

基于动态负载均衡的层次性移动 IPv6 路由优化方案

范祚至 张曦煌

(江南大学物联网工程学院 江苏 无锡 214122)

摘要 针对层次性移动 IPv6 网络负载过重时存在的 MAP 负载分配失衡的问题,提出一种动态的 MAP 负载调度方案。方案中,MAP 通过提出的计算模型,以带宽使用情况作为参数计算当前的负载。当检测到网络负载分配失衡时,根据 MN 的移动趋向调度 MAP 之间的负载,使网络中的计算资源合理分配,优化网络性能。仿真结果表明,该方案能有效地改善网络的整体服务质量,降低通信时延和减少通信过程中的丢包率。

关键词 层次移动 IPv6 动态负载均衡 路由优化 负载调度 网络仿真

中图分类号 TP393 **文献标识码** A **DOI**:10.3969/j.issn.1000-386x.2014.04.032

DYNAMIC LOAD BALANCING BASED HMIPv6 ROUTE OPTIMIZATION SCHEME

Fan Zuozhi Zhang Xihuang

(School of Internet of Things Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu, China)

Abstract Aiming at when MBIPv6 network is overload, there is MAP load distribution imbalance problem, the paper proposes a dynamic MAP load scheduling scheme. In the new scheme, through an introduced computing model, MAP takes bandwidth usage situation as parameters to calculate current load. When network load distribution imbalance is detected, it refers to MN mobile trends to schedule loads among MAPs to properly distribute computing resources in the network in order to optimize network performance. Simulation results illustrate that the scheme can effectively improve the network's entire service quality, shorten communication delay and decrease packet loss rate during the communication process.

Keywords HMIPv6 Dynamic load balancing Route optimization Load scheduling Network simulation

0 引言

随着网络的指数增长和无线通信网络的持续成功,电信产业进入了一个新纪元:通信需要不仅局限于有线/无线网络,而且随时随地接入网络变成了普遍的需求。因此,移动设备之间的通信在过去的几年里产生了极大的发展。基于网络的应用和这些应用产生的网络传输负载改变了传统移动通信网络的形式,它已经完全转换成 IP 网络的一部分。因此,寻找处理 IP 协议移动性的更为有效的解决方案成为当前研究工作的一个热点。

由于协议语法和语义的问题,IP 协议不支持移动性。Internet 工程任务组(IETF)提出了一个基于包的移动性管理协议,即移动 IP 协议(MIP)。为了适应新版本的 IP 协议 IPv6,MIP 最终被修改为现在的 MIPv6 协议^[1]。在 MIPv6 中,移动节点(MN)通过两个不同的 IP 地址来唯一确定:家乡地址(HoA)和转交地址(CoA)。家乡地址为移动节点指定了一个唯一永久的名字。它是固定不变的,即使这个节点从一个子网移动到了另一个子网。转交地址为移动节点指定了一个临时地址,这个地址基于移动节点在网络中的当前位置而确定。当移动节点漫游到了一个新的网络而不在它的家乡网络时,这个地址会发生变化。当移动节点进入一个新的网络时,它向外部代理发送一个

路由请求(RS)消息从而获得它的转交地址。标准的 MIP 协议包括两个步骤:绑定更新(BU)和数据交付。绑定更新操作旨在为每一个移动节点分配家乡地址和转交地址。

为了使 MIPv6 协议在大型的移动网络中为可攀登的,同时减少信令交互的数量和降低信令传输路径的长度,IETF 将 MIPv6 协议做了相关的扩展,提出了层次性 MIPv6(HMIPv6)协议^[2]。HMIPv6 主要的思想是把局部移动和全局移动分开处理。协议将移动 IPv6 网络划分为很多的域,为每一个域部署一个称为移动锚点(MAP)的局部代理。MAP 可以处于这个层次性网络的任意一层上,负责管理该域的一系列接入路由器(AR)。

1 相关研究

HMIPv6 协议的设计上,忽视了一个重要的问题,那就是在大型移动网络中的多个 MAP 的传输负载和处理能力分布问题。事实上,当一个单一的 MAP 负责管理一个较大的域时,MN 和 MAP 之间的距离会增加数据包传送的时延并且会影响路由的优化,例如有 MN 从当前 MAP 管理的域离开。为了避免这种情

况发生,网络服务供应商会选择在一个域内部署多个 MAP。在这些含有多个 MAP 的域中,很容易引发以下问题:一些 MAP 变得过载了而另一些 MAP 却没有得到充分的利用。尤其是当前网络的负载比较沉重时,MAP 之间很容易发生负载失衡的现象,这会严重影响当前网络的整体性能。

因此合理分配 MAP 的网络负载对于提高网络性能是十分必要的,为了合理分配分层移动网络中的负载,目前已有大量的方案提出。这些研究方案的思想大都是使用局部代理的分层管理策略。大多数提出的协议通过将网络合理的分层来优化网络负载,然而,决定局部网络的最优大小是很有挑战性的。

文献[3]中,区域网络的最优大小取决于移动模式、注册延迟和当地移动代理中央处理单元(CPU)的处理开销。尽管这些方案努力通过合理的分层来减少 BU 消息的数量,然而会引发网络传输负载分配失衡问题。实际上,一些局部代理发生了交通堵塞,而其他的代理却没有得到有效利用。为解决这一缺陷,网络分层应该以动态方式进行。

针对这一点,文献[4]提出了基于动态划分域的移动管理方案。在该方案中,一组 AR 构成一个域。在每个 AR 中存储一个域列表,该域列表显示了属于同一域的所有 AR。属于一个给定域的所有 MN 共同维护这个域列表。如果一个 MN 的接入点改变为另一个域的新 AR,该节点的域列表将更新为新 AR 的域列表,新 AR 会成为该节点的 MAP。

文献[5]提出了另一种 MAP 网络的动态分层移动管理方案。在该方案中,当一个移动主机通过一个新的 AR 连接到一个新的子网时,新的 AR 将新的主机 CoA 告知旧 AR。新的 AR 成为该节点新的位置管理层。

这两种方案的其中一个主要缺陷是它们都通过多级 AR 向用户传送数据包,这将导致很长的包传送延迟和选定 AR 的冗余交通拥堵。这一问题可能的解决方案是减小子网域的大小,然而,这将导致频繁的域间切换和过多的 BU 代价。

解决 HMIPv6 传输负载分布问题的另一个可能的方案是参考用户移动模式^[6,7]。在文献[7]中,根据 MN 的移动速率对用户进行分类。用户从网络中接收阈值,并将自己的速度与这些阈值相比较。如果用户的速度超过了传播阈值,只要简单地注册到高层 MAP 即可。

尽管这个方法很明确,然而它没有解决 MAP 之间的传输负载分布问题。实际上,当所有用户都有同样的移动特征时,他们最后将注册在同一个 MAP 上。这会直接使该 MAP 过载,而其他的 MAP 仍然没有被充分利用。此外,每一个 MAP 的速率范围都是固定的。

为解决这一问题,文献[8]依据 MAP 目前服务的 MN 的实际速度提出了 MAP 速度范围的动态设置。然而,基于 MN 速度的移动管理框架的一个常规需求是对 MN 速率的高精度估计。这项工作并不总是很简单,通常会导致选择不合适的 MAP。

在文献[9]中,MN 的移动范围是 MAP 选择的主要因素。在该方案中,假定 MN 记录了它的移动区域,覆盖整个移动区域的最近的 MAP 被认为是最适合注册的 MAP。但该方案中,关于如何定义每个 MN 的移动范围,以及该方案如何能够应用于不断改变移动区域的 MN 的问题,尚未被解决。

文献[10]提出了一种分布式位置管理方案。该方案的核心思想是,允许 MN 在不触发区域 BU 的情况下,漫游到一个被很多 MAP 覆盖的区域。尽管这项操作在一定程度上平衡了 MAP 负载,减少了 BU 代价,但却导致了更长的传送延迟。

文献[11]定义了一个新的因素 SMR(session-to-mobility ratio)。SMR 用作选择服务 MAP 的一个新的因素。SMR 是会话到达频率和交接频率之比。在基于 SMR 的框架中,SMR 值很小的 MN 选择最高的 MAP。文献[12]对以上提及的方法进行了分析。

虽然以上方案能在一定程度上均衡 MAP 的负载,但在网络负载很大时,却不能很好地起作用。为了解决这个问题,本文提出了基于动态负载均衡的层次性移动 IPv6 方案(DLB-HMIPv6)。

2 改进的层次性移动 IPv6 优化方案

我们之前讨论过,大型移动网络供应商往往需要在一个域中部署多个 MAP。在这样的网络中,尽管许多的动态分层移动性方案可以减少发送给 HA 的 BU 消息频率,但是它们不能有效均衡这些 MAP 之间的负载。负载分配的不均衡会使一些 MAP 因传输的信息过多而过载,从而在数据包的传输过程中导致大量的时延,然而其他的一些 MAP 则没有得到充分的利用。为了处理这个问题,需要一个有效的 MAP 负载管理策略。基于这个策略,在分层移动网络中的移动终端用户可以选择最恰当的 MAP 来进行通信,这个选择是基于网络中的当前资源分配情况。图 1 描述了提出的 MAP 选择方案中的主要步骤。当当前网络的 MAP 负载低于一个阈值(0.8)时,说明负载不重,能够对外提供服务。此时其行为与传统 HMIPv6 中基于距离的 MAP 选择类似,采用最远距离的 MAP 选择方案来选择 MAP。当当前网络的 MAP 中有过载现象发生时,新进入的 MN 会根据算法选择最优的 MAP 进行接入,同时过载的 MAP 会通过调度算法对当前的负载进行合理的调度,使整个网络的资源得到合理的分配,从而优化网络性能。

2.1 主要步骤

DLB-HMIPv6 方案以如下的步骤执行。

类似于 HMIPv6,DLB-HMIPv6 采取动态的 MAP 发现方法。每一个 AR 在每一个 Δ 时间段内从高层的 MAP 接收 MAP 选项消息。MAP 选项中除 HMIPv6 协议中规定的 MAP 的基本信息之外,DLB-HMIPv6 追加了一个 CRU 字段,该字段表示 MAP 的当前负载,AR 通过该字段获得高层 MAP 的当前负载信息。关于 CRU 字段,文章的随后部分将给出详细说明。除非特别的指定,时间参数 Δ 被设置为 1 秒。见图 1 步骤①。

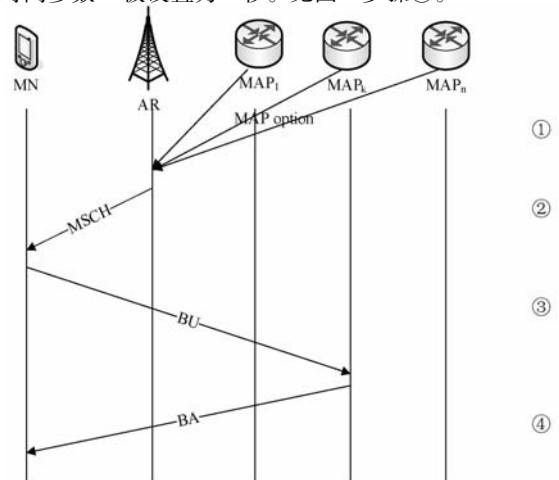


图1 DLB-HMIPv6 的主要步骤

AR 统计高层 MAP 的负载情况,若发生网络负载失衡,则通过随后给出的调度方案对区域内部的 MN 进行调度。AR 向需要参与调度的 MN 发送 MSCH 消息,MN 根据 MSCH 中含有的信息进行 MAP 切换,平衡网络负载。见图 1 步骤②。

需要调度的 MN 从 MSCH 消息中获取 OMAP,MN 向 OMAP 及 HA 发送 BU 消息,进行 MAP 切换。见图 1 步骤③。

绑定成功,OMAP 向 MN 发送 BA 消息,MN 通过 OMAP 进行网络通信。见图 1 步骤④。

2.2 MAP 负载计算模型

按照之前的规定,每个 AR 每隔 Δ 时间会从高层 MAP 收到 MAP 选项消息。在 DLB-HMIPv6 方案中,MAP 选项消息中包含 MAP 的当前负载信息,通过这些消息,我们可以掌握当前网络中 MAP 的负载分配。可以用来评价 MAP 的当前负载的指标有很多,例如空闲内存大小、当前 CPU 利用率和带宽利用率。本文选用当前带宽使用情况作为 MAP 当前负载的评价指标,使用 $M_{i-k}[n]$ 表示编号为 i 的 MAP 第 k 个端口在第 n 个 Δ 时间间隔内($[n \cdot \Delta, (n+1) \cdot \Delta)$)处理的数据量,端口 k 连接处于该 MAP 下游的网络节点。 $M_{i-k}[n]$ 可以使用公式:

$$M_{i-k}[n] = W \cdot p_{i-k}[n] + q_{i-k}[n] \quad (1)$$

计算。值得注意的是,HMIPv6 网络通信模型中的路由器既可以作为一个 MAP,又可以作为一个普通的路由器。当它执行 MAP 的功能时,会对网络数据包做一定的处理,然后转交给注册到该路由器以之作为 MAP 的 MN。而当它执行路由器的功能时,会将数据包直接转交给下一跳的网络节点,不管它是一个 MN、路由器或是其他。在这两种情况下,处理数据包所需要占用的计算资源是不同的,显然前一种情况需要耗费更多的资源。分别用 $p_{i-k}[n]$ 和 $q_{i-k}[n]$ 来表示这两种情况下处理的数据包数量,并给前者增加一个大于 1 的权重 W 来如实反应这个区别,本文中 W 取 1.1。现在,该 MAP 的当前资源利用率 CRU 可以通过公式:

$$CRU_i[n] = \frac{\sum_{j=1}^m M_{i-j}[n]}{C \cdot \Delta} \quad (2)$$

计算, m 为 MAP 含有的端口数量。 C 表示该 MAP 的数据处理速度。 CRU 会随着 MAP 选项消息发送到该 MAP 管理的 AR 上,为负载的调度提供依据。

2.3 调度策略

如果在同一时刻有大量的 MN 连接到同一个 MAP 进行通信,很有可能会导致这个 MAP 变得拥挤不堪,对通信质量造成一定的影响。此时网络中的其他 MAP 则由于管理少量的 MN,计算资源并没有得到充分的利用,产生了网络负载不均衡的状况,影响网络的整体性能。为了避免这种情况的发生,过载的 MAP 管理的 AR 可以建议其辖区内的 MN 进行自发的切换,切换到有充足的计算资源的空闲 MAP 来寻求服务,以达到均衡网络负载的目的。在同一时刻,漫游到该 AR 内的新 MN 也会受到同样的通知,选择最优的 MAP 进行绑定,进一步平衡网络的负载。

在 DLB-HMIPv6 中,AR 会记录 MN 接入网络的时间 T 以及当前移动速率 V ,根据 T 和 V 可以预测 MN 的稳定性 S ,根据 MN 的稳定性 S 来确定需要切换的 MN。

一般来说,接入时间 T 较长的 MN 相对来说比较稳定,推测其在近期内不会切换到其他的网络。而接入时间较短的 MN,典型的是刚进入该 AR 区域的 MN,其运动趋向不好预测,既有

可能长期处于当前网络,又有可能马上切换到另一网络。而对于移动速率 V ,一般情况下, V 较大的 MN 有更高的切换次数,而 V 较小的 MN 却很少需要切换。

基于以上的考虑,MN 的稳定性 S 与 T 有正相关关系,与 V 有负相关关系,而 V 对 S 的决定作用大于 T ,因此稳定性 S 可用以下公式来描述:

$$S = 1 \cdot \frac{T}{T_{\max}} + 2 \cdot \frac{V_{\max} - V}{V_{\max}} \quad (3)$$

其中 T_{\max} 和 V_{\max} 分别是接入该 AR 的所有 MN 在 Δ 时间内的 T 和 V 的最大值,用于归一化处理。1 和 2 分别作为 T 和 V 的权重。由文献[7]可知,MN 的移动速度是节点移动性能的主要决定因素,接入时间 T 在确定节点的稳定性时起到了辅助作用,因此具有较小的权重。通过多次试验结果分析, V 的权重在 1.75 ~ 2.5 之间时具有较好的性能,本文选择 2 作为 V 的权重。 S 越大,MN 发生切换的几率越小,反之 S 越小,MN 越不稳定,具有更高的切换趋势。

AR 将 MN 按稳定性 S 进行排序,如果上层的 MAP 产生了过载现象,则选取 S 较大的前 30% MN 进行调度,接入到下层 MAP。如果是下层的 MAP 产生了过载现象,则选取 S 较小的前 30% MN 进行调度,接入到上层 MAP。这样不仅能平衡 MAP 的负载,而且会使 MN 根据自身的稳定性接入到合适的 MAP 级别,减少未来发生 MAP 切换的可能性。由于本文判定 MAP 过载的阈值为 0.8,假设 MAP 的负载达到了 100%,则参与调度的 MN 应不小于 20%,才能起到调度的作用,使 MAP 退出过载的状态。而参与调度的 MN 也不能过多,这样会导致网络中产生过多的 BU 消息,加重网络的负担,因此选择 30% 的 MN 参与调度,这是一个合理的数值。

DLB-HMIPv6 协议引入一个新的网络消息 MSCH (MAP-scheduling),AR 向被选定的 MN 发送 MSCH 消息,该消息通知 MN 需要进行切换,并提供切换的 OMAP (optimum MAP)。如前一小节所述,AR 会定期地收到 MAP 选项消息,其中封装了当前各个 MAP 的 CRU ,AR 取 CRU 最小的 MAP 作为 OMAP 通过 MSCH 发送给需要调度的 MN。MN 收到 MSCH 消息后便根据提供的信息主动地触发 MAP 切换,向 OMAP 进行注册,注册成功后向 HA 发送 BU 消息,更新 RCoA 参数,切换成功之后 MN 收到 BA 消息,之后 MN 就通过 OMAP 提供的服务来进行通信。这样网络负载进行了转移,达到了均衡网络负载的目的。

需要强调的是,在调度的时期,若有新的 MN 进入 AR 的范围,AR 会直接向 MN 发送 MSCH 消息,MN 得到通知后直接向 OMAP 进行注册,而不是通过传统的最远距离 MAP 选择方案来选择 MAP,这么做的目的是进一步平衡网络负载。

3 仿真实验

为了评估 DLB-HMIPv6 协议的网络性能,本文选择 Linux 平台上的 NS-2 网络模拟软件,并安装了 FHMIPv6 扩展模块,作为模拟实验平台。在该平台上实现了提出的 DLB-HMIPv6 路由优化方案,将提出的路由优化方案与标准的 HMIPv6 以及文献[7]中提出的根据 MN 的移动性来选择 MAP 的 HMIPv6-UP 方案进行了比较。

3.1 仿真环境

仿真环境中使用的网络拓扑结构如图 2 所示,链路特征见表 1。无线网络部分包括 4 个相邻的 AR,每个 AR 的无线覆盖

范围为 75 m,两个相邻 AR 之间距离为 100 m。4 个 AR 连接到一个由 3 个 MAP 组成的具有两层 MAP 结构的网络中,MAP2 和 MAP3 同时连接到 MAP1。这个 MAP 网络通过有线网络 N1 与 HA 和服务器(作为 CN)相连。在网络内随机的部署 40 个 MN,采用随机移动模型,并将其移动速度限制在 0~4 m/s 的区间内。MN 从 CN 持续的接收 UDP 数据包,CN 发送数据的速率设置为 400 kB/s,UDP 数据包的大小为 1kB。在 MAP 之间设立背景业务流,其大小设为链路能力的 50%,即 10 MB/s。根据以上设置,该网络的总体负载达到了 80%,处于一个较高的水平,极易出现网络负载分配失衡的现象,容易验证动态负载调度策略的有效性。仿真实验持续 600 s,这个时间长度可以保证实验数据的有效性。

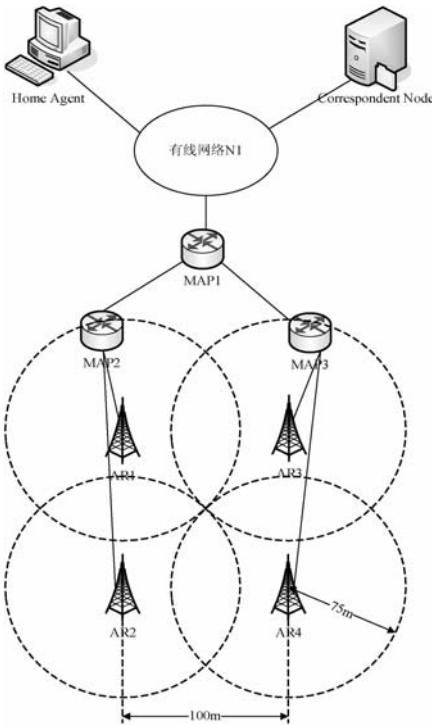


图2 网络拓扑结构

表1 仿真链路特征

链路	带宽/Mb	时延/ms
HA- N1	100	2
CN-N1	100	2
N1-MAP1	100	10
MAP-MAP	20	2
MAP-AR	5	2
AR-MN	1	2

3.2 仿真结果

本文从 MAP 负载的分布、MN 与 CN 通信的时延和网络丢包率几个方面评估 DLB-HMIPv6 方案的性能。图 3 至图 5 分别显示了采用 HMIPv6、HMIPv6-UP 和 DLB-HMIPv6 方案时 MAP 负载的分布情况,可以看出采用 HMIPv6 和 HMIPv6-UP 时,MAP1 具有较高的传输负载,而 MAP2 和 MAP3 负载较低,计算资源没有得到有效的利用。采用 DLB-HMIPv6 时,在初始状态,MAP1 具有很高的负载,网络负载处于一个失衡的状态,此时调度方案产生作用,负载逐渐向 MAP2 和 MAP3 转移。经过约 150s,网络负载趋于稳定,各个 MAP 具有相对平均的负载。

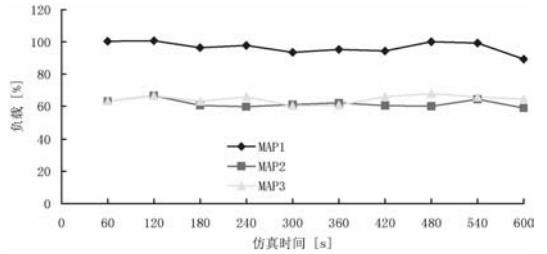


图3 HMIPv6 方案的负载分布

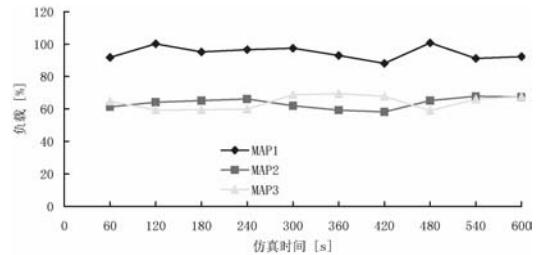


图4 HMIPv6-UP 方案的负载分布

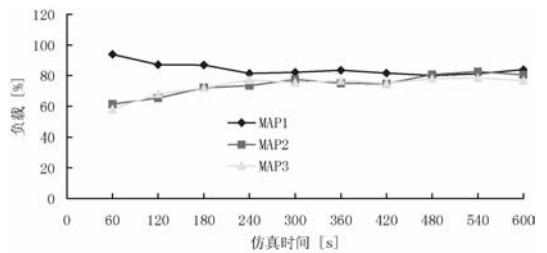


图5 DLB-HMIPv6 方案的负载分布

图 6 记录了 MN 与 CN 之间的通信时延,取 40 个 MN 的平均值。在 HMIPv6 和 HMIPv6-UP 中,由于局部 MAP 出现过载,导致该 MAP 不能很好地为 MN 提供服务,该 MAP 域内的 MN 通信具有较大的通信时延,因此拉高了整个网络的平均通信时延。但 HMIPv6-UP 考虑到了 MN 的移动性,为其选择相对合适的 MAP,性能上要优于 HMIPv6,具有较低的通信时延。由于 DLB-HMIPv6 方案会使 MAP 之间的负载均衡分配,因此可以减少某个 MAP 出现拥堵的情况,网络提供的服务质量较高,因而端到端之间的通信延迟较低,性能优于前两种方案。

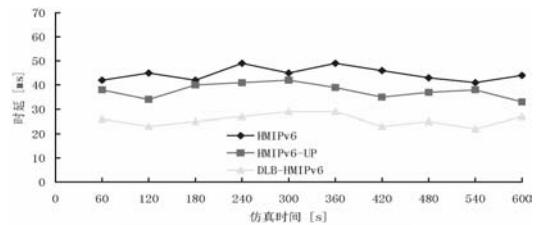


图6 通信时延对比

图 7 显示了网络通信时的丢包率。同样的,由于 DLB-HMIPv6 能改善网络的服务质量,因而相比较 HMIPv6 和 HMIPv6-UP 方案具有更低的丢包率。

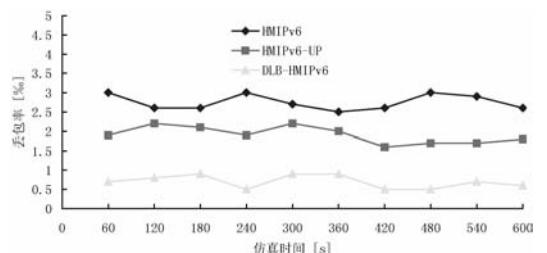


图7 丢包率对比

从图 8 可以看出来, HMIPv6 和 HMIPv6-UP 协议降低了发送给 HA 的 BU 消息的频率, 但是这两种法案没有考虑多个 MAP 间的负载分配问题, 在拥挤的链路上会产生较多的丢包现象(图 6、图 7 的分析)。虽然 DLB-HMIPv6 增加了发送给 HA 的 BU 消息的数量, 但是对负载较重的 MAP1 来说, 收到的 BU 消息有所减少, 在一定程度上缓解了 MAP1 的负载。同时它与前两种方案相比明显降低了通信过程的时延和丢包率, 改善了网络性能, 因此这些代价是值得的。

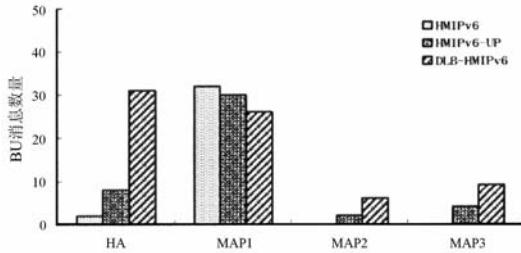


图 8 HA 和 MAP 收到的 BU 消息数量

综合以上的实验结果分析, DLB-HMIPv6 均衡了网络负载, 虽然信令负荷有所增加, 但能有效改善网络服务质量, 使网络的整体性能得到了很大的提升。

4 结 语

DLB-HMIPv6 方案在 MAP 负载分配失衡时迫使过载的 MAP 服务的 MN 进行主动切换, 这样虽然略微增加了 MN 进行切换的次数, 但是可以促使网络负载从负担较重的 MAP 转移到相对空闲的 MAP, 从而使网络负载得到合理的分配, 改善了 MAP 向 MN 提供服务的质量, 能有效减少 MN 的通信时延和丢包率, 改善了层次性移动网络的整体性能。

参 考 文 献

- [1] Johnson D, Perkins C, Arkko J. RFC 3775 Mobility support in IPv6 [S]. IETF, 2004.
- [2] Soliman H, Catlucchia C, Maiki K, et al. RFC 4140 Hierarchical Mobile IPv6 mobility management (HMIPv6) [S]. 2005.
- [3] Pack S, Choi Y. A study on performance of Hierarchical Mobile IPv6 in IP-based cellular networks [C]//IEICE Trans. Commun., 2004, E87-B:462-469.
- [4] Pyo C W, Li J, Kameda H. A dynamic and distributed domainbased mobility management method for Mobile IPv6 [C]//IEEE VTC, 2003: 1964-1968.
- [5] Ma W, Fang Y. Dynamic hierarchical mobility management strategy for mobile IP networks [C]//IEEE J. Sel. Areas Commun., 2004, 22(4):664-676.
- [6] Kawano K, Kinoshita K, Murakami K. A mobility-based terminal management in IPv6 networks [C]//IEICE Trans. Commun., 2002, E85-B(10):2090-2099.
- [7] Natalizio E, Scicchitano A, Marano S. Mobility anchor point selection based on user mobility in HMIPv6 integrated with fast handover mechanism [C]//IEEE WCNC, 2005:1434-1439.
- [8] Chung W, Lee S. Improving performance of HMIPv6 networks with adaptive MAP selection scheme [C]//IEICE Trans. Commun., 2007, E90-B(4):769-776.
- [9] Liu M H, Yang C C. A multicast extension to HMIPv6 with efficient MAP selection [C]//IEEE VTC, 2005:816-820.

- [10] Bandai M, Sasase I. A load balancing mobility management for multilevel Hierarchical Mobile IPv6 networks [C]//IEEE PIMRC, 2003:460-464.
- [11] Pack S, Nam M, Kwon T, et al. An adaptive mobility anchor point selection scheme in Hierarchical Mobile IPv6 networks [J]. Comput. Commun., 2006, 29(16):3066-3078.
- [12] Pack S, Kwon T, Choi Y. A performance comparison of mobility anchor point selection schemes in Hierarchical Mobile IPv6 networks [J]. Comput. Netw., 2007, 51(6):1630-1642.

(上接第 118 页)

省路由, 私网路由由信息得到了很好的控制; 另一方面收到的私网路由的下一跳是 SPE1 设备, 在 UPE1 设备上只需要维护到 SPE1 的 MPLS 隧道就可以了, 报文会在 SPE 上解封装, 通过重新查私网路由表再次用 MPLS 的标签来封装私网报文。这样, UPE1 上可以不学习除 SPE1 设备以外的其它的公网路由, 也不需要维护其它的标签交换路径, UPE1 上公网路由的压力也大大降低。该方案实现不但减轻了接入层 PE 设备处理公网报文的负担, 而且还减轻了处理私网报文的负担, 使 MPLS 和 BGP 技术构建的 VPN 应用的范围越来越广。

3 结 语

网络设备不堪负载会影响到网络系统的稳定性。本文分析了接入层设备不堪负载的原因, 是 MPLS 和 BGP 构建的 VPN 扁平化组网特点与层次化的设计思想相冲突。针对该问题, 根据不同的企业网络环境, 制定了与之对应的解决方案, 有效地解决了 MPLS 和 BGP 扁平化组网特点与层次化的设计思想融合问题, 从而扩展了 MPLS 和 BGP 技术的应用范围, 加强了网络的稳定性。

参 考 文 献

- [1] 裴郁. MPLS VPN 组网研究与实现 [D]. 上海: 复旦大学, 2007:36-37.
- [2] 刘化君. 基于 IPSec 的 VPN 技术应用与实现 [J]. 电脑开发与应用, 2010, 23(3):65-67.
- [3] 杨彦彬, 冯久超. 基于 VPN 技术的组网方案探讨 [J]. 计算机科学, 2008, 35(9):110-112.
- [4] 侯剑锋, 马明凯, 李向红. MPLS VPN 中动态服务质量机制的应用 [J]. 计算机工程, 2010, 36(3):106-108.
- [5] Matinez R, Pinart C, Cugini F, et al. Challenges and requirements for introducing impairment-awareness into the management and control planes of ASON/GMPLS WDM networks [J]. IEEE Communications Magazine, 2006, 44(12):76-85.
- [6] 任金秋, 马海龙, 汪斌强. 跨域 BGP/MPLS VPN 在高性能路由器中的实现 [J]. 计算机工程, 2009, 35(3):126-129.
- [7] 侯剑锋, 马明. MPLS VPN 中 PE-CE 互连仿真研究 [J]. 计算机工程, 2010, 36(12):123-125.
- [8] 曾文龙, 王晟, 王雄. IGP/MPLS 混合的 IP 网络不确定流量规划方法 [J]. 计算机应用, 2011, 31(5):1176-1179.
- [9] Rahman M A, Kabir A H, Lutfullah K A, et al. Performance analysis and the study of the behavior of MPLS protocols [C]//International Conference on Computer and Communication Engineering ICCCE, 2008:13-15.
- [10] 卢众宁, 苏厚勤. MPLS-VPN 在企业 ERP 实施过程中的应用研究 [J]. 计算机应用与软件, 2012, 29(2):90-93.