

Internet 3A 访问模式及相关技术的研究^{*}

侯志强^{1,2,3} 刘东华¹ 何戈^{1,2} 徐志伟¹

(中国科学院计算技术研究所 北京 100080)¹ (中国科学院研究生院 北京 100039)²

(石油大学(华东)计算机与通信工程学院 山东 257061)³

摘要 随着计算模式的发展和变化,用户的访问模式也面临新的要求。在松散耦合和动态变化的网络资源空间里,需要给用户提供一种时间无关、空间无关和物理无关的访问机制,它被称为 3A (Anytime、Anywhere、and on Any device) 访问模式。该文通过分析 3A 访问的丰富含义和需求内容,提出 Internet 3A 访问模式的三个基本特征,即:持续性、移动性和适应性。并分别总结和比较了支持这三种性质的多种解决方案及相关实现技术。

关键词 3A 访问, Internet 访问模式, 移动计算

Research on Internet 3A Access Paradigm and Related Technologies

HOU Zhi-Qiang^{1,2,3} LIU Dong-Hua¹ HE GE^{1,2} XU Zhi-Wei¹

(Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)¹

(Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)²

(College of Computer and Communication Engineering, University of Petroleum, Shandong 257061)³

Abstract With the developing and changing of computing patterns, the assessing technology of users also face new requirements. In networks with loosely-coupled and dynamic resources, an access mechanism characteristic of time-independent, space-independent and physics-independent, which is called 3A (Anytime, Anywhere, and on Any device) access paradigm, should be provided for users. This paper analyzes the visions and requirements of 3A access paradigm and proposes three basic characters of the 3A paradigm, namely continuation, mobility and adaptability. Additionally we summarize and compare several solutions and relative technologies that support the three characters.

Keywords 3A access, Internet access paradigm, Mobile computing

1 引言

今天个人对网络信息资源的依赖性越来越强, Internet 提供的服务和资源已经无所不在。另一方面, 随着计算技术和网络技术的发展, 便携的计算设备得到广泛应用, 它们可以在不同地点以不同方式接入 Internet, 并能在保持应用不间断的情况下灵活地移动位置。这些变化使得给用户提供更灵活的网络资源访问方式成为可能。

Weiser 在 1991 年勾勒 Ubiquitous Computing^[1] 前景, 指出 21 世纪的计算将会融入到日常空间和日常生活中。随后又进一步发展发展为 Pervasive Computing 的概念, 即“信息空间和物理空间的融合, 在这个融合的空间中人们可以随时随地、透明地获得数字化的服务”^[2]。Kleinrock 从 nomadic 计算的角度对用户访问方式进行了分析, 提出了在任何时间、任何地点 (Anytime、Anywhere) 访问网络资源的挑战^[3]。为适应计算模式的改变和发展, 研究者对用户的访问模式提出新的要求。在松散耦合和动态变化的网络资源空间里, 需要给用户提供一种时间无关、空间无关和物理无关的访问机制, 这种机制被称之为 3A (Any time、Any where、and on Any device) 访问模式。本文详细分析了 3A 访问的含义和需求内容, 提出在此需求下 Internet 访问所体现的三个性质。针对每种性质, 文章分类总结了实现此性质的不同方法, 并比较和介绍了相关技术。

1.1 任何时间 (Anytime)

对 Anytime 访问的需求有两层含义。一是指支持挂起/

恢复, 即用户可以在任何时候主动停止或继续正在进行的应用。目前 Internet 的应用协议还无法完全实现挂起/恢复操作。在 Telnet 应用中, 用户关闭客户端程序并再次连接时无法恢复前面的现场信息。Web 上的电子购物过程支持一定程度的挂起/恢复, 用户在购物车里放置物品后, 可以挂起服务 (断开连接或关闭浏览器), 下次恢复时能继续购物过程。但 Web 的这种挂起时间是有限的, 且不能由用户决定。

二是指支持间断的 (Intermittent) 网络连接, 即在网络连接暂时断开的情况下, 用户的应用不会间断和停止。支持移动计算的分布式存储系统面临这样的问题: 用户期望在网络连接断开时, 仍能继续对数据进行访问。

为了支持“任何时间”的资源访问, Internet 的网络应用必须具备持续性 (Continuation) 机制。一方面无论何时网络连接被断开, 用户都可以持续进行一定的数据读写; 另一方面无论何时应用被主动挂起, 用户都可以在网络恢复时继续上一次的访问。

1.2 任何地点 (Anywhere)

Anywhere 的访问是指不仅用户可以在任何地点访问资源, 而且可以在网络间无缝地迁移他们的访问。

一种情况是用户的主机可以在不修改配置的情况下从任何地点接入 Internet, Mobile IP^[4] 是解决这种需求的典型技术。另一种情况是用户可以在 Internet 主机上进行移动信息访问。这种情况又分为两类^[5], 一是无论用户的位置和所使用的设备, 他都可以和其他用户保持联系, 这是具有可联性

^{*} 国家自然科学基金委国家杰出青年科学基金 (6992520); 国家“八六三”高技术研究发展计划基金 (2002AA104310); 中国科学院海外杰出青年学者基金 (20014010)。侯志强 硕士研究生, 主要研究方向为网络计算和网络应用协议; 刘东华 助理研究员, 研究方向为网络计算; 何戈 博士研究生, 研究方向为网络计算; 徐志伟 研究员, 博士生导师, 主要研究方向为并行体系结构和网络计算。

(Contactability), 电子邮件系统就是一个在“任何地点”支持用户可联性的应用平台。二是无论用户所使用的终端或网络, 都可以保持他个性化的操作环境, 这是具有个性化(Personalisation)。第三种情况是允许用户在任何地点上持续进行一个独立于设备的会话。

在“任何地点”上进行访问, 其技术本质是移动性(Mobility)。研究者把上述三种情况分别归类为终端移动(Terminal mobility 或 Host mobility)、个人移动(Personal mobility)和会话移动(Session mobility)^[6], 每种移动都有自己相应的解决方案。

1.3 任何设备(On any device)

On any device 指用任何计算设备和网络设备都可以承载用户对 Internet 的访问请求。由于这些设备的计算能力和通信能力各不相同, 应用系统必须具备一定的适应性(Adaptability)才能实现“任何设备”上的用户访问。

对适应性的基本要求是上下文感知(Context-aware)能力。例如, 当移动用户在不同地点访问网络资源时, 其应用系统必须感知到不同环境的带宽、传输延迟、计算能力和稳定性方面的变化, 并自适应地调节用户访问策略, 而且系统要使这些技术差别对用户不可见^[7]。

1.4 一个 3A 访问的应用场景

图 1 显示了一个网络应用场景。用户通过视频服务器在本地(访问设备 1)观看一部电影, 当他需要外出时, 可以把这个视频访问切换到可移动的 PDA(访问设备 2)上继续观看。

这个场景反映了用户 3A 访问的需求以及所体现的持续性、移动性和适应性的特征。图中, 用户的访问从有线网络设备移动到一个无线网络设备(①)上, 此过程要有移动技术的支持; 用户移动后, 能够继续从刚才播放的位置观看(②), 这需要持续性机制; 相对于有线网络, 无线网络传输延迟增大、通信质量下降, 视频播放程序必须具备一定的适应性(③)才能匹配变化的网络环境。这种在有线和无线网络间切换的应用系统非常需要 3A 访问模式。

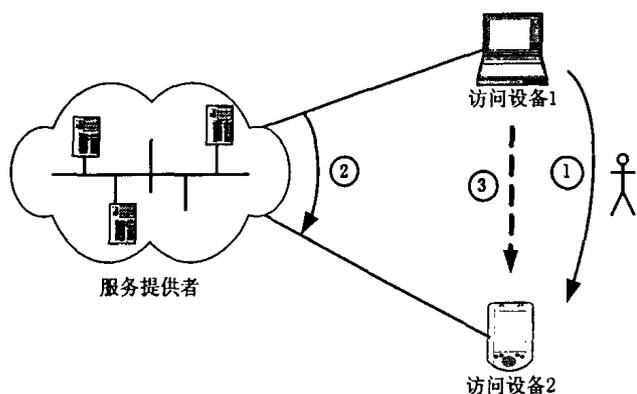


图 1 3A 访问的应用场景

2 持续性(Continuation)

持续性机制用于处理无线和有线计算环境下的连接断开(Disconnection)问题^[8], 即网络断开连接后如何保持应用继续进行。在移动计算环境下, 用户移动、间断性地存取(有请求或传输时网络才连通)、高延迟的无线网络等都会造成连接断开(Disconnection)问题。在有线网络中, 虽然网络连接的可靠性相对较高, 但也存在网络故障或因拥塞而无法访问的情况。一般有四种支持持续性的技术和方法。

2.1 预存(Hoarding)

预存和预取(Pre-fetching)技术类似, 在网络连通时, 根据某些策略将部分数据或文件预存到本地存贮空间中, 当连接断开发生后, 用户或应用可以通过本地缓存继续进行访问。预存策略是此方法的关键问题。

预存最早在 Coda^[9]系统使用, 它是一种支持移动环境的分布式文件系统, 设计者为了提高系统性能, 期望在连接断开状态下仍然可以进行不间断的访问。为此, Coda 提出了“断开的操作(Disconnected Operation)”, 通过数据预取和本地缓存来解决连接断开问题。Coda 的客户端有三种状态(见图 2): 预存(Hoarding)、仿真(Emulating)和重整(Reintegrating)。正常状况下, Coda 客户端在预存状态上进行正常的访问和文件数据缓存, 并同时监听可能出现的连接断开; 当连接断开发生时, 进入仿真状态的客户端通过本地缓存继续访问文件; 当网络重新连接后, 进入重整状态, 回送缓存内容并进行一致性处理, 然后再回到预存状态。后期的 Coda 把“断开的操作”扩展为“弱连接的操作(Weakly Connected Operation)”, 预存数据的客户端用异步的方式向服务器写回。这种“弱连接的操作”不但延缓了重整过程, 而且减小了预存工作对前台活动的影响。除此之外, Coda 对 Cache 管理进行了若干改善, 其中包括把文件更新对用户不可见变为用户通过指定忍耐阈值(Patience Threshold)来干预 Cache 缺失。

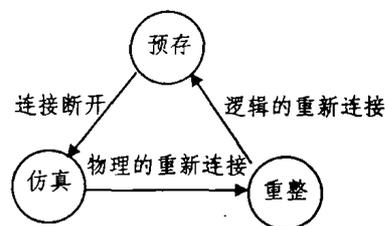


图 2 Coda 客户端状态图

SEER^[10]对 Coda 的预存方法作了改进。在 Coda 中, 预存的文件是用户订制和预测的, 缺乏精确性, 而 SEER 是通过用户的活动和行为来自动调整预存的内容。

2.2 多副本(Multiple Replicas)

多副本技术是采用多数据源副本的方法来提高网络的连通性。当应用与一个数据源断开连接后, 可以找到另一个能连通的副本继续交互, 其本质是多点预存, 缺点是易造成严重的不一致问题。

Bayou^[11]考虑到单个存储节点可能无法同时与所有移动客户端保持连接, 所以采用多副本技术。其中, 某个副本被用户修改后, 并不需与其它副本进行显式的一致性协调。这种机制会造成副本数据间的弱一致性问题。Bayou 通过自动检测机制发现不一致和冲突情况, 并用合并过程和人工干预的方法来解决冲突。Bayou 的弱一致数据对应用不透明, 但其保证所有副本服务器将最终达成一致。

Bifrost^[12]根据数据的亲缘关系(Affinity)将数据主动推送到用户将到达的新地点, 随着用户移动, 会有很多用户数据的碎片和版本, 由于系统允许用户在任何地点的写操作, 所以这些数据副本间也是一种弱一致的关系。与 Bayou 的冲突检测不同, Bifrost 尽量避免冲突发生, 并使数据最终达成一致。Bifrost 也使用预存策略, 但它将连接状态看作一种基准状态, 而将连接断开当作异常来处理。

2.3 延迟操作(Delay Operation)

在网络故障或服务中断时本地系统缓存待通信内容, 等到网络或服务正常时再继续进行, 这个过程称为延迟操作, 它

对上层应用来说一般是透明的。

Rover^[13]提供了队列化的远程过程调用(Queued remote procedure call)技术,用队列对 RPC 请求进行调度和批处理。当一个移动主机上的应用发出 QRPC 调用时,Rover 将其缓存在本地日志里,并将控制返回给应用,到移动主机与服务器连接后,Rover 才在后台向服务器发送队列里的 QRPC 请求。通过该方法,即使在与服务器无法连接的情况下,客户端仍能持续进行非阻塞的远程过程调用。

ARTour Web Express^[14]针对无线网络特点对 Web 系统进行了改进,提出异步的请求/响应模型。系统在浏览器和服务器上分别部署拦截器(Intercept),以保证网络连接在断开后,用户的请求可以在本地被缓存。当通信恢复后,被缓存的请求在后台当作异步请求来处理。这样可以免除用户等待连接或响应的的时间,使用户在离线状态下持续地进行某些工作。

3 移动性(Mobility)

移动性技术已经在 Internet 中得到广泛应用。解决用户访问的移动性问题一般有三种方法:第一是扩展现有网络协议,包括扩展 IP 协议和扩展 TCP 协议;第二是增加虚拟的间接层,如增加虚拟 IP 层、虚拟 TCP 连接和虚拟 Socket 接口等。会话层也可当作在网络层和应用层间的一个间接虚拟层;第三是提供支持移动性的分布式平台,应用层移动环境多采用这种方法,如移动代理。这里针对 Internet 结构,按网络层次分析各种支持移动性的技术。

3.1 IP 层移动技术

移动 IP^[4]是对 IP 协议的扩展,它保证在用户主机移动到另一个网段或子网时,能够在不重设 IP、不中断网络通信的情况下对网络不间断访问。为支持移动 IP,需在网络中增加 Home 代理和 Foreign 代理。主机移动后从 Foreign 代理上获得转交地址(Care-of address),并将其向 Home 代理注册,Home 代理会截取发向 Home 地址的包,然后通过 IP 隧道转发到移动主机。移动 IP 的优点是对网络链路层和设备没有特殊要求。

虚拟 IP 层的机制最早出现在 VIP(Virtual Internet Protocol)协议^[15]中,该协议把网络层分为虚拟网络层和物理网络层,它们分别具有 VIP 地址和 IP 地址,协议通过路由器来维护两种地址间的映射。每个数据包同时携带两种地址,当主机移动时,其物理地址发生改变,但虚拟地址不变。VIP 协议的缺点是:需要修改 IP 层内容和网络路由器;而且随着网络节点的增加,路由器将维护巨大的地址映射表。另一个类似的方法是 VIP 层(Virtual IP layer)^[16],主机除了 IP 地址外,还有一个全局唯一的标识符 FQDN(Fully-qualified domain name)。同 VIP 协议一样,当主机移动时 FQDN 不变。每台机器自己维护 FQDN 和 IP 映射,并通过 DNS 来动态更新。表 1 比较了上述三种技术的地址映射机制。

IP 层移动技术只适合 IP 节点的移动,无法支持上层应用迁移,它增加路由开销,且难以解决连接断开问题^[6]。

表 1 IP 层移动技术地址映射机制比较

	Mobile IP	VIP 协议	VIP 层
移动节点地址	转交地址	虚拟地址	FQDN
地址映射机制	Home 代理	路由器	DNS

3.2 TCP 连接迁移

TCP-R^[17]是一个支持持续操作的 TCP 移动方案,当一个主机移动到其它地点并获得新的 IP 地址时,会向原始的对

应主机发送重定向消息,消息中包括新旧两个 IP 地址,对应主机在认证后与移动主机建立新的连接。M-TCP^[18]实现了 TCP 连接的迁移,与 TCP-R 不同的是它除了处理连接地址的迁移外,还考虑连接上状态的维持,如序列号信息、缓存的未被应答数据等。

持久连接(Persistent Connection)模型^[19](见图 3)通过加入虚拟层来解决移动问题。模型中的端点访问操作都针对逻辑的持久连接,随着端点的移动,逻辑连接会映射到不同的物理连接,而且在没有物理连接时,逻辑连接上的各种命令可以被缓存或阻塞。此模型使用了全局的名字服务来实现映射。Mobile TCP Socket^[20]和 Migrate^[6]使用虚拟 Socket 的方法来建立虚拟连接层。同扩展 TCP 的方法比较,虚拟连接机制的优点是在连接断开时可以缓存请求或响应内容,使系统支持移动性的同时保证持续性。

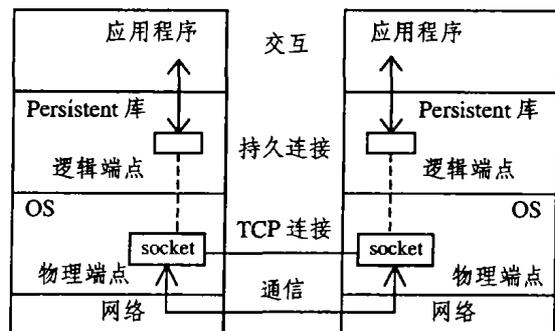


图 3 持久连接模型

3.3 会话层移动技术

基于 TCP/IP 协议的网络结构中没有明确的会话层,但会话的概念在 Internet 上被广泛地使用。SLM(Session Layer Mobility)^[21]针对数据流实现移动管理,每个数据流被当成一次会话,并用唯一的会话 ID 标识。通信主机上需要部署会话管理实体(SM)和 Socket 连接器,SM 管理着会话逻辑和会话状态。在端到端的网络通路上,每个数据流被分成三条通路,包括:通信双方的用户应用与本地 Socket 连接器之间的通路,以及两地连接器之间的通路。在会话的生命周期里,本地的数据通路保持不变,而连接器之间的通路可以随着主机的移动而改变。主机移动后需要使用一个全局的用户位置服务器(ULS)来查询当前 IP 地址。这种方法和虚拟连接技术类似,但它抽象出更高层的会话机制。

会话层中间件^[22]提供了一套会话层的 API,它可以实现跨网络和跨设备的服务迁移。此系统使用公钥机制来处理会话层与传输层的关联,这种关联不具备任何底层依赖性且能被动态修改。

3.4 应用层移动技术

Grimm 比较了四种应用层的移动技术^[23]:进程迁移、对象迁移、移动代理和环境迁移。其中前两者是应用系统内部的迁移行为,后两者为移动用户提供了访问服务的机制。

IPMoA^[5]使用移动代理提供个人移动和个性化的操作环境,每一个网络上的用户都拥有三种移动代理,分别负责个人应用、个人文件和个人通信。当用户从本地网络移动到外地网络时,其三个代理会通过 IPMoA 平台进行相应迁移。Seamless Service Platform^[24]通过部署在每一个节点上的代理实现三种迁移服务:节点迁移、节点接力和服务迁移。

One.world 的环境迁移技术^[23]支持用户移动时的上下文变化,允许 ad-hoc 方式的用户应用组合,并且实现用户应用和设备间的信息共享。

4 适应性 (Adaptability)

适应性指“计算和通信服务可按用户需要和运行条件提供充分的灵活性和自主性”^[2]。适应性是普适计算很重要的研究内容,这里我们强调的适应性是与用户访问的持续性和移动性相关的适应性,比如对位置、网络和通信能力等方面的适应。在此背景下,用户上下文感知和能力协商是两个基本方法。

4.1 用户上下文感知 (User Context-aware)

在移动环境下,用户的上下文通常包括:正在使用系统的位置信息、相关代理位置信息、设备特征(如处理器能力)、物理环境(如带宽)、用户的活动(如移动状态或静止状态)等^[25]。

NAS^[26]为用户提供网络感知(Network-aware)服务,服务包括网络性能、计算开销等。它采用广告和发现方式判断网络延迟,通常先向目的地发送探测包,然后综合考虑访问通路上无线网络和有线网络的响应时间,以判断网络性能。

Monads^[27]是针对 Nomadic 计算环境^[25]下的自适应问题而设计的代理体系结构。主要有两类代理:用户接口代理和服务代理,分别负责客户终端设备和网络服务的适应性。它根据日志服务所收集的历史状态信息,采用学习算法来推理和预测未来的上下文信息。NAS 是在环境变化后提供适应性,而 Monads 可以在网络将要变化前进行服务质量预测并执行自适应操作。

4.2 能力协商 (Capability Negotiation)

能力协商可以看成一种被动的上下文感知,即通信双方根据自己的设备特点和网络现状协商能力,以适应当前的变化。

Odyssey^[9]是对 Coda 的扩展,它提供资源协商接口,并管理网络带宽、缓存空间、处理器周期和电池寿命等系统资源。用户应用通过与系统资源监控组件的协商来调整它们的访问策略,以适应资源可用性的变化。

HTTP1.1^[28]能够实现有限的内容协商,如字符集、编码、语言和用户代理,协商可以采用用户代理驱动、服务器驱动或双方同时驱动的方式。虽然协商仅涉及内容处理,但也给 Web 系统提供了一定的适应性。

结论 3A 访问之间既相互关联又有各自的特点。持续性可以被考虑作为处理网络断开时的现场保护和恢复问题的方法;解决移动性问题时,除了要考虑移动技术本身,还需面对隐含着持续性问题,因为用户应用从一个地点转向另一个地点后,一般都希望继续前面的访问,所以在处理移动性的同时保证访问的持续性非常必要;适应性问题出现的前提是移动的发生,因为只有移动发生后才要考虑如何适应新的环境。3A 访问模式将用户访问的持续性、移动性和适应性结合起来,给用户提供一种与时间、空间和物理位置无关的高效便捷的资源访问方式,为今后 Internet 用户访问模式的发展提供了有价值的参考。

本文对 3A 访问模式的基本概念进行了详细的解释,提出与 3A 访问模式相关的三个特性,即:持续性、移动性和适应性。同时总结了支持每种特性的不同实现方法,对采用不同方法的典型技术进行了比较和分析。

参考文献

- Weiser M. The Computer for the 21st Century. Science American, Sep. 1991. 94~104
- 徐光祐,史元春,谢伟凯. 普适计算. 计算机学报. Sep. 2003, 26(9): 1042~1050
- Kleinrock L. Nomadcity: Anytime, Anywhere In A Disconnected World, Invited paper. Mobile Networks and Applications, Jan. 1996, 1(4): 351~357
- Perkins C E. IP mobility support for IPv4. RFC 3220, IETF, Jan. 2002
- Thai B, Wan R, Seneviratne A, et al. Integrated Personal Mobility Architecture: A Complete Personal Mobility Solution, MONET, 2003, 8(1): 27~36
- Snoeren A C. A Session-Based Approach to Internet Mobility: [PhD Thesis]. MIT, Dec. 2002
- Satyantarayanan M. Pervasive computing: vision and challenge. IEEE Personal Communications, 2001, 8(8): 10~17
- Kistler J J, Satyantarayanan M. Disconnected Operation in the Coda File System. ACM Transactions on Computer Systems, Feb. 1992. 3~25
- Satyantarayanan M. Mobile Information Access. IEEE Personal Communications, Feb. 1996
- Kuenning G H, Popek G J. Automated Hoarding for Mobile Computers. In: Proc. of the 16th ACM Symposium on Operating Systems Principles, Oct., 1997
- Terry D B, Theimer M M, Petersen K, et al. Managing Update Conflicts in Bayou, a Weakly Connected Replicated Storage System. In: Proc. of the 15th ACM Symposium on Operating Systems Principles, 1995. 172~183
- Bhatnagar A, Speight E, Crawl D, et al. Application Management techniques in Bifrost. In: The 5th IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, Oct. 2003
- Joseph A D, Tauber J A, Kaashoek M F. Mobile computing with the Rover toolkit. IEEE Transactions on Computers, March 1997, 46(3): 337~352
- Chang H, Tait C, Cohen N, et al. Web Browsing in a Wireless Environment: Disconnected and Asynchronous Operation in AR-Tour Web Express. In: Proc. of MobiCom'97, Budapest, Hungary, Sep. 1997
- Teraoka F, Uehara K, Sunahara H, et al. VIP: A Protocol Providing Host Mobility, Communications of ACM, Aug. 1994
- Yalagandula P, Garg A, Dahlin M, et al. Transparent mobility with minimal infrastructure. CS-TR-01-30, UT Austin, Aug. 2001
- Funato D, Yasuda K, Tokuda H. TCP-R: TCP mobility support for continuous operation. In: Proc. of IEEE Intl. Conf. on Network Protocols, Oct. 1997. 229~236
- Sultan F, Srinivasan K, Iyer D, et al. Migratory TCP: Highly available Internet services using connection migration. In: Proc. of 22nd Intl. Conf. on Distributed Computing Systems, July 2002
- Zhang Y, Dao S. A "persistent connection" model for mobile and distributed systems. In: Proc. of IEEE Intl. Conf. on Computer Communications and Networks, Sep. 1995. 300~307
- Okoshi T, Mochizuki M, Tobe Y, et al. MobileSocket: Toward continuous operation for Java applications. In: Proc. of IEEE Intl. Conf. on Computer Communications and Networks, Oct. 1999. 50~57
- Landfeldt B, Larsson T, Ismailov Y, et al. SLM, a framework for session layer mobility management. In: Proc. of IEEE Intl. Conf. on Computer Communications and Networks, Oct. 1999. 452~456
- Kaneko K, Morikawa H, Aoyama T. Session Layer Mobility Support for 3C Everywhere Environments, In: Proc. of the Sixth International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, Oct. 2003, 2: 347~351
- Grimm R. System Support for Pervasive Applications: [PhD Thesis]. University of Washington, 2002
- Takasugi K, Nakamura M, Tanaka S, et al. Seamless service platform for following a user's movement in a dynamic network environment. IEEE PerCom, Mar. 2003. 71~78
- Capra L, Emmerich W, Mascolo C. Middleware for Mobile Computing. UCL Research Note RN/30/01, Submitted for publication, July 2001
- Cheng L, Marsic I. Piecewise network awareness service for wireless/mobile pervasive computing. Mobile Networks and Applications (MONET), 2002, 7(4): 269~278
- Monads: Adaptation Agents for Nomadic Users. <http://www.cs.helsinki.fi/research/monads>
- Fielding R, Gettys J, Mogul J, et al. Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1. RFC 2616, June 1999