

基于身份与位置分离机制固定子网接入研究

范 岩, 张思东

(北京交通大学 下一代互联网互联设备国家工程实验室, 北京 100044)

摘 要:身份与位置分离机制很好地解决了核心网的路由可扩展问题,成为当前互联网领域研究的热点之一。为了更好地改善互联网对移动性的支持能力,各种域内微移动协议也成为各大高校和通信业公司的重点研究方向之一。在分离与映射机制下,提出了虚拟树状子网网络结构,设计了接入子网的路由以及终端的接入过程,实现了微移动协议。接入子网的引入使得终端的移动不再是必须经过核心网的宏移动,有效地降低了终端移动切换过程中的时延和丢包率问题。

关键词:身份与位置分离映射;子网接入;微移动;移动切换

中图分类号:TP393

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2010)10-0030-05

Research of Fixed Subnet Accessing Based on Identifier-to-Locator Mapping Mechanism

FAN Yan, ZHANG Si-dong

(National Engineering Laboratory for Next Generation Internet Interconnection Devices,
Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: Presents a new fixed subnet accessing based on identifier to locator mapping mechanism, which has already become a hot research topic in the current Internet research area. For improving supporting mobility of Internet, micro-mobility protocol becomes one of main research direction for high schools and telecommunication companies. Proposes the hypothesized tree subnet network architecture, designs the process of terminal accessing as well as subnet routeing, and realizes the micro-mobility protocol based on identifier to locator mapping mechanism. The introduction of sub-network access makes the mobility of terminal is no longer a macro-mobility which must pass through the core network, effectively reduces the handoff delay and packet loss rates in the process of terminal mobility.

Key words: identifier-to-locator mapping; subnet accessing; micro-mobility; mobility handoff

0 引 言

随着互联网应用规模的迅速扩大和应用方式的不断革新,以及信息技术、通信技术、网络技术的不断发展,互联网已经完全融入到人们的工作和生活中。然而,随着互联网规模的不断扩大,互联网的路由可扩展问题仅仅依靠网络拓扑的层次性进行IP地址分配已很难完全解决。路由与地址工作组会议认为引起全局路由表条目快速增长的几种主要因素为:用户网络的快速增长、多家乡(multihoming)、流量工程(traffic engineering)、商业因素(如:企业收购与合并等)^[1,2]。

从更本质的方面考虑,互联网的原始设计存在缺陷是互联网路由可扩展问题的主要原因^[3,4]。IP地址在语义学上具有双重属性^[5],它既是终端的身份标识,也是终端的位置标识。IP地址的身份属性要求任意两个IP地址是平等且独立的,虽然IP地址的组织机构可以按照一定的拓扑关系进行分配,但是连续编码的IP地址是与网络拓扑无关的,它代表了终端的身份;IP地址的位置属性则需要IP地址的分配是按照网络拓扑进行的,处于一个连续IP地址块中的地址可以实现IP地址前缀聚合,路由表的条目数相应减小,从而路由系统的可扩展性得到了保证。这样,IP地址的两种属性就产生了冲突,最终导致IP地址难以同时满足身份和位置属性的不同要求。

身份与位置分离映射机制的设计思想是将IP地址的身份属性和位置属性这两种属性分离。终端使用唯一的代表身份的接入标识就能在任何地方享受网络服务,即使终端移动到新的网络此接入标识也不会改变。目前,身份与位置分离映射基本可以分为基于网

收稿日期:2010-01-28;修回日期:2010-06-04

基金项目:国家973重点基础研究发展规划(2007CB307101,2007CB307106);教育部高等学校科技创新工程重大项目培育资金项目(706005)

作者简介:范 岩(1985-),男,山西榆次人,硕士研究生,研究方向为下一代互联网、移动互联网;张思东,教授,博士生导师,研究方向为通信与信息系统、下一代互联网。

络侧的和基于主机侧的。基于网络侧的典型分离映射协议 LISP^[6](Locator/ID Separation Protocol)用 EID 来代表身份,用 Locator 来表示位置。基于主机侧的分离映射协议如 HIP^[7,8](Host Identity Protocol),在终端协议栈的网路层与传输层中增加垫层(shim layer)来实现分离映射。分离映射机制可以很好地解决核心网的路由可扩展问题、移动性问题、部分安全问题。但是,并没有针对这种新的网络架构提出子网解决方案。

方便异构网络下不同类型终端的接入是子网设计的一个重要目标,终端类型既可以是基于 IP 网的,也可以是基于移动通信网的,例如 3G(3rd-generation)、WiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access)等网络各类终端。

同时,引入接入子网后,终端的移动由原来的宏移动变为了微移动^[9]。微移动不但减小了宏移动情景下带来的管理控制信令开销,而且由于发生在子网内的移动不必经过核心网,这样大大减少了切换时延。目前,业内已将微移动列为研究热点,各大知名通信业公司以及科研机构都提出了针对域内的微移动协议,例如,Lucent Technologies 提出的支持域内移动的无线网络 HAWAII^[10],Ericsson 和 Columbia University 联合提出的基于主机移动解决方案 Cellular IP^[11]等。

目前的子网研究基本上都是基于移动 IP 的宏移动协议^[8,12]。当前还没有基于身份和位置分离机制的子网接入解决方案,文中将提出在身份和位置分离机制下的子网接入方案。

1 分离映射机制下固定子网接入设计

1.1 子网的网络结构设计

文中提到的子网是指路由器、交换机、无线接入点、集线器、移动通信基站、各类终端等在地域上有一定关联的网络设备组成的集合。在实际网络环境中,固定子网可以是以公司、学校等组成的网络。

文中所设计的子网网络结构为虚拟的树状网络结构^[12]。从设计角度考虑,树状拓扑的最大优势在于有利于路由,同时层次化的树状拓扑中路由器的布置相对简单,功能分工比较明确,管理以及维护方便,使子网变得更加可控可管。然而,在实际中,网状拓扑可以物理上实现了线路链接的备份,使得网络的可靠性更高,抵御突发灾难的强度更大。虚拟的树状网络结构是一种逻辑上的结构,在文中,子网拓扑在物理上设计成网状的,而网络的逻辑结构是树状的,即通过为每个子网内的路由器设置默认网关,这里的默认网关就是该路由器的上一级路由器。通过为每个子网路由器配置逐层向上的默认网关,形成虚拟树状网络结构,所有

子网路由器就接入到相同的接入交换路由器下。

1.2 子网的路由设计

在身份与位置分离映射机制下,终端是通过接入标识进行通信的。在子网内,接入标识不仅代表各个节点的身份,而且还得充当寻路作用。并且,在子网中为终端或路由器配置的接入标识是可聚合的,即在子网内应该分配相同网段的接入标识,网络设备之间所配置的接入标识处于相同的网络前缀下。

在移动情景下,可聚合路由不能很好地适应移动终端。在分身与位置分离框架下,其接入标识是唯一确定的。对于可移动终端,其接入标识可以是与子网处于同一网络前缀,也有可能子网前缀不同。由于网络并不会限制终端在哪里接入,当移动终端接入新的网络时,可能会与接入网络的网络前缀不一致,可聚合路由不能寻路到移动终端。

在身份与位置分离映射机制下,子网路由器可以分为子网内的路由器以及接入交换路由器。子网内路由器除了运行动态路由协议外,还运行微移动协议。接入交换路由器,其特征为接入交换路由器除了运行动态路由协议、身份与位置分离映射协议外,还运行微移动协议。

子网内路由器采用主机路由方式,即移动终端接入子网路由器后,在接入交换路由器和子网路由器之间路径上建立到达该移动终端的主机路由。当移动终端首次接入子网时,在接入的子网路由器上就为其建立一条到达终端的主机路由,同时子网路由器将接入消息转发到它的上一级子网路由器。这样,依次往上,最终到达接入交换路由器,实现了终端与接入交换路由器的互连互通。

接入交换路由器采用了策略路由方式,即按照路由策略对到移动终端的数据包经过查询策略路由表中路由再转发的方式。这样就不用为每个移动终端配置主机路由,同时减少了主机路由带来的开销。接入交换路由器为每个接口建立相应的策略路由表,每个策略路由表里面都包含一条默认路由,默认网关的出口就是这个网卡接口。这样,所有经过该策略路由表的数据包就按照路由策略发往了这个接口所连接的下一个子网路由器。

1.3 终端的接入过程

终端首次接入网络的以下四个步骤,如图 1 所示。

(1) 发送接入消息。当终端首次接入时,它都要向其所接入的子网路由器发送一个包含终端的接入标识接入消息,这样就使接入交换路由器以及子网路由器知道本次接入是哪个终端发起的。

(2) 建立子网路由。子网路由器在收到接入消息

后,会为终端建立一条主机路由,这样确保数据包知道如何路由到达该终端。然后,向默认网关,即上一级子网路由器,传递该接入消息,最终到接入交换路由器。

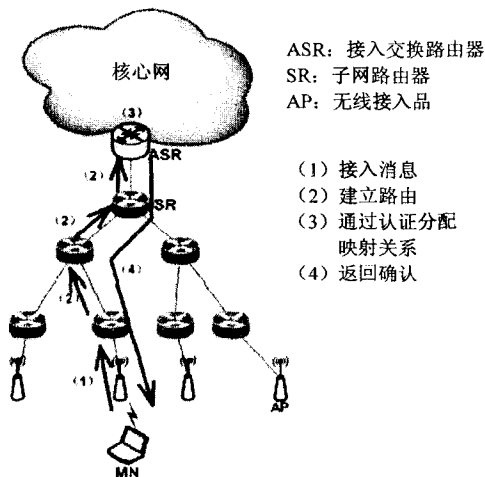


图 1 终端接入过程

(3)当接入交换路由器在发现映射关系表中没有此终端时,为其分配一个新的交换路由标识,并把此新的映射关系写入映射关系表中,网络可获知目前终端所在的位置。

(4)在成功分配完新映射关系后,接入交换路由器向终端返回一个表明可以顺利接入的确认消息,这个返回确认消息能通过步骤(2)中建立的路由直达终端。

1.4 移动性管理

根据移动终端移动范围可以分成多种不同的移动情况:

(1)移动发生在同一子网。

(2)移动发生在同一个接入交换路由器下子网间。

(3)移动发生在不同接入交换路由器下子网间。

第一种情况和第二种情况在本质上是相同的,属于在同一接入交换路由器管辖范围内的移动。在这种情况下,该移动终端的映射关系已经在接入交换路由器本地映射关系表中,移动后不需要再为终端分配新的交换路由标识,需要更新的是接入交换路由器到终端的路由。

第三种情况是全局性移动,即在不同接入交换路由器下的移动。当移动终端切换到另一个接入交换路由器下子网接入时,接入交换路由器将重新分配新的交换路由标识给移动终端。同时,子网内路由器到达终端的路由也要随着终端的移动发生相应的变化。

根据终端移动范围将移动分为子网内移动和子网间移动,分别进行设计。

1.4.1 子网内移动

子网内移动属于在同一接入交换路由器管辖范围内的移动,或称微移动。当终端在同一接入交换路由器下的子网内切换时,便会形成子网路由器到移动终端的新路径。新路径与旧路径形成一个称为 COR (Cross-Over Router)的交叉点,COR上既有到移动终端的新路由,又有到移动终端的旧路由。COR示意图如图 2 所示。

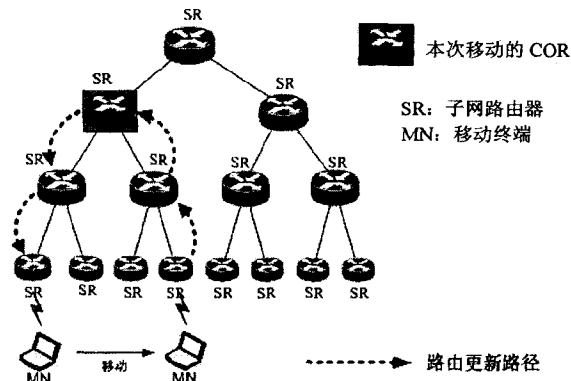


图 2 COR 示意图

移动终端在同一交换路由器下的子网移动时不需要更新映射关系,只是更新到达终端的路由,包括删除旧路径上的旧路由并创建新路径上主机路由。如图 3 所示。

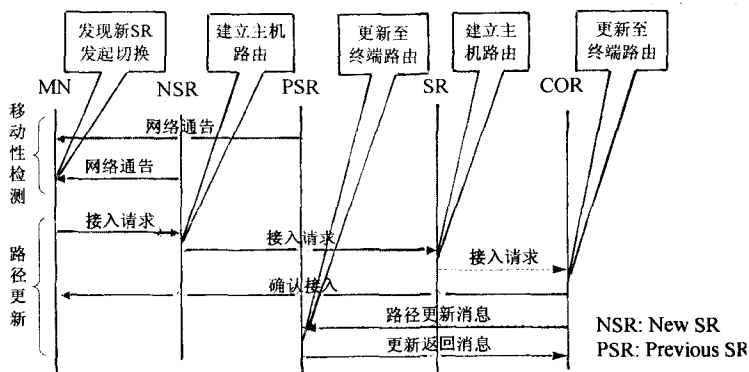


图 3 同一接入交换路由器下的移动交互步骤

其包含的步骤为:

(1)子网路由器(SR)通过无线网卡定时发送网络通告消息,通告消息内容为终端到子网路由器的网关信息。

(2)移动终端开启接受线程不断接受来自接入路由器的通告消息,并通过比较之前保存的网管信息与新接受到的网管信息是否相同来判断自身是否移动。当终端判断已经移动到新的子网路由器下时,终端主动发起切换并发送包含移动终端接入标识的接入消息。

(3)子网路由器接收到终端接入消息后,首先查询

子网路由表,如果路由表中存在该终端的主机路由,说明此路由器是 COR。如果此移动终端是首次接入,子网路由表将在路由表中增加一条到该终端的主机路由,并把此接入消息通过默认路由传递给上级子网路由器。

(4)上层路由器接收到此接入消息后执行步骤(3),直到找到本次移动的 COR,即在子网内某个子网路由表存在该移动终端的主机路由。

(5)向本次移动的 COR 子网路由表增加一条新的主机路由,此主机路由代表了新路径,同时替换旧的主机路由,然后向终端返回接入成功的确认消息。此后,COR 向旧路径上的子网路由器发送路径更新消息,删除旧路径上的主机路由。若此接入消息传递到接入交换路由器,并且接入交换路由器映射表中存在该移动终端的映射关系,这说明本次移动的 COR 是接入交换路由器。接入交换路由器作为 COR 也与普通子网路由器基本相同,唯一不同的是必须修改此终端策略路由表中涉及的接口信息,同时,接入交换路由器往移动终端原先接入的接口上发送包含移动终端的接入标识和 COR 的接入标识的路径更新消息。

(6)当旧路径上的子网路由器收到路径更新消息后,说明移动终端已经离开子网,需要删除子网路由表里该移动终端的主机路由。如果子网路由表内存有到该移动终端相同网段的路由,为了避免出现路由黑洞,还得为移动终端增加一条主机路由通往默认网关。这样,路径更新消息会逐层向下更新所有旧路径上的主机路由,直到更新完旧路径上所有到该移动终端的路由。

(7)直到旧路径上所有路由器路由更新完毕后,最后一个子网路由器往 COR 返回一个更新确认消息。

1.4.2 子网间移动

(1)与同一接入交换路由器下的移动步骤(1)相同。

(2)与同一接入交换路由器下的移动步骤(2)相同。

(3)由于移动终端在子网之间切换,新子网内不会有该移动终端的特定主机路由,并且消息在传递的过程中不会遇到 COR。新路径上的子网路由器首先增加到移动终端的主机路由,然后向网关转发终端的接入消息,并一直传递到接入交换路由器。

(4)接入交换路由器收到该终端的接入消息后,判断移动终端是否为首次接入,如果是就为其分配新的映射关系,并向移动终端返回一个确认成功接入的消息,同时还需要向映射服务器通告终端最新的映射关系,保持数据统一性。

(5)映射服务器收到接入交换路由器的映射关系更新请求,并更新数据库中该终端的映射关系。

(6)移动终端在子网间切换,即从旧的接入交换路由器切换到新的交换路由器,切换完成后,旧接入交换路由器除了更新映射关系外,还要向子网内旧路径上的子网路由器发送路径更新消息。

(7)旧路径上子网路由器收到路径更新消息后,首先删除子网路由表里到达该终端的主机路由,再向旧路径上下一个子网路由器发送路径更新消息,直到更新完旧路径上所有到该移动终端的路由。

(8)旧路径上所有路由器路由更新完毕后,最后一个子网路由器往接入交换路由器返回一个更新确认消息,通告旧接入交换路由器旧路径上所有该终端的主机路由已经删除。

2 性能测试

2.1 测试环境

子网系统的测试环境如图 4 所示,网络拓扑是由三个接入交换路由器 ASR、三个子网路由器 SR、三个 AP、广义交换路由器 GSR、映射服务器 IDS 组成。接入交换路由器(ASR)中运行分离映射协议。ASR1 下的 SR1 和 SR2 属于一个子网,ASR2 下的 SR3 属于另一个子网。测试分为功能测试和性能测试。功能测试包括移动终端接入、终端子网内移动切换和子网间移动切换、路由更新等。性能测试针对移动时延及使用效果进行测试。

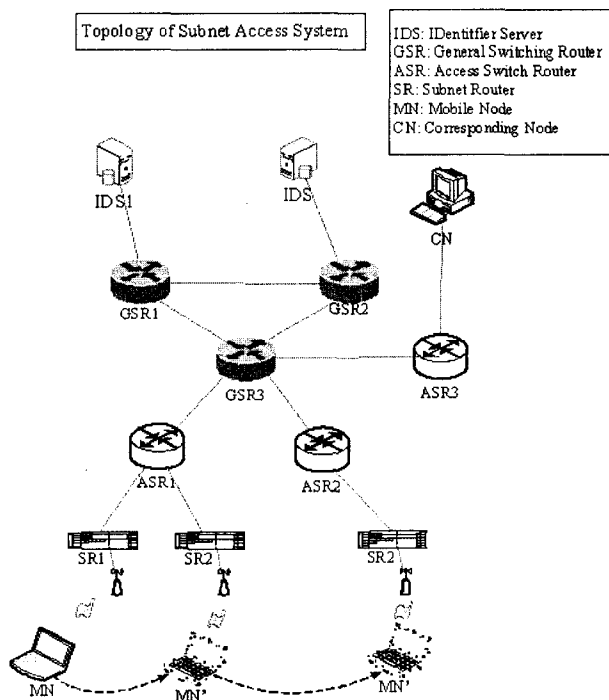


图 4 测试环境

2.2 子网内切换性能测试

MN 在子网内不断切换,并且一直保持与通信对端通信,使用 ping 包测试切换时延,其中 ping 包的发包间隔为 10ms。

从图 5 中可以看出,测试结果为:移动切换时延分布在 200ms 到 500ms 之间,平均时延约为 305ms。使用效果测试使用真实的实时视频流,视频源为 CN,即通信对端,移动终端 MN 通过 VLC 接受视频流,选用的传输协议为 TCP。MN 在 SR1 与 SR2 之间不断切换,测试结果为:视频播放顺畅,抖动不大,观看效果良好。

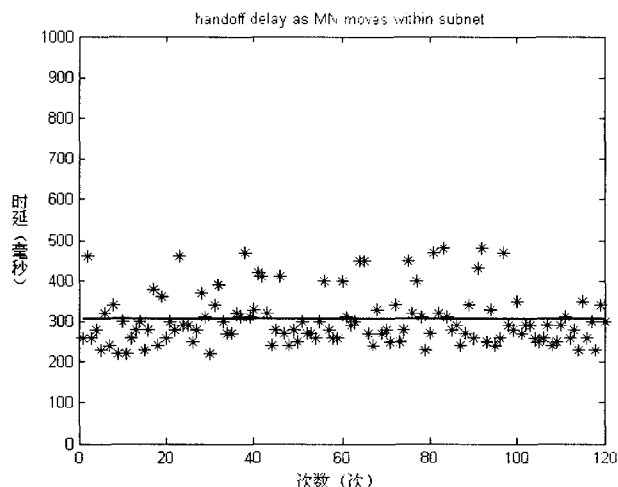


图 5 子网内的移动切换时延分布

2.3 子网间切换性能测试

MN 连续在 ASR 所管理的子网间切换时,同样使用 ping 包测试切换时延。测试结果为:时延分布在 250ms 到 630ms 之间,平均大致时延为 440ms。使用效果测试使用真实的实时视频流,视频源为 CN,即通信对端,移动终端 MN 通过 VLC 接受视频流,选用的传输协议为 TCP。MN 在 ASR1 与 ASR2 之间不断切换,测试结果为:视频播放顺畅,频繁切换视频有少许的抖动,但不影响观看效果。

3 结束语

文中在分离映射机制的基础上设计了微移动协议,提出了虚拟树状子网网络结构,以及主机路由和策略路由这两种子网内的路由机制。另外,还设计了终

端接入过程,并对终端在子网内移动和子网间移动这两种不同情况分别设计了详细的消息流程以及具体的移动性管理机制。最后,在实际的测试网络中,从切换性能和应用效果方面进行了测试子网性能,从整体效果上可以看出微移动协议可以为用户提供很好的接入网络服务。

参考文献:

- [1] GENI: Global Environment for Network Innovations[EB/OL]. 2007. <http://www.geni.net>.
- [2] FIND: Future Internet Network Design[EB/OL]. 2007. <http://find.isi.edu>.
- [3] FIRE: Future Internet Research and Experimentation[EB/OL]. 2007. <http://cordis.europa.eu/ist/fet/comm-s-fire.htm>.
- [4] 张宏科, 苏伟. 新网络体系基础研究——一体化网络与普适服务[J]. 电子学报, 2007, 35(4): 599-606.
- [5] 董平, 秦雅娟, 张宏科. 支持普适服务的一体化网络研究[J]. 电子学报, 2007, 35(4): 599-606.
- [6] Farinacci D, Fuller V, Oran D, et al. Locator/ID separation protocol(LISP)[S]. IETF Internet Draft, draft-farinacci-lisp-07.txt (work in progress), 2008.
- [7] Moskowitz R, Nikander P. Host identity protocol (HIP) architecture[S]. RFC4423, 2006.
- [8] So J Y H, Wang Jidong. Micro-HIP A HIP-Based Micro-Mobility Solution[C] // Communications Workshops, 2008. ICC Workshops'08. IEEE International Conference. [s.l.]:[s.n.], 2008.
- [9] 唐宏, 吴中福, 聂能. 宏移动协议和微移动协议的注册性能比较[J]. 计算机学报, 2003, 26(6): 765-768.
- [10] Ramjee R, Varadhan K, Salgarelli L, et al. HAWAII: a domain-based approach for supporting mobility in wide-area wireless networks[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2002, 10(3): 396-410.
- [11] Campbell A T, Gomez J, Valko A G. An overview of cellular IP Wireless Communications and Networking Conference. [s.l.]:[s.n.], 1999.
- [12] Johnson T, Prado R, Zagari E, et al. Considerations on performance evaluation of micro-mobility architectures for IP networks[C] // Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2008. PIMRC 2008. IEEE 19th International Symposium. [s.l.]:[s.n.], 2008.

中国计算机学会会刊《计算机技术与发展》
编委会工作会议 8 月 25 日在北京大学信息技术学院胜利召开!