

# 移动互联网技术综述

何 达, 瞿 玮, 周华春

(北京交通大学电子信息工程学院, 北京市 100044)

**摘 要** 移动性是互联网发展方向之一。移动互联网的基础协议能支持单一无线终端的移动和漫游功能,但这种基础协议并不完善,在处理终端切换时,存在较大时延且需要较大传输开销,此外它不支持子网的移动性。移动互联网的扩展协议能较好解决上述问题。文章首先介绍移动互联网的基本目标,然后介绍移动互联网的基础协议工作原理,最后介绍能提高移动互联网工作性能的扩展协议。

**关键词** 移动互联网; 移动 IPv6; 移动 IPv6 的快速切换; 层次移动 IPv6 的移动性管理; 子网移动

## 0 引言

随着网络技术和无线通信设备的迅速发展,人们迫切希望能随时随地从 Internet 上获取信息。针对这种情况,Internet 工程任务组(IETF)于 1996 年开始制定支持移动 Internet 的技术标准。目前,移动 IPv6 的正式标准(MIPv6-RFC3775<sup>[1]</sup>)和相关标准:移动 IPv6 的快速切换(FMIPv6-RFC4068<sup>[2]</sup>)、层次移动 IPv6 的移动性管理(HMIPv6-RFC4140<sup>[3]</sup>)、网络移动(NEMO-RFC3963<sup>[4]</sup>)已经出台,相关的各项开发工作都在进行中。

下一代移动通信的核心网是基于 IP 分组交换的,而且移动通信技术和互联网技术的发展呈现出相互融合的趋势,故在下一代移动通信系统中,可以较为容易地引入移动互联网技术,移动互联网技术必将得到广泛应用。

## 1 移动互联网的目标

传统 IP 技术的主机不论是有线接入还是无线接入,基本上都是固定不动的,或者只能在一个子网范围内小规模移动。在通信期间,它们的 IP 地址和端口号保持不变。而移动 IP 主机在通信期间可能需要在不同子网间移动,当移动到新的子网时,如果不改变其 IP 地址,就不能接入这个新的子网。如果为了接入新的子网而改变其 IP 地址,那么先前的通信将会中断。

移动互联网技术是在 Internet 上提供移动功能的网络层方案,它可以使移动节点用一个永久的地址与互联网中的任何主机通信,并且在切换子网时不中断正在进行的通信。达到的效果如图 1 所示。

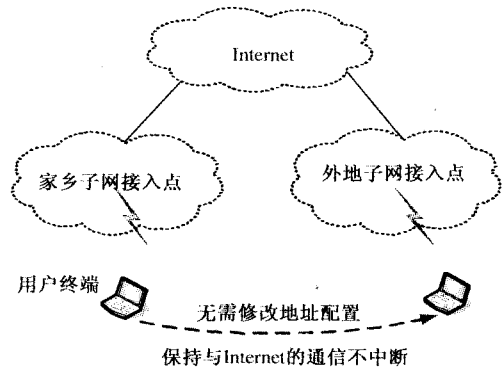


图 1 移动互联网的目标

## 2 移动互联网的基础协议

移动互联网的基础协议为移动 IPv6 协议(MIPv6),IETF 已经发布了 MIPv6 的正式协议标准 RFC3775<sup>[1]</sup>。MIPv6 支持单一终端无需改动地址配置,可在不同子网间进行移动切换,而保持上层协议的通信不发生中断。

在 MIPv6 体系结构中,含有 3 种功能实体:移动节点(MN)、家乡代理(HA)、通信节点(CN)。其中 MN 为移动终端;HA 位于家乡子网,负责记录 MN 的当前位置,并将发往 MN 的数据转发至 MN 的当

前位置;CN为与MN通信的对端节点。

MIPv6的主要目标是使MN不管是连接在家乡链路还是移动到外地链路,总是通过家乡地址(HoA)寻址。MIPv6对IP层以上的协议层是完全透明的,使得MN在不同子网间移动时,运行在该节点上的应用程序不需修改或配置仍然可用。

每个MN都设置了一个固定的HoA,这个地址与其当前接入互联网的位置无关。当MN移动至外地子网时,需要配置一个具有外地网络前缀的转交地址(CoA),并通过CoA提供MN当前的位置信息。MN每次改变位置,都要将它最新的CoA告诉HA,HA将HoA和CoA的对应关系记录至绑定缓存。假设此时一个CN向MN发送数据,由于目的地址为HoA,故这些数据将被路由至MN的家乡链路,HA负责将其捕获。查询绑定缓存后,HA可以知道这些数据可以用CoA路由至MN的当前位置,HA通过隧道将数据发送至MN。在反方向,MN首先以HoA作为源地址构造数据报,然后将这些报文通过隧道送至HA,再由HA转发至CN。这就是MIPv6的反向隧道工作模式。

若CN也支持MIPv6功能,则MN也会向它通告最新的CoA,这时CN就知道了家乡地址为HoA的MN目前正在使用CoA进行通信,在双方收发数据时会将HoA与CoA进行调换,CoA用于传输,而最后向上层协议递交的数据报中的地址仍是HoA,这样就实现了对上层协议的透明传输。这就是MIPv6的路由优化工作模式。

建立HoA与CoA对应关系的过程称为绑定(Binding),它通过MN与HA、CN之间交互相关消息完成,绑定更新(BU)是其中较重要的消息。

### 3 移动互联网的扩展协议

#### 3.1 移动IPv6的快速切换

基本的MIPv6解决了无线接入Internet的主机在不同子网间用同一个IP寻址的问题,而且能保证在子网间切换过程中保持通信的连续,但切换会造成一定的时延。移动IPv6的快速切换(FMIPv6)针对这个问题提出了解决方法,IETF已经发布FMIPv6的正式标准RFC4068<sup>[2]</sup>。

FMIPv6引入新接入路由器(NAR)和前接入路由器(PAR)两种功能实体,增加MN的相关功能,并通过MN、NAR、PAR之间的消息交互缩短时延。

MIPv6切换过程中的实验主要是IP连接时延

和绑定更新时延。

决定要进行切换时,MIPv6首先进行链路层切换,即通过链路层机制首先发现并接入到新的接入点(AP),然后再进行IP层切换,包括请求NAR的子网信息、配置新转交地址(NCoA)、重复地址检测(DAD)。通常IP层切换需要较长时间,造成了IP连接时延。针对这个问题,FMIPv6规定MN在刚检测到NAR的信号时就向PAR发送代理路由请求(RtSoPr)消息用于请求NAR的子网信息,PAR响应以代理路由通告(PrRtAdv)消息告之NAR的子网信息。MN收到PrRtAdv后便配置NCoA。这样,在MN决定切换时只需进行链路层切换,然后使用已配置好的NCoA即可连接至NAR。

MN连接至NAR后并不意味着它能立刻使用NCoA与CN通信,而是要等到CN接收并处理完针对NCoA的BU后才能实现通信,造成了绑定更新时延。针对这个问题,FMIPv6规定MN在配置好NCoA并决定进行切换时,向PAR发送快速绑定更新(FBU)消息,目的是在PAR上建立NCoA-PCoA绑定并建立隧道,将CN发往PCoA的数据通过隧道送至NCoA,NAR负责缓存这些数据。当MN切换至NAR后,立即向它发送快速邻居通告(FNA)消息,NAR便得知MN已完成切换,已经是自己的邻居,把缓存的数据发送给MN。此时即使CN不知道MN已经改用NCoA作为新的转交地址,也能与MN通过PAR-NAR进行通信。CN处理完以NCoA作为转交地址的BU后,就取消PAR上的绑定和隧道,CN与MN间的通信将只通过NAR进行。

此外,PAR收到FBU后向NAR发送切换发起(HI)消息,作用是进行DAD以确定NCoA的可用性,然后NAR响应以切换确认(HAck)消息告知PAR最后确定可用的NCoA,PAR再将这个NCoA通过快速绑定确认(FBack)消息告诉MN,最终MN将使用这个地址作为NCoA。

采用上述方法,FMIPv6切换延迟比基本MIPv6缩短10倍以上,工作流程如下:1)MN检测到NAR信号;2)MN发送RtSoPr;3)MN接收PrRtAdv,配置NCoA;4)MN确定切换,发送FBU;5)PAR发送HI,NAR进行DAD操作;6)NAR回应Hack;7)PAR向MN发送FBA,同时建立绑定和隧道,将发往PCoA的数据通过隧道送至NCoA;8)MN向NAR发送FNA;9)NAR把MN作为邻居,向它发送从PAR隧道过来的数据;10)CN更新绑定后,删除

PAR上的绑定和隧道, CN将数据直接发往 NCoA。

### 3.2 层次移动 IPv6 的移动性管理

若 MN 移动到离家乡网络很远的位置, 每次切换时发送的绑定要经过较长时间才能被 HA 收到, 造成切换效率低下。为解决这个问题, IETF 提出层次移动 IPv6 (HMIPv6), 发布了正式标准 RFC4140<sup>[3]</sup>。

HMIPv6 引入了移动锚点 (MAP) 这个新的实体, 并对 MN 的操作进行了简单扩展, 而对 HA 和 CN 的操作没有任何影响。按照范围的不同, 将 MN 的移动分为同一 MAP 域内移动和 MAP 域间移动。在 MIPv6 中引入分级移动管理模型, 最主要的作用是提高了 MIPv6 的执行效率。HMIPv6 也支持 FMIPv6, 以帮助 MN 的无缝切换。

当 MN 进入 MAP 域时, 将接收到包含一个或多个本地 MAP 信息的路由通告 (RA)。MN 需要配置两个转交地址: a) 区域转交地址 (RCoA), 其子网前缀与 MAP 的一致; b) 链路转交地址 (LCoA), 其子网前缀与 MAP 的某个下级 AR 的一致。首次连接至 MAP 下的某个 AR 时, 将生成 RCoA 和 LCoA, 并分别进行 DAD 操作, 成功后 MN 给 MAP 发送本地绑定更新 (LBU) 消息, 将其当前地址 (即 LCoA) 与在 MAP 子网中的地址 (即 RCoA) 绑定, 而针对 HA 和 CN, MN 发送的 BU 的转交地址则是 RCoA。CN 发往 RCoA 的包将被 MAP 截获, MAP 将这些包封装转发至 MN 的 LCoA。

如果在一个 MAP 域内移动, 切换到了另一个 AR, MN 仅改变它的 LCoA, 只需要在 MAP 上注册新的地址, 不必向 HA、CN 发送 BU, 这样就能较大幅度地节省传输开销, 由此可见, MAP 本质上是一个区域家乡代理。

在 MAP 域间移动时, MN 将生成新的 RCoA 和 LCoA, 这时才需要给 BU 发送 HA 和 CN 注册新的 RCoA, 当然也需要发送 LBU 给新区域的 MAP。

域内移动和域间移动的注册过程如图 2 所示。

因此, 只有 RCoA 才需要注册 CN 和 HA。只要 MN 在一个 MAP 域内移动, RCoA 就不需要改变, 使 MN 的域内移动对 CN 是透明的。

### 3.3 子网移动

网络移动性 (NEMO) 工作组研究将移动子网作为一个整体在全球互联网范围内变换接入位置时的移动管理和路由可达性问题。移动网内部的网络拓扑相对固定, 通过一台或多台移动路由器连接至全

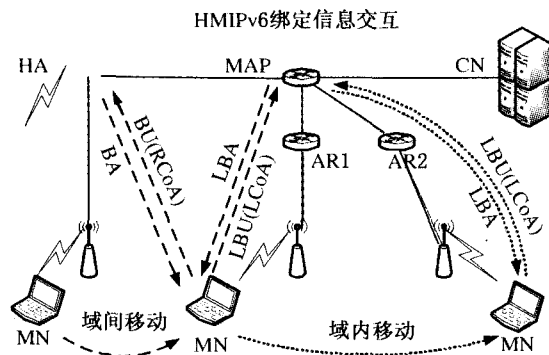


图 2 HMIPv6 的注册过程

球的互联网。网络移动对移动网络内部节点完全透明, 内部节点无需感知网络的移动, 不需要支持移动功能。IETF 已发布 NEMO 的正式标准 RFC3963<sup>[4]</sup>。

NEMO 网络由一个或多个移动路由器、本地固定节点 (LFN) 和本地固定路由器 (LFR) 组成。LFR 可接入其他 MN 或 MR, 构成潜在的嵌套移动网络。

NEMO 的原理与 MIPv6 类似, 当其移动到外地网络时, MR 生成转交地址 CoA, 向其 HA 发送 BU, 绑定 MR 的 HoA 和 CoA, 并建立双向隧道。CN 发往 LFN 的数据将路由至 HA, 经路由查询下一跳应是 MR 的 HoA, HA 便将数据用隧道发至 MR, MR 将其解封装后路由至 LFN。反方向上, 所有源地址属于 NEMO 网络前缀范围的数据都将被 MR 通过隧道送至 HA, HA 负责将其解封装路由至 CN。

值得注意的是, HA 上必须有 NEMO 网络前缀范围的路由表, 即 HA 需要确定发往 LFN 的数据的下一跳是 MR 的 HoA。有两种途径建立该路由表: a) 在 BU 中携带 NEMO 网络前缀信息; b) 在 MR 与 HA 间通过双向隧道运行路由协议。

RFC3963<sup>[4]</sup>中只提出了基本的反向隧道工作方式, 没有解决三角路由问题, 特别是在 NEMO 网络嵌套的情况下, 需要多个 HA 的隧道封装转发, 效率不是很高。为此, 针对 NEMO 路由优化的相关工作正在进行中。

### 3.4 应用中的技术整合

在移动 IPv6 中引入上述扩展协议后, 移动互联网可以提供对单一终端和子网的移动性支持, 并且在移动过程中支持终端、子网的快速切换和层次移动性管理。其架构如图 3 所示。

此结构下的移动互联网在处理切换时, 传输时延等开销较小, 能做到无缝切换, 可承载丰富的多媒

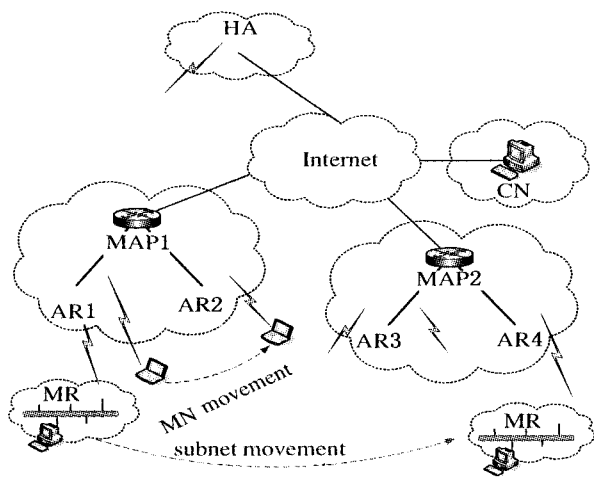


图3 移动互联网的架构

体业务,提供良好的用户服务。

#### 4 结束语

移动 IPv6 协议能支持单一终端在不同子网间移动切换,保持上层通信的不中断,但其切换速度和效率不是很高。移动 IPv6 的快速切换这一扩展协议提高了终端在不同子网间切换速度,降低了切换时延。层次移动 IPv6 的移动性管理这一扩展协议,降低了切换产生的数据传输代价,提高了切换的效率。以上三种协议协同工作,可作为用户无线终端移动接入互联网的解决方案。更进一步,NEMO 为子网提供移动性支持,而子网内的节点不需要支持移动

功能。这一特性可广泛用于交通运输等方面,可为旅客提供访问互联网的业务。

移动互联网技术为无线接入互联网的用户提供了移动支持,为用户提供了极大方便。但还有很多细节需要完善,如快速切换、层次移动、子网移动三者的结合、子网移动的路由优化等问题,这些将是移动互联网技术下一步的研究方向。

#### 参考文献

- 1 D Johnson,C Perkins and J Arkko. Mobility support in IPv. IETF,RFC 3775,Jun. 2004.
- 2 R Koodl. Fast handovers for mobile IPv6. IETF,RFC 4068, Jul. 2005.
- 3 H Soliman,C Catelluccia,K E Malki and L Bellier. Hierarchical mobile IPv6 mobility management(HMIPv6). IETF, RFC 4140,Aug.2005.
- 4 V Devarapalli,R Wakikawa,A Petrescu and P Thubert. Network mobility (NEMO)basic support protocol. IETF,RFC 3963,Jan. 2005.
- 5 蒋亮,郭健,等.下一代网路移动 IPv6 技术.北京:机械工业出版社,2005.
- 6 李波,钟本善.移动 IPv6 切换技术.电信快报,2006(9): 30~32.

何达(1982—),男,硕士研究生,研究方向为下一代移动互联网。

收稿日期:2007-08-24

(上接第7页)

案,它将在上下行信号中分别使用 CDMA 和 TD-MA 方案,将能使 SA 的应用得到延续,并能较好地满足 3G 标准的要求。

#### 参考文献

- 1 Ayman F Naguib, Aroryaswami Paulraj. Capacit Improvement with Base-Station Antenna Arrays in Cellular CDMA. IEEE Trans.on Vehicular Techn,2000,43(3):691~698.
- 2 Joseph C Liberti, Tehodore S.Rappaport. 无线通信中的智能天线——IS-95 和第 3 代 CDMA 应用 [M]. 马凉译.北京:机械工业出版社,2002.
- 3 吴群英,李世鹤,等.时延角度扩散信道中 TD-SCDMA 系统下行波束技术[J].信号处理,2002,18(5):427~430.
- 4 康绍莉,等.智能天线和联合检测技术建议书[Z].大唐移动通信设备有限公司内部资料,2005

- 5 康绍莉,李世鹤,等. TD-SCDMA 系统中基于上行参数的下行波束赋形算法[J].通信学报.2002,23(8):67~71.
- 6 李世鹤.智能天线的原理和实现 [J]. 电信建设.2001(4): 12~19.
- 7 Adrian O Boukalov,etc. System Aspects of Smart-Antenna Technology in Cellular Wireless Communications—An Overview. IEEE Trans.on Microwave Theory and Techn. 2000,48(6): 919~929.

傅海阳(1951—),男,教授,博士生导师,曾作为国家公派访问学者出国研修近两年,1992年起享受国务院特殊津贴,研究领域为移动互联网、移动通信与无线技术等。

收稿日期:2007-10-12