

移动IP技术

糜正琨

(南京邮电大学, 江苏 南京 210003)

[编者按] 随着无线通信技术和便携式终端技术的快速发展,面向固定网络环境的传统IP技术迫切需要更新,以支持主机在网络中的漫游和移动。为此提出了移动IP技术,它是下一代通信网络(NGN)和下一代因特网(NGI)的重要基础技术。本讲座分3期介绍该项技术:第1期介绍了移动IPv4和移动IPv6的基本原理和关键技术;第2期介绍了移动IP的路由优化技术和安全技术;第3期则在分析移动IP切换过程技术特点和切换时延的基础上,重点介绍两种典型的微移动切换技术——快速移动IP技术和分级移动IP技术,最后简述移动IP技术的未来发展。

中图分类号:TN929.5 文献标识码:A 文章编号:1009-6868 (2008) 04-0054-05

3

7 移动IP切换

7.1 宏移动性和微移动性

移动IP提出的初衷是为了解决便携式计算机异地使用时的即插即用问题,这样的异地迁移通常不涉及通信的中断,常称为游牧式移动。随着无线通信,特别是移动通信的发展,越来越多的小型化IP终端将在通信过程中发生位置变化,这样的迁移通常局限在较小的区域内发生,而且要求在迁移过程中保持通信连接不中断,常称为切换式移动。鉴于此,业界提出了宏移动性和微移动性两个概念。

所谓宏移动性指的是终端跨越不同域的移动。这里的域通常指的是管理域,可以是隶属于不同运营商的运行域,也可以是从属于同一运营商的不同本地域,或者是本地不同的无线接入域。每个域都包含众多路由器,还可能包含多种无线接入技术。从管理的角度考虑,每个域都设置有特定的网元负责和其他域或者公共Internet之间的通信,因此,终端跨越移动时,其路由地址必须改变,其支撑技术就是前文讨论的MIPv4和

MIPv6技术。

所谓微移动性指的是终端在同一域内跨域不同的子域移动,各子域配备有各自的接入路由器。虽然,从原理上说扩展的移动IP(MIP)技术同样适用于微移动性管理,但是由于它要求终端每次移动时都要向位于家乡网络的家乡代理(HA)注册,当访问点远离家乡时注册消息交互将耗费很长的时间,尤其是对于需要QoS保证的通信应用,注册后要重新建立自HA直至访问点路径上的资源预留,而对于微移动情况来说,大部分路径其实是和原来路径重合的,因此简单地采用MIP技术将导致较大的切换时延以及在切换过程中的突发性丢包,对于如IP音视频通信这样的实时移动通信来说是不可行的。为此,人们针对微移动性应用场景提出了一些MIP技术,典型的技术是分级移动IP(HMIP)技术。

7.2 二层切换和三层切换

在移动通信情况下,终端切换首先执行的是无线接口的变换,称之为无线链路层切换或二层切换。当终端在同一子网内跨越不同接入点(AP)

移动时,仅涉及二层切换。切换触发最基本的条件就是无线信号强度降低到一定的门限值,此时终端通过特定的方法来选定切换目标AP,建立和该AP的同步和认证,建立起链路层链接,具体过程会因不同的接入技术而不同。

当终端跨越不同子网移动时,则既涉及二层切换又涉及网络层切换,即三层切换。通常采用的是顺序切换方法,即首先完成二层切换,然后再启动基于MIP的三层切换。为了加快切换速度,人们提出了综合二层和三层的跨层切换技术,在执行二层切换之前先期完成三层切换的转交地址(CoA)配置等功能,典型的技术是快速移动IP(FMIP)技术。

7.3 移动IP切换技术要求

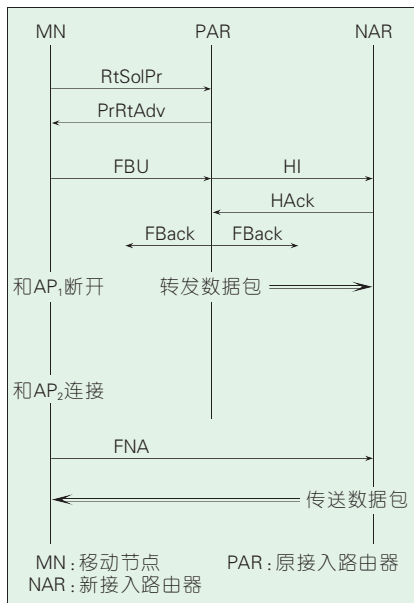
移动IP切换技术应能支持IP终端在小范围内的无缝切换移动,其主要技术要求包括切换、扩展性、QoS和演进4个方面。

首先是快速切换。主要思路是尽量减少HA远程注册的次数,以使用户在域内本地移动时降低信令开销,减小切换时延和切换过程中的丢包数量。

其次是良好的可扩展性。一方面随着域内移动终端数量的增加,协议性能不应明显下降。另一方面应有一个支持本地微移动的灵活的、分布式网络结构,该结构设置有多个本地移动性代理管理IP终端在本域内的切换移动,每个终端的路由转发信息分布在多个代理中,以消除单点故障和性能瓶颈。

再次是QoS能力。当IP终端在本域内切换移动时,能确保其QoS保持不变。这里指的是本域传送网所提供的QoS能力,并不是指端到端的用户QoS。

最后是逐步演进能力。所提出的技术应能逐步在网络中部署,即部署了移动IP切换技术的节点能够和常规MIP节点共存。



▲图9 预先切换模式协议过程

下面着重介绍典型的 FMIP 和 HMIP 技术。

8 快速移动IP技术

8.1 FMIP 技术原理

基于常规 MIPv6 实现的切换需包含 3 个过程。首先是移动检测,先是执行二层切换,在无线链路层完成从原接入点(AP_1)至新接入点(AP_2)的切换,并由 AP_2 链路上收到的新接入路由器(NAR)的路由器公告,才能判定发生了跨越不同子网的三层切换。其次是配置新的 CoA 地址(NCoA),根据配置方法的不同还可能需要执行邻居发现协议,以确保所配置的地址没有发生冲突。最后是执行和远程 HA 及对端节点(CN)之间的位置更新过程,只有在更新成功以后,移动节点(MN)才能在新的地址上接收和发送数据包。每个过程都有相当的时间开销,而且 3 个过程都是顺序执行的,由此造成较大的切换时延。

为此,FMIP 采用增强协议和跨层切换的方法有效地降低切换时延。首先,由原接入路由器(PAR)代理 NAR 发送路由器公告,使 MN 在启动二层切换之前就能判定是否将触发三层

切换,并预先获得 NAR 的信息,由此实现快速移动检测。其次,MN 利用所获得的 NAR 前缀信息,在切换之前预先配置好 NCoA,并在二层切换之前就确认配置的地址没有冲突,或在二层切换完成之后立即主动发送邻居通告消息,告知 NAR 该配置的地址,由此实现快速 CoA 配置。最后,在尚未完成和 HA/CN 的位置更新之前,在 PAR 和 NAR 之间建立一条临时的双向隧道,使得 MN 仍然能通过原有的 CoA (PCoA)接收和发送数据包,以避免由于切换过程引起的数据丢失。

根据 NCoA 的确认发生在二层切换之前还是之后,FMIP 有两种操作模式,分别称为“预先切换模式”和“反应切换模式”。

8.2 预先切换模式

图 9 给出了预先切换模式的协议过程,所示协议消息均为 FMIP 新定义的。初始状态是 MN 经无线链路由 AP_1 接入网络, AP_1 和 PAR 相联。

切换步骤为:

(1)MN 通过扫描判定无线链路质量下降需要进行二层切换,并确定了目标接入点 AP_2 ,于是向 PAR 发送代理路由器请求(RtSolPr)消息,请求后者告知 AP_2 所连接的路由器的信息。

(2)PAR 向 MN 回送代理路由器公告(PrRtAdv)消息。由于运营商在各接入路由器中预先配置了相邻路由器及其所连接 AP 的信息,因此 PAR 知悉 AP_2 所联的接入路由器。若联接的是一个新的路由器 NAR,则消息中携带 [AP_2 , NAR 信息]二元组,其中 NAR 信息包括路由器的前缀、IP 地址和二层地址。收到该消息后,MN 在尚未进行二层切换之前就获知需要进行三层切换。

若 AP_2 也和 PAR 相联,或 NAR 不支持 FMIP,则 PAR 将通过消息将情况告知 MN。前者情况不涉及三层切换,后者情况将执行常规的 MIPv6 过程。

MN 也可以询问多个可选目标 AP 的接入路由器信息,此时 PAR 将在消

息中包含多个 [AP_2 , NAR 信息] 二元组。在某些无线通信系统中,即使切换决策是由 MN 和网络交互完成的,但切换控制权位于网络侧,此时 MN 并不发送 RtSolPr 消息,PAR 将主动向 MN 发送 PrRtAdv 消息。

(3)MN 收到此消息并判定需执行三层切换时,根据消息中的 NAR 信息自动配置 NCoA 地址,然后通过原无线链路由 PAR 发送快速位置更新(FBU)消息,告知该地址。

(4)PAR 收到该消息后,根据最长匹配原则比较 NCoA 和所有相邻接入路由器的前缀以确定 NAR,然后向其发送切换启动(HI)消息,内含 NCoA。

(5)NAR 判定 NCoA 是否和已分配的地址发生冲突,如无则接受,如冲突可另行分配一个新的 NCoA,或由 MN 重新配置,其结果将在切换确认(HAcK)消息中返回 PAR。由于在位置更新过程尚未完成之前 MN 仍然只能以 PCoA 为源地址向 CN 发送数据包,因此 NAR 可建立至 PAR 的反向隧道,以便将该数据包转发给 PAR。

(6)PAR 收到此消息后,建立至 NAR 的隧道,以在位置更新过程尚未完成之前将目的地址为 PCoA 的数据包转发给 NAR。同时,向 MN 发送快速位置更新确认(FBack)消息。

(7)MN 执行二层切换,断开和 AP_1 的连接,建立和 AP_2 的连接,并立即经由新的无线链路由 NAR 发送快速邻居通告(FNA)消息。

(8)NAR 收到 FNA,知悉 MN 已接入新的 IP 子网,就可将 PAR 经由隧道转发来的数据包传送给 MN。

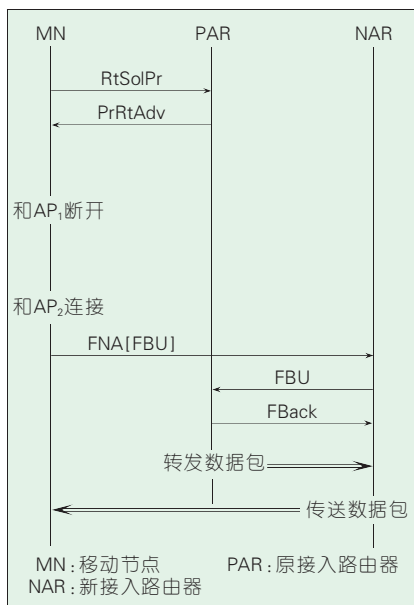
待位置更新过程完成后,PAR-NAR 之间的隧道拆除,MN 将使用 NCoA 地址经由 AP_2 -NAR 正常收发数据包。至此,切换过程完成。

8.3 反应切换模式

图 10 示出反应切换模式的协议过程。

其步骤为:

(1)-(2)同预先切换模式。



▲图10 反应切换模式协议过程

(3) 由于原无线链路质量已降至阈值以下, MN尚未发出FBU或尚未收到FBack消息时就已执行二层切换。此时, 一旦MN接入AP₂就立即向NAR发送快速邻居通告(FNA)消息, 该消息内封装了FBU消息。

(4) NAR校验NCoA地址, 如无冲突则建立对应的邻居缓存项, 同时向PAR转发内部封装的FBU消息。

(5) PAR收到后回送FBack, 并建立至NAR的隧道, 将切换过程中送往PCoA的数据包经隧道转发至NAR, 再由后者传送给MN。反向隧道则用于传送MN发送的数据包。

9 分级移动IPv6技术

9.1 HMIPv6技术原理

FMIP给出了快速移动检测和快速CoA配置的解决方案, 但是并没有减少MN至HA/CN位置更新的信令消息数量, 对于资源紧缺的无线链路来说, 频繁的切换将产生可观的信令负荷和消息交互时延。虽然FMIP通过建立PAR-NAR间的临时隧道可避免位置更新期间的数据包丢失, 但是隧道转发数据和切换后正常传送数据可能错序, 从而导致TCP传输出错。为

此, 有必要尽量减少切换时位置更新消息的数量, 理想情况下, 不论与MN通信的CN数量是多少, 希望切换时只需要执行一次位置更新过程。HMIPv6协议的设计思想就是保证在微移动情况下达到此目的。

HMIPv6采用两级HA结构, 如图11所示。

和移动通信网类似, 它将整个IP网络划分为一个家乡域和众多个访问域, 每个访问域内设置有一个移动锚点(MAP), 无论MN位于访问域中何处, 所有与HA或CN之间收发的数据包必须经由MAP转发。因此, 当MN在同一访问域内跨越不同的接入路由器移动时(如AR₁→AR₂), 由于MAP没有变化, HA和CN感觉不到MN发生移动, 此时MN只需告知MAP其在新的接入路由器下的CoA, 该CoA称之为链路转交地址(LCoA), 该过程称之为本地位置更新(LBU)。当MN跨越不同访问域移动时(如AR₂→AR₃), 则MN不但要在新的访问域进行本地位置更新, 还要向HA和CN进行常规的位置更新(BU), 告知新的MAP的地址, 该地址称之为区域转交地址(RCoA)。在移动通信场景中, 可将无线接入网设定为一个MAP域, 由于移动用户大多数情况下是在同一无线接入网范围内切换(微移动切换), 因此通常只需执行一次LBU过程, 可有效地减少

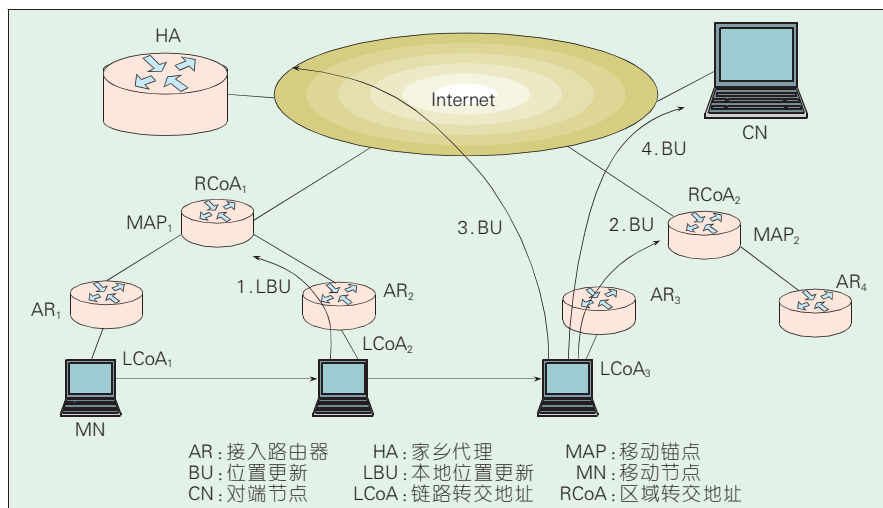
切换信令的开销。

由上可见, 对于MN而言, MAP的作用相当于是位于访问域中的本地HA, 它和位于原籍地的常规HA构成两级HA结构, 当MN在本地移动时只需向本地HA注册即可, 故称此协议为“分级移动IP”。从数据传送的角度看, MAP和MIPv4中的外部代理(FA)类似, 差别在于FA只管理一个子网, MAP则管理多个子网。

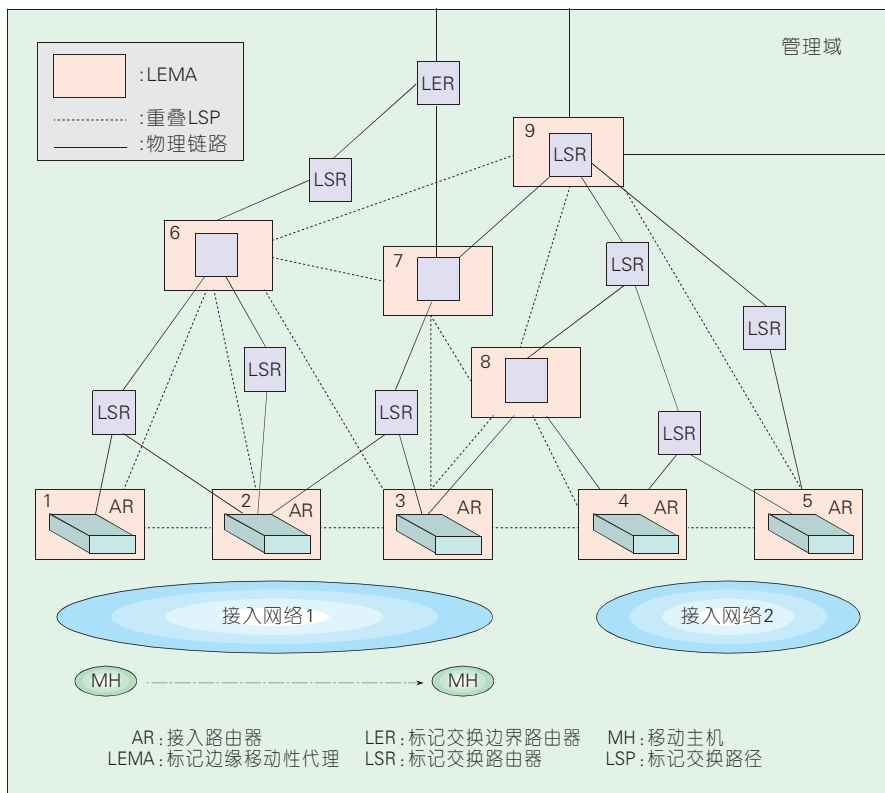
HMIPv6协议利用在路由器通告消息中设置MAP选项的方法实现MAP的发现。和HA发现类似, MAP选项的内容包含MAP的全局地址、表示其可用性的优先级和有效生命期, 除此以外还包含该接入路由器和MAP的距离。通过分析MAP地址, MN可判断是否发生了跨域移动; 通过分析MAP距离, MN可判断数据包在域内传送的时延大小。在一般情况下, 无论CN位于何处, MN总是经由MAP与其收发数据, 但当CN和MN位于同一接入路由器下时, 如果该路由器和MAP的距离较大, MN可以选择和CN直接通信, 即向CN进行位置更新时告知的是MN的LCoA, 而不是MAP的RCoA。

9.2 HMIPv6网络部署

在网络中具体部署HMIPv6时, 首先要合理规划MAP域的大小。从减少



▲图11 HMIPv6的两级HA结构



▲图12 LEMA网络结构

信令开销的角度考虑,MAP域不宜太小,以便保持一定的微移动切换范围,但是所设置的MAP必须有足够的处理能力,能处理全域所有移动节点的信令和话务流量,不能成为该域的瓶颈。从路由优化的角度考虑,MAP域不能太大,如果它和接入路由器的距离过大,和CN-MN直接通信的优化路由相比,经由MAP转发将引入较大的附加时延。而且,要求MAP和各个接入路由器间的距离比较均衡,使得当MN进行本地移动时,MAP转发路径的时延大致相同。

为了能扩大MAP域的范围,又不影响数据传送速度和路由优化,可以在域内设置多个MAP,置于域内中心位置,按照负荷分担方式工作。此时,接入路由器通告应包含域内所有MAP的信息,MN可根据可用优先级选择一个MAP。这样,不但可提高协议性能,还能避免设置一个MAP引起的单点故障问题。为此,在本地微移动切换时,允许MN同时向多个MAP

进行本地位置更新,若当前注册MAP发生故障,可以快速切换到其他MAP。位于边缘的接入路由器还可以同时通告邻域中的MAP,若MN尚在本域但预测将移动进入邻域,则可以预先向邻域的MAP进行本地位置更新,藉此提高跨域切换的速度。当MN进入邻域后,还可以向原先域的MAP注册邻域中的新的链路CoA,这样,在和HA/CN完成位置更新之前,可以经由原先的MAP转发数据包,以避免切换过程中的数据丢失。

10 移动IP扩展技术

10.1 基于MPLS的MIP技术

由前述分析可知,MIPv6实现的重要一环是在HA和MN或FA之间建立隧道,最常用的就是IP in IP隧道。随着多协议标记交换(MPLS)技术的日益广泛应用,一个重要的发展趋势是将MPLS引入未来B3G系统的无线接入网,形成全IP移动通信网络,而

MPLS网络的基本技术特征就是以面向连接的标记交换路径(LSP)作为隧道支持数据的快速可靠传送,因此一个自然的想法就是将MIP技术和MPLS相结合,实现快速微移动切换。

其网络结构如图12所示。

其中,所有AR和选定的标记交换路由器(LSR)或标记交换边界路由器(LER)装载有支持微移动IP的标记边缘移动性代理(LEMA)软件,形成构建于MPLS之上的LEMA重叠网络。路由器通告将包含由AR和上层LEMA实体(LSR)组成的多级串接LSP,作为域内数据传送的隧道,这样的隧道可以有多个,其串接级数也可能不同,MN可自行选择其中一条隧道。位于隧道最上层的LEMA实体和家乡域的HA交互,其作用相当于HMIP中的MAP。当MN在域内跨越不同AR移动时,可通过专门定义的本地注册消息或重定向消息建立或修改LSP隧道,只要隧道最上层的LEMA实体不变,就无需执行和HA之间的位置更新过程。

如图12,假设MN首先接入AR₁,收到的路由器通告中包含LEMA级联树(1,6,(7,9)),MN选择(1,6,9)作为隧道,分别向AR₁,LSR₆,LER₉分别发送本地注册消息,建立起9-->6-->1的LSP隧道。其后MN移动接入AR₂,收到的路由器通告中包含LEMA级联树(2,6,(7,9)),MN选择(2,6,9)作为新的隧道,此时只需向LSR₆发送重定向消息,后者将至MN的数据包由LSP(6,1)重定向至LSP(6,2)。后来MN又移动接入AR₃,收到的路由器通告中包含LEMA级联树(3,8,(7,9)),MN选择(3,8,9)作为新的隧道,分别向LSR₈和LER₉发送本地注册消息和重定向消息,将隧道改为9-->8-->3。在整个移动过程中,隧道端点LER₉不变,相当于是MAP,因而不涉及和HA之间的位置更新。

由于MPLS网络中的LSP可以预先建立,因此隧道更改只需要在已有LSP中增设对应于MN主机IP地址的转发等价类(FEC)项即可,而且通常

隧道更改只涉及部分级联LSP的修改,所以切换速度很快。此外,还可以充分利用MPLS的话务工程能力、QoS能力和故障保护能力,获得有质量保证、安全可靠的传送性能。

10.2 代理移动IP技术

上述所有移动IP技术都要求MN支持MIP协议,但是现实情况是许多终端的协议栈并不支持MIP,为此,IETF定义了一种基于网络的移动性管理协议。该协议在网络中设置有一个本地移动锚点(LMA)和多个移动接入网关(MAG),LMA的作用相当于是本地域中的HA,MAG通常部署在接入路由器上,其作用是作为MN的代理向LMA进行注册登记。由于MN的移动性管理协议功能将由网络中的MAG代理完成,因此称该协议为代理移动IP(PMIP),LMA覆盖的区域为一个PMIP域。

当MN接入时,MAG通过接入认证过程可获知唯一识别移动节点的MN标识,然后代表MN向LMA注册,注册消息中带有MN标识以及MAG地址。LMA收到注册消息后,为MN分配一个家乡网络前缀(MN-HNP),并通过注册确认消息告知MAG。后者则通过路由器通告告知MN,MN据此自动配置其家乡地址(MN-HoA)。LMA通过注册过程建立MN-HNP与对应MAG地址的绑定以及与该MAG之间的双向隧道,LMA将MAG地址视为它代理的MN的转交地址,因此称其为Proxy-CoA。在PMIP域中,每个MN分配的

MN-HNP都不相同,且所有MN-HNP的路由锚点均为LMA,即所有目的地址前缀为MN-HNP的数据包均将路由至LMA,然后由LMA通过隧道转发给绑定的MAG,最后由MAG将数据包转发给MN。MN发送的数据包则通过反向隧道由MAG送交LMA,再由后者进行转发。

当MN在PMIP域内从原先MAG迁移至新的MAG时,后者将向LMA发起新的注册登记,更新LMA中的绑定。由于MN标识是固定不变的,因此LMA分配的MN-HNP也维持不变,于是MN通过路由器通告获知相同的网络前缀,感觉不到发生了移动。因此利用PMIP,网络对于不具备MIP协议功能的终端也能提供移动IP服务。目前IETF正在继续进行跨PMIP域的移动性管理过程。

10.3 网络移动性技术

至此为止,所有的讨论都是针对单个主机移动而言的,实际情况还可能是一个局部网络整体在移动。例如,在飞机、火车、轮船等大型交通工具中部署了为旅客服务的局域网,随着这些交通设施的行驶,整个局域网在发生移动,要保证局部网络中的每个主机在移动过程中仍然能与外部通信节点进行正常的通信,就需要研究网络移动性(NEMO)技术。

移动网络通过一个或多个移动路由器(MR)和外部Internet相联,移动网络中所有主机与外部网络交互的数据都经由MR转发,MR是内外网络

之间的网关,相当于HMIP中的MAP功能。移动网络内部主机相对于MR来说是固定的,感觉不到自己在移动,MR的外部接口地址相当于整个移动网络的CoA。因此,网络移动性管理最终将归结为MR的移动性管理问题,对于MR的移动性管理将最大限度地重用已有的MIP技术和协议。IETF的NEMO工作组对此进行专题研究,已提出网络结构及解决方案,并正在继续研究嵌套移动网络的问题以及移动网络情况下的路由优化问题。

11 结束语

随着以IP为核心的下一代网络技术以及无线通信技术的快速发展,信息通信界日益重视移动IP技术的研究,已将其用于CDMA、3G、WiMAX等无线通信系统,对其提出了更高的性能要求,并围绕快速性、可靠性、安全性、无缝切换、接入认证等方面的问题继续深入地研究新的技术。(续完)

收稿日期:2008-07-21

作者简介



廉正琨,南京邮电大学通信与信息工程学院教授、博士生导师,中国通信学会会员。目前主要研究方向是下一代网络技术和异构网络融合技术。曾获江苏省科技进步二等奖一项,信息产业部科技进步二等奖和三等奖各一项,已发表SCI、EI收录论文30余篇,出版专著和国家级教材8部,申请国家发明专利4项。

放号突破20万 中兴通讯“网络视讯”助力江苏电信IPTV快速发展

2008年10月,江苏电信IPTV项目放号用户突破20万,成为继上海电信后,又一个突破20万用户门槛的省份,江苏电信IPTV业务步入快速发展阶段。

据了解,江苏电信IPTV项目由中兴通讯独家承建。

自2005年以来,中兴通讯积极支持江苏电信IPTV业务内涵拓展,并与江苏电信一起,探索和发展了以“整合资源、发展用户”为思路 and 策略的“网络视讯”业务解决方案,开展了以IPTV平台为融合业务平台,大力发展IPTV、视频监控、可视通信、视频会议等多媒体视音频类业务的探索,走出了有地方特色的IPTV业务发展之路。