

异构无线网络垂直切换技术研究

沈 娇, 陈 俊, 李海城

(内蒙古大学 计算机学院, 内蒙古 呼和浩特 010021)

摘 要:随着计算机技术的发展以及人类对移动通信需求的不断增加,出现了多种无线接入技术。下一代异构无线网络成为研究的热点,而切换管理是下一代异构无线网络中的关键技术。研究了在协议栈各层实现垂直切换技术的方法,阐述了这些技术的核心思想,并分析讨论了各种技术的优缺点,便于人们较为容易地找到一种适合于特定问题的切换技术。介绍了基于跨层设计思想的切换技术。针对未来无线异构网络的特性,提出了垂直切换技术还需解决的一些问题。

关键词:无线网络;切换;移动性;协议

中图分类号:TP393

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2010)11-0209-05

Research on Vertical Handoff Technology for Heterogeneous Wireless Network

SHEN Jiao, CHEN Jun, LI Hai-cheng

(Institute of Computer, Inner Mongolia University, Huhhot 010021, China)

Abstract: With the development of computer technology and the increasing demand for mobile communications, various wireless networks join the family of communication. The next generation heterogeneous wireless network becomes a research hotspot and handoff management is the key technology in the next generation heterogeneous wireless network. Studies the existing vertical handoff protocols and describes the main idea of these techniques. It also discusses the advantages and disadvantages of these techniques, so a handoff protocol for the particular problem is easy to find out. Furthermore, it introduces some vertical handoff technologies based on the idea of cross-layer design. In the end, future trend of research is pointed out.

Key words: wireless networks; handoff; mobility; protocol

0 引言

随着无线网络技术的发展及应用的需求,各种无线接入网络层出不穷,包括卫星网络、无线城域网、无线局域网、蓝牙网络、传感器网络等。将这些具有不同接入技术、不同性能的网络融合到一起构成单个的逻辑网络就是异构网络^[1]。在异构网络环境中为满足移动用户的需求,使得移动终端从一种接入网移动到另一种接入网的过程中保持连接的不中断,研究者提出了垂直切换技术,该技术用于完成异构网络间的无缝漫游。垂直切换包括三个阶段,即系统发现、切换决策和切换执行。系统发现阶段用于发现当前可用的网络系统;切换决策阶段用于确定恰当的切换目标网络和切换触发时间;切换执行阶段用于进行切换实施过

程^[1]。垂直切换为了实现与底层接入技术的无关性通常在高层实现。文中研究了在协议栈高层实现垂直切换的各种技术,以及采用跨层设计思想实现切换的技术。

1 应用层方法

在应用层完成垂直切换的方法通常是在传输层之上添加新的网络协议。SIP(Session Initiation Protocol)协议是应用层支持移动性的典型技术,是由 IETF 在 RFC3261^[2]中制定的^[3]。该协议在传输层之上加了新的会话层协议来实现切换。由于 SIP 协议在应用层实现,所以具有简单易扩展等特性,且该协议支持多种移动性。SIP 协议对终端移动性的支持包括两种情况,即呼叫前的移动和呼叫中的移动。

1.1 呼叫前的移动

呼叫前的移动是指在建立会话前节点移动到新的接入网。在这种情况下切换过程如下所述:当通信节点与移动节点发起会话时,通信节点先发送 INVITE

收稿日期:2010-02-03;修回日期:2010-05-07

基金项目:内蒙古自治区科技计划项目(20090512);国家“211 工程”创新人才培养项目—资助研究生科研项目(2-2.2.1)

作者简介:沈 娇(1984-),女,内蒙古乌兰察布人,硕士研究生,研究方向为无线网络;导师:李 茹,教授,从事计算机网络研究。

消息到移动节点家乡网络的 SIP 重定向服务器,重定向服务器中存储了移动节点的当前位置信息并将该信息返回给通信节点;然后通信节点发送 INVITE 信息给移动节点,移动节点返回确认信息后便可以进行通信。

1.2 呼叫中的移动

呼叫中的移动是指移动节点在与通信节点进行会话的过程中移动到新的网络。这种情况下移动节点获得新 IP 后,向通信节点发送 INVITE 信息。信息包含的会话 ID 和之前的会话 ID 相同,Contact 域(SIP 消息头部的一个字段,包含地址绑定信息)中含有移动节点新地址的信息,这样通信节点发送下一个数据包时发往新的 IP 地址。之后移动节点向其家乡网络的重定向服务器注册新地址。

SIP 协议是在应用层实现,用户不需要对底层组件有太多的了解,只需在应用层安装 SIP 协议栈便可以使用。但是,SIP 协议在完成移动切换的过程中还存在不足。SIP 协议只是支持硬切换,对移动终端的具体解决方案只是在切换完成后及时把移动节点的最新 IP 地址通知给对端节点,这样不能保证切换过程中数据的可靠传输。基于上述不足 2005 年由 IETF 制定的 RFC4028^[4]提出了 SIP 协议的扩展协议作为 SIP 的连接保持机制。

2 传输层方法

在传输层实现垂直切换的方法是在该层添加新的协议或修改已有协议。由于传输层提供拥塞控制,所以它能感知节点移动过程中链路的变化,这使得传输层协议可以提供平滑切换。

2.1 SCTP 协议

SCTP(Stream Control Transmission Protocol)协议是传输层完成垂直切换的核心技术,由 IETF 在 RFC2960^[5]中定义。SCTP 协议提供平滑切换,且在完成垂直切换的过程中不需要额外的网络基础设施,如移动 IP 中的各种代理服务器。

应用 SCTP 来完成移动切换主要是基于其多家乡性。SCTP 的多家乡性允许移动节点为其网络接口同时绑定一个或多个 IP 地址,发送数据包的 SCTP 用户可从这多个 IP 地址中选一个做为目标地址^[6]。多家乡性使得移动节点在移动到新的网络加入新 IP 地址时,旧的 IP 地址仍然可用。

mSCTP^[7]在 SCTP 的基础上增加了动态地址重配置功能。动态地址重配置根据底层提供的信号强度为一个活跃的 SCTP 连接动态增加删除地址并改变初始地址。

SCTP 和 mSCTP 都支持平滑切换,可以在当前链路损坏的情况下保证数据的连续传输,但它们为每个接口都绑定了多个 IP,降低了地址利用率。

2.2 基于 TCP 的方法

基于 TCP 垂直切换方法的提出是为了在切换过程中提高 TCP 的性能从而减少切换延迟和丢包率。该方法也可支持平滑切换。在异构网络中不同类型网络数据传输速率不同,在切换到一个新的网络时需要调整数据的传输速率以适应新的网络。基于 TCP 切换方法的基本思想是暂时停止发送数据传输,并停止其超时计时器,在切换完成后重新启动 TCP 慢启动。

Matsushita 等人提出了一种 ACK-pacing 机制来控制 TCP 拥塞^[8],在第 4 层实现了异构网络的无缝切换。文中提出的机制是在接收方根据切换前后带宽延迟的关系来调整 ACK 的传输速率。然后根据 ACK-clocking 机制来调整 TCP 的传输速率。

基于 TCP 的切换方法可减小切换延迟,降低丢包率,实现平滑切换,但其需要修改现有协议栈,增加了系统实施的难度。

3 网络层方法

网络层实现的垂直切换协议具有与底层接入技术和介质无关、对上层应用透明、保持数据的连续性等特性。

3.1 移动 IP

移动 IP 技术是实现移动节点接入异构网络的网络层融合技术,是基于网络层提供移动支持的一种解决方案。由于移动 IP 具有能够保证数据包的正确路由转发,与现有网络兼容性好等特点,被用于异构网络的切换管理。由于使用移动 IP 进行切换需获得新 CoA 并注册,这将产生较大延迟及分组的丢失,学者们提出了基于移动 IP 改进的切换方法。

3.1.1 快速切换

快速切换机制是对移动 IP 协议的改进,可以加快移动节点的切换过程,减少已有通信连接的中断时间,保证通信流的实时传输。快速切换的基本思想是根据接收到的链路层信息(如接收信号强度、误比特率、分组差错率、链路标识符等)来判断是否需要执行网络层切换。快速切换技术采用预先切换和基于隧道的切换两种机制来保证移动节点快速发送和接收 IP 分组。

一些学者在快速切换的基础上加以改进提出了改进的快速切换机制。文献[9]中作者提出了基于路由器的切换方案。设计思想是用接入路由器代替移动节点做移动检测、转交地址配置和重复地址检测工作,然

后把有效地址发给移动节点。

3.1.2 平滑切换

IETF 工作组为解决移动切换过程中数据丢包率问题提出了平滑切换技术,其基本思想是:当节点移出网络后尚未完成对新网络注册或是未完成在原代理路由器上的地址绑定时,发往移动节点的数据包在到达网络后将存储在移动节点的原代理路由器上^[10]。当移动节点注册完,新代理路由器向原代理路由发送请求消息,然后原代理路由器将缓存的数据包发往新代理路由器,再由新代理路由器发送到移动节点^[10]。

近年来还提出了多种基于移动 IP 改进的切换方案,如 CellularIP^[11]、HMIPv6^[12]、TeleMIP^[13]等。这些方案的主要思想是通过将平面的切换管理方式转化为分层的管理方式,细化了切换管理过程从而减小了移动节点的切换时延、数据分组丢失率和向家乡代理发送的注册信令流量,但增加了设计与实现的复杂度。

3.2 HIP 协议

通常在通信过程中使用 IP 地址作为主机唯一标识,但这种标识方式不能支持主机移动性,虽然 IETF 提出了移动 IP 来支持移动性,但其本质还是用 IP 来标识主机,只不过是 IP 一直在变。HIP^[14]协议解决了上述问题。该协议的基本思想是:在网络层和传输层增加 HIP 层来断开网络层和传输层紧耦合的关系,定义了主机标识来作为通信实体的标识。这样当节点移动,IP 地址改变后,由于主机标识不变上层通信不受影响。

网络层的切换协议与数据链路层、物理层传输协议无关,并对上层协议和用户透明提供透明的移动性。但这种严格的网络层切换方式屏蔽了各协议层之间的信息交互,造成了切换时延长、丢包率高、信令开销大等问题。基于移动 IP 的改进协议提高了切换性能但也存在着不足。快速切换机制巧妙地应用下层信息降低了切换延迟,解决了切换管理的根本问题,但它打破了协议层之间的独立性,且信令负载较大。平滑切换在一定程度上解决了切换过程中的丢包问题,但当移动节点在断开连接后很长一段时间找不到新代理时,原代理缓存将溢出,产生丢包现象。这种对数据包的缓存还会造成报文乱序等问题。HIP 协议通过断开网络层和传输层的紧耦合关系,使节点改变 IP 地址后通信不受影响,但它的实现需要修改现有协议栈,应用起来较为困难。

4 跨层设计

异构无线网络中移动节点因为要接入多种不同类型的网络,因此将配置多个无线网络接口。每种接口

技术都具有自己的特性,这就要求节点选择最为合适的接口进行通信。运用单独的某一层协议很难完成这个选择,于是研究者提出了跨层设计方案。这种方法使不同层切换协议相互协作、相互通信,结合多层协议共同完成切换。

4.1 SIP 与移动 IP 结合

SIP 与移动 IP 在节点的移动性支持上具有一定的互补性。对于移动 IP 节点移动过程中是通过家乡地址来进行通信的,数据包先到达家乡代理再由家乡代理通过隧道传递到移动节点,由于家乡代理是固定的,这就保证了数据的可靠传输。SIP 为节点在移动过程中提供其当前 IP,这对于那些对实时性要求较高、基于 UDP 传输的应用较适合。若将两者相结合可以弥补各自的不足来改善切换性能。

SIP 与移动 IP 的一种结合方法是将移动 IP 的家乡代理与 SIP 的代理服务器做到一起。采用适当的机制在移动节点向家乡代理进行位置更新后由家乡代理向 SIP 注册服务器注册。文献[15]中作者提出了移动 IP 与 SIP 融合的切换管理方案。该方案中两个协议之间的交互是在骨干网和接入网之间的边缘即移动网关上完成的。方案中只有移动 IP 家乡代理记录移动节点的位置,而 SIP 将移动 IP 家乡代理作为位置服务代理,这样减少了信令开销,优化了切换性能。

4.2 MIH 技术

4.2.1 MIH 基本原理

2009 年出台的 IEEE802.21 正式规范,提出了 MIH(Media Independent Handover,介质独立切换)切换服务方案,即在协议栈的第 2、3 层中定义介质独立切换子层,用于屏蔽不同的 MAC 层所带来的差异。MIH 定义了一种可以给协议栈上层提供链路层信息和周围网络信息的方法。图 1 为 802.21 定义的协议栈模型^[16]。

802.21 定义了一组有助于切换的功能并由 MIH 功能实体来管理。MIH 功能实体提供三种服务^[17,18]:介质独立事件服务(MIES)、介质独立命令服务(MICS)、介质独立信息服务(MIIS)。MIES 定义了表示动态链路特征发生变化的事件,这些事件用来表示物理层、数据链路、逻辑链路层状态和传输行为的变化,也可以预测这些层将要发生的变化。MICS 服务提供高层向低层发送命令,使得高层能够管理和控制低层有关切换的操作行为。MIIS 提供一组信息源(IEs)来进行信息的传送。

MIH 主要是解决切换性能优化的问题。由于 MIH 与多个协议层存在接口,可以将链路层甚至是物理层的信息传送到上层,所以可以实现跨层切换。

MIH 提供的三种服务使得上层协议能够及时得到下层状态信息以及周围网络信息,并可以通过 MIH 功能模块将上层控制命令传到下层进行及时的切换,这就有效地降低了切换延迟并有利于节点做出更为合理的切换判决。

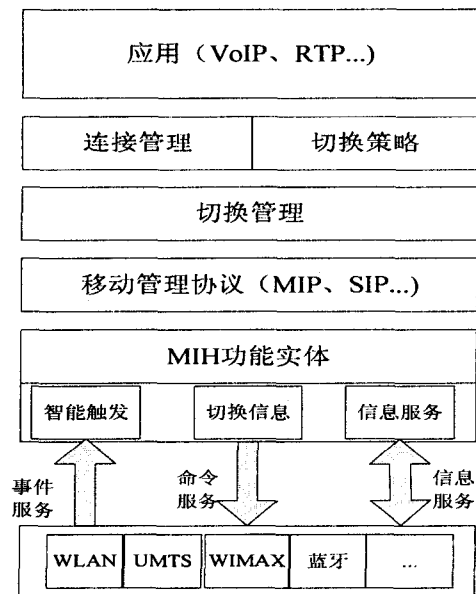


图 1 802.21 协议栈模型

4.2.2 MIH 与移动 IP 的结合

如前所述移动 IP 在完成移动切换时,存在切换延迟长和丢包等问题。MIH 提供的三种服务不仅可以提供较为详细的下层信息并可以提供移动节点周围网络信息,使得移动 IP 可以尽早检测到新的链路发现新的网络接入点。一种将 MIH 与移动 IP 结合来完成切换的方案是运用 MIH 提供的服务来优化移动 IP 从而改善切换性能。文献[19]中作者在基本 802.21 定义的 MIH 原语中增加了新的原语和参数,通过缩短路由发现时间来降低移动 IPv6 切换延迟。

在异构网络环境中若协议栈各层保持完全的独立将会影响切换性能,跨层设计方案可以保证切换过程的 QoS,减少移动终端的能量消耗实现无缝切换。MIH 技术采用跨层设计思想,将 MIH 功能模块作为上层协议与下层协议通信的桥梁。应用 MIH 提供的服务可以优化上层切换协议提高切换性能。在 802.21 标准中没有给出 MIH 的具体实施方案,如何实现 MIH 是目前研究的热点。

5 结束语

随着异构接入技术的长期并存,智能多模终端以及各种无线接入技术的发展使得异构网络切换管理成为下一代无线网络关键技术。文中研究分析了现有的

各种垂直切换技术,并讨论了这些技术的优缺点。虽然现有的这些垂直切换技术在切换延迟、切换丢包率等方面具有一定的优势,但还是存在着一些不足,需要进一步研究。根据前几节的分析可以得出未来的异构无线网络切换技术还需解决以下几个问题:

(1)设计独立于底层的接入技术,具有可扩展性,能够兼容现有及未来可能出现的新型无线接入技术。虽然目前提出的 MIH 技术具有上述特性,但它的实现还存在一些问题。由于目前各厂商生产的无线网卡并不能很好地支持 MIH,若用 MIH 来完成切换需修改各无线接口的网卡驱动。

(2)切换过程中端到端的 QoS 映射也是异构无线网络切换需要解决的问题之一。在异构无线网络环境下不同的网络使用不同的 QoS 体系及控制方式,一些对 QoS 要求高的应用需要节点切换到新的网络后还能提供与切换前相同的 QoS,实现真正的无缝切换。如一些 VoIP 应用从 Wimax 网络切换到 Wifi 网络如何保证其不变的 QoS 是当前研究人员关注的问题。

(3)对于一些能量有限的移动终端,能量消耗问题是切换管理需要考虑的。在切换过程中移动终端的各无线接口需要不断地进行扫描来确定周围有哪些可接入网络,这要消耗很多能量。如何设计一种机制来对周围网络智能的发现而不是盲目的扫描对能量有限的终端是非常必要的。

(4)在异构无线网络环境下同一时间内移动终端可用的网络可能不止一个。所以异构网络切换管理还需考虑动态的网络负载平衡以及网络资源利用率等问题。

(5)无基础设施的无线通讯网络包括 MANET 网络(Mobile Ad hoc NETwork)、无线传感器网络、无线 Mesh 网络等,它们都具有无中心、网络拓扑动态变化和自组织等特性^[20]。这些网络的拓扑结构都是分布式的,所有由它们组成的异构无线网络也是分布式的,这就使得现有的基于集中式的切换技术不再适用。所以需要设计分布式的切换机制来完成无基础设施网络之间的切换。另外,这些无基础设施的网络与其它网络之间的切换也是需要考虑的。

参考文献:

- [1] Siddiqui F, Zeadally S. Mobility management across hybrid wireless networks [J]. IEEE Computer Communications, 2006, 29(9): 1363-1385.
- [2] Rosenberg J, Schulzrinne H, Camarillo G. RFC3261. SIP: Session Initiation Protocol[S]. USA: [s. n.], 2002.
- [3] 张荣,武波. SIP 协议的应用研究[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(6): 71-73.

- [4] RFC4028. Session Timers in the Session Initiation Protocol [S]. US: Internet Society, 2005.
- [5] RFC2960. Stream Control Transmission Protocol[S]. US: Internet Society, 2000.
- [6] 叶 磊,陈山枝,时 岩. mSCTP 实现 UMTS/WLAN 网络间垂直切换的研究[C]//杨义先. 2006 北京地区高校研究生学术交流会——通信与信息技术会议论文集(上). 北京:北京邮电大学出版社, 2006.
- [7] draft - sjkoh - msctp - 01. txt. Mobile SCTP (mSCTP) for IP Handover Support[EB/OL]. 2005. <http://www.ietf.org/mail-archive/web/i-d-announce/current/msg07026.html>.
- [8] Matsushita Y, Matsuda T, Yamamoto M. TCP Congestion Control with ACK - Pacing for Vertical Handover[C]//IEEE Wireless Communications and Networking Conference. [s. l.]:[s. n.], 2005:1497 - 1502.
- [9] Hong Yong - geun, Shin Myung - Ki, Kim Hyoung - Jun. Access router based fast handover for mobile IPv6[C]//Advanced Communication Technology, 2004. The 6th International Conference. USA: IEEE, 2004:129 - 132.
- [10] draft - koodli smoothv6 - 00. txt. A Framework for Smooth Handovers with Mobile IPv6[EB/OL]. 2000. <http://datatracker.ietf.org/doc/draft-koodli-mobileip-smoothv6>.
- [11] Campbell A T, Gpmez J, Sabggti K, et al. Design Implementation and evaluation of cellular IP[J]. IEEE Personal Communications, 2000, 7(4):42 - 49.
- [12] RFC5380. Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) Mobility Management[S]. USA: Internet Society, 2008.
- [13] Das S, Misra A. TeleMIP: Telecommunication - Enhanced MIP Architecture for fast Intra - domain Mobility[J]. IEEE Wireless Communications, 2000, 7(4):50 - 58.
- [14] RFC 4423. Host Identity Protocol (HIP) Architecture[S]. USA: Internet Society, 2006.
- [15] 毛 旭,陈前斌. MIP 与 SIP 融合的无线网络移动性管理方案[J]. 微计算机信息, 2008, 24(3):159 - 161.
- [16] Eastwood L, Migaldi S. Mobility using IEEE 802. 21 in a heterogeneous IEEE 802. 16/802. 11 - based[J]. IEEE Wireless Communications, 2008, 15(2):26 - 34.
- [17] Draft P802. 21/D00. 05, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Independent Handover Services[S]. USA: IEEE, 2006.
- [18] IEEE Standard for Local and metropolitan area networks—Part 21: Media Independent Handover Services[S]. USA: IEEE, 2009.
- [19] An Yoon Young, Yae Byung Ho, Lee Kang Won, et al. Reduction of Handover Latency Using MIH Services in MIPv6 [C]//Proceeding of the 20th International Conference on Advanced Information Networking and Applications. USA: IEEE AINA, 2006:229 - 234.
- [20] 许精明,包云. 下一代互联网关键技术的分析与研究[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(11):119 - 122.

(上接第 208 页)

不变的基础上高效、快速调整业务流程,或者在用户体验不变的基础上,替换服务,减少系统升级成本,符合交换系统未来发展趋势。系统对基于消息中间件的 ESB 的使用,屏蔽了异构系统的差异,避免网状结构的产生,提高了数据交换传输的高效性和可靠性,缩短了系统开发的周期,为以后应急系统开发提供了很好借鉴。下一步将要解决提高数据库数据交换的实时性问题,实现数据的同步,进一步完善省级应急数据交换系统。

参考文献:

- [1] 周 珂. 基于 SOA 软件架构的企业应用[J]. 微机发展(现更名:计算机技术与发展), 2005, 15(11):54 - 56.
- [2] Halevy A Y, Ashish A, Bitton D, et al. Enterprise information integration: successes, challenges and controversies [C]//In proceedings of SIGMOD Conference. Baltimore, Moreland, USA:[s. n.], 2005:14 - 16.
- [3] 谭永明,苏 斌. 面向服务架构体系的研究[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(3):132 - 134.
- [4] Thomas E R L. Service - Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design[M]. [s. l.]: Prentice Hall PTR, 2005.
- [5] IBM Co. Service - oriented modeling and architecture[EB/OL]. 2008 - 04 - 16. <http://www.ibm.com/developer-works/webservices/library/ws-soa-design1/>.
- [6] 柴晓路. Web Services 技术、架构和应用[M]. 北京:电子工业出版社, 2003.
- [7] The Next - Generation Web Service Platform[EB/OL]. 2003 - 05. <http://www.sun.com/servers/entry/solutions/docs/SunONE-web.pdf>.
- [8] 徐少平,徐少文,黄美玲. 一个 Web 服务管理框架设计方案[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(4):190 - 195.
- [9] 谢继晖,白晓颖,陈 斌,等. 企业服务总线综述[J]. 计算机科学, 2007, 34(11):13 - 14.
- [10] Sanjay P, Eric N. ebXML and web services[J]. IEEE Internet Computing, 2003, 7(3):74 - 82.
- [11] 闫季鸿,王 帅,蒋文蓉. ESB 技术在高校科研管理系统中的应用研究[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(12):189 - 192.
- [12] Scott S. Understanding WS - Security[EB/OL]. 2008 - 06 - 20. <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms977327.aspx>.