会公众和政治制度能否支持这样的环境，还是一个未知数。

e. 健康影响：在泛在智能环境中，人们可能穿戴大量的电子器件、处于存在大量信号传递的环境，目前尚没有对它对人的健康的影响进行科学评估，因此存在一个定时炸弹。

f. 智能鸿沟：泛在智能使用和依赖高科技，但这种生活环境无疑将增加生活成本。那些购买不起智能衣物的贫困人口可能被隔离在 AmI 环境之外，形成新的“智能鸿沟”。

人类有足够的智慧逐步解决泛在智能面对的技术、经济、法律和社会问题，而泛在智能的发展也将促进电子工程学、自动控制技术、软件工程、信息科学以及材料科学、生物学、认知科学、能源科学、法律和管理科学等的发展，给人类社会带来深远的影响。

³⁴ 北京工业大学计算机科学与技术博士后招生信息。
<http://www.bjpu.edu.cn/college/jsjxy/Parts/Students/postdoc.htm>