

一种分层的移动 IP 和自组网集成结构

A Hierarchical Architecture for Integrating Mobile - IP and MANET

孙荣胜 杨波 (江苏无锡江南大学信息工程学院 214036)

摘要:虽然移动 IP 使移动结点在不同网络间移动时也能保持 Internet 连接,但它在结点位置更新时易造成大量控制开销和传输延迟。为解决此问题,移动设计通常被分为两部分:宏观移动和微观移动。本文提出了一种分层体系结构:(i)将微观移动管理延伸到一个自组网,(ii)将自组网连接到 Internet。本文还给出了移动 IP 协议和 OLSR 协议(一种自组网路由协议)的集成模型和方法。

关键词:自组网 移动 IP 移动管理

1 引言

移动 IP 协议采用的三边间接路由虽然实现了移动结点与其他结点的通信,但同时也增加了端到端的延迟,使其很难达到有严格延迟限制的业务如实时多媒体业务的要求,也增加了网络的传输量。为解决此问题,移动设计通常被分为两部分:宏观移动(macro-mobility)和微观移动(micro-mobility)。

本文提出一种分层体系结构:(i)将无线接入网的微观移动管理延伸到一个自组网,(ii)将自组网连接到 Internet。本文还给出了移动 IP 协议和 OLSR 协议(一种自组网路由协议)的集成模型和集成方法。

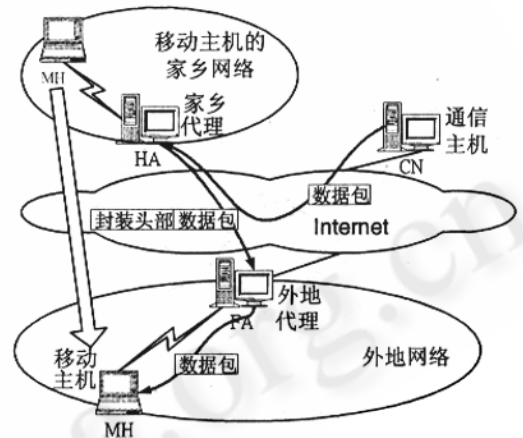


图 1 移动 IP 传输场景

2 Internet 中的移动解决方案

2.1 移动 IP

IETF (互联网工程任务组)为克服传统 IP 定址模式对主机移动的限制,设计了移动 IP 协议。移动 IP 定义了四个功能实体:移动主机(mobile host)、通信主机(corresponding host)、家乡代理(home agent)和外地代理(foreign agent),如图 1 所示。移动主机是一个可能在子网间移动的主机。当 Internet 上的通信主机向移动主机发送 IP 数据包,数据包将交付到移动主机的家乡网络。若移动主机离开了家乡网络,数据包将通过隧道(tunnel)机制交付到外地网络。家乡代理将使用一个 IP 头部对数据包进行封装,该 IP 头部带有外地代理的 IP 地址或者是移动主机的共同定位转交地址(co-located care-of-address)。若使用的是外地代理的 IP 地址,外地代理负责拆封数据包并转发到移动主机。若使用的是共同定位转交地址,移动主机作为隧道的端点,自己负责拆封数据包。另外,移动主机使用家乡地址直接响应通信主机。

家乡代理和外地代理周期性地公告代理公告(agent

advertisement)消息,向移动主机提供代理信息。未知移动代理的移动主机可以发送代理请求(agent solicitation)消息,主动进行查询。进入外地网络的移动主机必须向它的家乡代理注册它当前的转交地址。注册的过程也被称为“切换”(handoff)。

2.2 宏观移动和微观移动

IETF 的移动 IP 缺乏平滑、快速和透明的切换性能。为了增加用户容量,无线接入网一般采用的是蜂窝结构,而且蜂窝的范围趋向于微蜂窝甚至微微蜂窝。如果对整个网络采用移动 IP 协议,移动结点在小范围内的移动就可能引起频繁地切换,产生大量的注册更新信息。如果移动结点远离家乡代理,更会增加网络的信令开销,同时切换延迟加大,使得切换引起的分组丢失更加严重,造成业务中断。

针对移动 IP 的这些缺点,又提出了微观移动 IP 的观点。所谓微观移动 IP 协议,就是在移动 IP 协议中引入层次

的概念,将移动结点的切换限制在小范围内。通过层次的划分,将网络分成不同的域,从而将移动性的问题分成宏观移动(域间移动)与微观移动(域内移动)。一般在域内采用微观移动 IP 协议,而在域间采用 IETF 移动 IP 协议。采用该方法,对移动结点的家乡代理而言,隐藏了结点在域内的移动,减少了信令流量。蜂窝 IP(Cellular IP)是一种典型的微观移动 IP 协议。

2.3 自组网

自组网(如图 2 所示)是由无线移动结点组成的一个自治网络,它无须基础通信设施的支持,可以在任何环境中灵活部署。当一个结点需要和另一个结点通信时,它或者使用直接的无线链路,或者使用到目的结点的多跳路由。也就是说,每个结点必须同时扮演路由器的角色,结点之间相互合作,共同完成数据包的转发。除了以自治方式运作外,自组网也能通过接入点连接到 Internet。

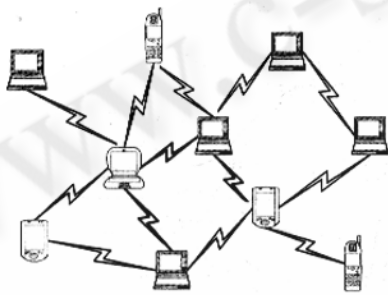


图 2 自组网

自组网路由协议通常被分为两类:先验式(proactive)和反应式(reactive)。先验式协议类似传统有线网络中的路由协议,通过周期性的路由控制信息的交换,每个结点始终维护到网络中所有结点的路由。先验式协议没有路由发现延迟问题,但路由开销大。典型的先验式协议有 DSDV 和 OLSR。反应式协议在结点需要时才发现路由,并且仅维护活动路由。反应式协议路由开销小,但存在路由发现延迟。典型的反应式协议有 AODV 和 DSR。

2.4 移动 IP 和自组网的集成

近几年开始有国内外学者从事这方面的研究,如国外的 Charles E Perkins;Perkins 他们采用的方法是以移动 IP 的外地代理当作网关用来连接有线 Internet 与无线的自组网,自组网路由协议采用的是 AODV。

而国内有台湾交通大学曾煜棋教授,曾教授它们所采用的方法与 Perkins 类似,不同之处是他们采用了 DSDV 作为自组网路由协议。

上述学者的研究方法都没有使用任何微观移动解决方

案,他们仅仅将移动 IP 的服务扩展到网关一跳以外的范围。这些机制的另一个共同缺点就是将数据流量集中于距离网关一跳的结点身上。

3 体系结构

我们在集成移动 IP 和自组网时引入了分层移动的思想,移动 IP 协议用于支持宏观移动(域间),OLSR(Optimized Link State Routing,优化的链路状态路由)协议用于支持微观移动(域内)。在该分层结构中,由基站(Base Stations)组成的中间层次使移动管理变得更灵活,网关和自组网之间的带宽变得更高。

3.1 分层移动支持

提出的体系结构如图 3 所示,整个接入网被命名为 OLSR-IP 接入网,它由两个部分组成:(I)一个移动结点组成的自组网,(II)一个通过有线链路连接 OLSR 网关(OLSR-GW)和 OLSR 基站(OLSR-BS)的固定分层结构。OLSR-IP 接入网中的结点使用家乡 IP 地址建立和维护路由。OLSR-IP 接入网中没有子网掩码的概念,结点转发到任何目的结点的数据包。

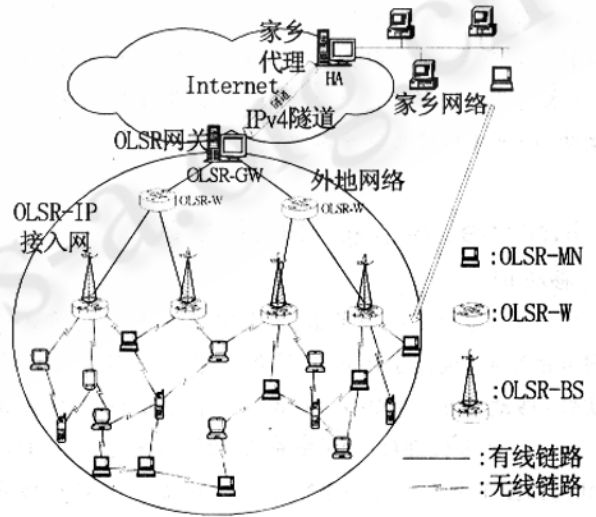


图 3 一个连接到 Internet 的 OLSR-IP 接入网

该体系结构的工作方式如下:当 OLSR-MN 离开家乡网络,家乡代理截获发送到 OLSR-MN 的数据包,并将这些数据包通过隧道机制发送到移动结点当前连接的 OLSR-IP 接入网(假定 OLSR-MN 已经向家乡代理注册了 OLSR-GW 的转交地址)。外地代理(OLSR-GW)拆封数据包,并根据 OLSR 路由表将数据包转发到 OLSR-MN。OLSR-MN 在 OLSR-IP 接入网内部的移动由 OLSR 协议本地管理,不需要在家乡代理的层次上改变已注册的位置信息。

简言之,家乡代理只需要知道 OLSR-MN 所在的接入网,不需要知道 OLSR-MN 的确切位置。

该体系结构有如下优点:

(1) 增加了 OLSR-GW 和移动结点之间的带宽:原因是 OLSR-GW 和移动结点之间增加了多个基站。

(2) 减少了移动 IP 的全局位置更新的数量:在基站之间执行切换时避免了移动 IP 注册过程,因为基站并不直接和 Internet 相连。

(3) 基站之间分担流量负载:流入和流出 OLSR-IP 接入网的流量被平均分配到本地网络中所有的基站。

(4) 保证使用 OLSR-GW 和移动结点之间的最短路径:OLSR 协议根据跳数维护最短路径。

(5) 微观移动对家乡代理来说是透明的:当移动结点在 OLSR-IP 接入网内部移动时,从 OLSR-GW 到移动结点的数据包所经过的基站是自动改变的,家乡代理无须更新位置信息。

(6) 使用接入网内部的有线架构转发数据包:有线链路的可靠性和安全性要优于无线链路,同时通过基站还能减少无线跳数,减少路由代价和延迟。

(7) 增强了无线接入网的可靠性和可扩展性:移动结点可能移动到基站覆盖范围以外,移动结点也可能因某些无线传输现象(如衰减、多路径干扰等)或者是障碍物等因素而无法直接访问基站,但这时结点仍然可以通过多跳路由的方式间接地访问基站。

3.2 优化的链路状态路由协议(OLSR)

OLSR 使用 MPR(multipoint relay, 多点中继)对纯链路状态协议进行了优化。首先,MPR 的使用减小了控制消息的大小:结点仅报告它和它的 MPR 之间的链路集,而不是报告所有的邻居链路。其次,MPR 还减少了控制流量的洪泛:只有一个结点的 MPR 才转发来自该结点的消息。在大而密集的移动网络中,OLSR 的实时性要优于 AODV,同时 OLSR 的路由开销要小于 DSDV,这是我们选择 OLSR 的主要原因。OLSR 使用两类控制消息:邻居消息和拓扑消息,分别称为 Hello 消息和 TC(Topology Control, 拓扑控制)消息。OLSR 的两个主要操作是邻居发现和拓扑传播。

(1) 邻居发现:每个结点必须检测和它有直接链路的邻居结点。由于无线链路的不确定性,结点间的链路既可能是双向的,也可能是单向的。为此每个结点周期性地广播 Hello 消息,该消息包含结点已知的邻居列表和它们的链路状态。链路状态可能是 symmetric(链路是双向的), asymmetric(链路是单向的),mpr(链路是对称的且 Hello 消息的发送者已经选择该结点作为它的 MPR),或 lost(链路已经断开)。Hello 消息被所有一跳邻居所接收,但不被转发。

通过 Hello 消息,每个结点可以发现它的一跳和两跳邻居(邻居的邻居)。网络中每个结点 m 各自独立的在它的一跳邻居中选择 MPR,这些 MPR 覆盖所有两跳邻居。m 选择的 MPR 如图 4 所示。描述了一种 MPR 选择算法。每个结点 m 维护 MPR 选择结点集(MPR selectors set),该集合包含选择 m 为它们的 MPR 的结点。结点 m 仅转发来自它的一个 MPR 选择结点的广播消息,且仅转发一次(重复接收的消息不转发)。

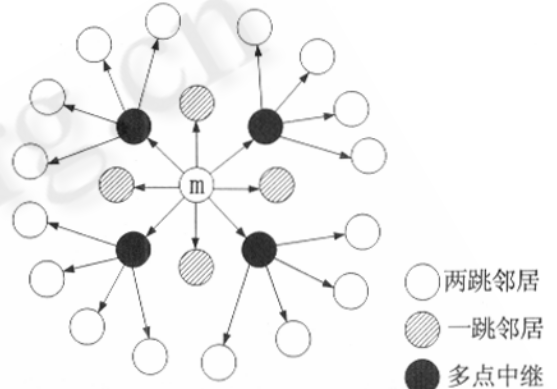


图 4 结点 m 的多点中继

(2) 拓扑传播:每个被选为 MPR 的结点 m 广播 TC 消息,公告它的 MPR 选择结点。TC 消息洪泛到网络中的所有结点,借助 MPR 以减少重传数量。根据获取的 TC 消息,每个结点维护网络的拓扑信息。

邻居信息和拓扑信息被周期性地刷新,这些信息使每个结点能够计算到所有已知结点的路由。OLSR 采用 Dijkstra 最短路径算法计算路由,因此,就跳数而言这些路由是最优的。当邻居信息或拓扑信息发生变化时,路由表就被重新计算。

4 移动 IP 和 OLSR 的集成

移动 IP 和 OLSR 的集成模型如图 5 所示。自组网路由协议由一个 OLSRd 守护者进程实现,移动 IP(MIPd)由三个专门的守护者进程实现:HAAd,FAAd 和 MNd,分别对应家乡代理,外地代理和移动结点的功能。自组网中需要移动服务的结点(如 OLSR-MN),运行两个进程 OLSRd 和 MNd。不改变 OLSR-IP 接入网的 OLSR-MN 只需运行 OLSRd。OLSR-GW 运行 OLSRd 和 FAAd;若它是本地代理还需运行 HAAd。为确保透明,OLSRd 和 MIPd(HAAd,FAAd 或 MNd)各自独立运行。

OLSR-GW 周期性地广播代理公告消息,目的地址字段设为 255.255.255.255。为了让接入网中所有的结点接收到代理公告,采用基于 MPR 的洪泛。这时,结点仅转发来自它的 MPR 选择结点的公告,且仅转发一次(重复接收的公告

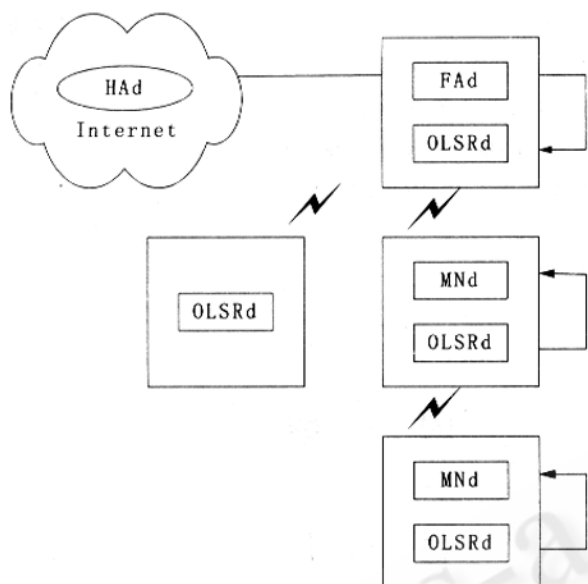


图 5 集成模型

不转发)。具体操作如下:OLSR-GW 的代理公告在离开结点之前首先被 OLSRd 捕获,OLSRd 将公告封装成一个新消息,称为 WSB(Wide Scope Broadcast message,广域广播消息)。这样,WSB 将被 OLSR-IP 接入网中的所有结点所接收。当一个 OLSRd 接收到 WSB 消息,它拆封数据包,并在本地接口上直接将原先的公告发送到 MNd,就好像该包是外地代理直接发送来的(如图 5 所示)。另外,为保证 WSB 消息仅被转发一次,OLSRd 需维护一张重复公告表。

在 OLSR-IP 接入网内部,移动管理包括两个过程:一个接入过程和一个微观移动处理过程,描述如下。

4.1 连接过程

当一个移动结点 m 加电启动或者移入一个 OLSR-IP 接入网,连接过程就被触发。首先,m 必须与 OLSR-IP 接入网建立连接,然后向家乡代理进行注册,步骤如下:

(1) 建立对称链路

① m 先发送一个空 Hello 消息,报告它的家乡 IP 地址,目的是和邻居建立链路。

② 当一个邻居接收到来自 m 的空 Hello 消息,它以包含 m 地址的 Hello 消息作为响应。这可以让 m 验证链路是双向的。

(2) MPR 选择:根据多个邻居的响应,m 选择它的 MPR (和 m 有对称链路的邻居,这些邻居覆盖 m 的所有两跳邻居)。m 在下一个 Hello 消息中报告这些 MPR (Hello 消息包含具有链路类型为 mpr 的邻居的 IP 地址)。

(3) 拓扑传播:被报告的结点(即被 m 选为 MPR 的结点)然后向网络中所有的结点广播 TC 消息,声明它们是 m 的 MPR,这样其他结点可以通过这些 MPR 到达 m。

(4) 路由表构建:网络中所有接收到 TC 消息的结点(包括 OLSR-GW),根据 TC 消息和已知的网络拓扑,计算到 m 的路由。

(5) 移动检测

① m 可以发送移动 IP 代理请求消息主动请求代理公告消息。

② m 可能接收到来自 OLSR-GW 的对它的代理请求的响应,也可能接收到周期性的代理公告。

③ 因此,m 可以检测自己是否离开了家乡网络(若 m 的家乡 IP 地址的网络前缀和 OLSR-GW 的 IP 地址的网络前缀不同),或者进入了另外一个接入网(若公告的转交地址的网络前缀和当前注册的 OLSR-GW 的网络前缀不同)。

(6) 注册

① 若 m 离开了它的家乡网络或者进入了另外一个接入网,它就通过 OLSR-GW 向家乡代理发送一个移动 IP 注册请求消息。

② 通过 OLSR-GW,m 接收来自家乡代理的移动 IP 注册响应消息。

4.2 微观移动处理过程

在 OLSR-IP 接入网内部,移动由 OLSR 协议处理。结点在接入网内移动时的操作机制如下:

① 结点周期性地向一跳邻居广播 Hello 消息。

② 当一跳或者两跳邻居改变时,结点重新选择它的 MPR。

③ 结点周期性地在全网广播 TC 消息,报告它的 MPR 选择结点。

④ 结点根据接收到的 TC 消息维护最新网络拓扑信息。

⑤ 结点根据邻居和拓扑信息构建路由表:到网络中所有结点的路由。

5 结论

本文提出了一种用于集成移动 IP 和自组网的分层体系结构。该体系结构基于一个分层的 OLSR-IP 接入网:移动 IP 协议用于接入网间的宏观移动管理,OLSR 协议用于接入网内部的微观移动管理。与一般的移动 IP 和自组网集成体系结构相比,该体系结构具有更好的实时性、可靠性、可维护性和可扩展性。

参考文献

- 1 C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4", RFC 3344.
- 2 移动 Ad Hoc 网络官方主页, <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>.