

Anycast服务在移动IP网络中的设计与实现

王晓楠^{1,2}, 钱焕延¹

(1. 南京理工大学计算机技术学院, 南京 210094; 2. 常熟理工学院, 常熟 215500)

摘要: 提出一种在移动IP网络中利用多播技术实现 Anycast 服务的通信模型, 该模型可以根据网络的拥挤情况动态地选择最优 Anycast 组成员及其动态加入与离开, 解决了 Anycast 现存的扩展性问题, 实现了 Anycast 树自身信息与请求的分布式维护与处理, 从而使得负载均衡。在 IPv6 模拟环境下, 实验数据表明通过该模型获取服务(如文件下载服务)的 TRT 值要比现有移动IP通信模型下获取同样服务的 TRT 值小, 服务质量也有明显的提高。

关键词: Anycast 服务; 移动IP; 树; 多播

Design and Implementation of Anycast Service in Mobile IP Network

WANG Xiao-nan^{1,2}, QIAN Huan-yan¹

(1. School of Computer and Technology, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094;

2. Changshu Institute of Technology, Changshu 215500)

【Abstract】 This paper proposes a new kind of Anycast communication model in mobile IP network. This model can dynamically select the optimal Anycast member according to the current status of network congestion, achieve dynamic Anycast group, allow Anycast members to freely leave and join Anycast group, and solve the existing scalability problem. In addition, this model accomplishes the distributed maintenance and transaction of Anycast service request and Anycast tree's information so it fulfills the load balance. Experimental data in IPv6 simulation demonstrate that the TRT of one kind of service (for example, file downloading) acquired through this communication model is smaller than the one through the current mobile IP communication model.

【Key words】 Anycast service; mobile IP; tree; multicast

Anycast是IPv6提供的一种特殊网络服务,它允许服务申请者访问共享同一Anycast地址所标识的一组组成员中最近的一个^[1-2]。Multicast是一种在IPv4中就已经存在的网络服务,它允许服务申请者访问共享同一Multicast地址所标识的一组组成员。Multicast与Anycast的区别在于,Anycast只访问一个Anycast组中距离源主机最近的一个组成员,而Multicast是访问一个Multicast组中的所有组成员。IPv6提供的另外一种服务就是移动IP服务,它是随着Internet的飞速发展与移动计算机应用的日益广泛而生成技术。因为IPv6可以提供庞大的地址空间^[3-4],这一优势给移动IP技术的应用带来了无限大的应用空间。为了在移动IP网络中获取高质量的网络服务,采用Anycast通信模型是一种行之有效的解决办法。

1 Anycast 通信

1.1 Anycast 树

本模型是建立在 Anycast 树基础之上的。本模型定义一个 Anycast 树可以包括 3 类节点:第 1 类节点是根节点,此节点所在的网络区域的 Unicast 地址空间必须与其相应的 Anycast 地址空间相同;第 2 类节点是中间节点,也称作树节点,它们不能提供 Anycast 服务而只用于支撑 Anycast 树框架,这类节点一般都是路由器或者是归属(外区)代理;第 3 类节点是叶子节点,也称作组节点,这类节点是可以提供 Anycast 服务的节点,它们一般都是 Anycast 服务器。

1.2 Anycast 树的建立

下面讨论 Anycast 树的建立,即如何把一个新的组节点加入到 Anycast 树以及一个 Anycast 组节点如何离开所在的

Anycast 树。

当一个移动主机请求加入 Anycast 组的时候,它首先将自己标记为该组的组节点,然后构建 Join 消息,此消息包括移动主机本身的 Unicast 地址、当前的带宽值以及申请加入的 Anycast 组地址等信息,目的地址为归属代理的 Unicast 地址,然后将其发送出去,同时记录下本节点的父节点的 Unicast 地址(即 Join 消息的下一跳的 Unicast 地址)。归属代理接收到这个 Join 请求消息之后,如果本身不是 Anycast 树的树节点,那么它首先将自己标记为 Anycast 树节点,同时,建立一个孩子节点记录表。无论归属代理本身是否为 Anycast 树的树节点,它都将发送 Join 消息的移动主机作为自己的孩子节点加入到孩子节点记录表中,并记录下 Join 消息中的相关参数,然后记录下本节点的子节点的 Unicast 地址以及父节点的 Unicast 地址,最后用自身的 Unicast 地址取代原有 Join 消息中的源地址,Anycast 地址取代原有的目的地址,将其发送出去。这样,网络系统会把此 Join 消息朝着 Anycast 树根节点的方向路由推进。在路由过程中,Join 消息所经过的每个路由器在接收到它之后,都会检查自身是否该消息中的 Anycast 组地址所标识的 Anycast 树的树节点。如果不是树节点,那么此路由器首先将自己标记为 Anycast 树节点,同时,

基金项目: 南京理工大学研究生基金资助项目(200706005)

作者简介: 王晓楠(1973 -),女,讲师、在职博士研究生,主研方向:计算机网络技术;钱焕延,教授

收稿日期: 2007-04-11 **E-mail:** wxn_2001@163.com

建立一个孩子节点记录表。无论此路由器是否为 Anycast 树节点，它都会将申请加入 Anycast 组的源移动主机作为自己的孩子节点加入到孩子节点记录表中，并记录下 Join 消息中的相关参数，同时记录下本节点的子节点的 Unicast 地址以及父节点的 Unicast 地址，然后用自己的 Unicast 地址取代原有 Join 消息中的源地址，目的地址不变，将其发送出去。最后，沿路每个接收到 Join 消息的路由器都会重复上述过程，直到此 Join 消息到达根节点为止。至此，该主机成功加入到所请求的 Anycast 组。

主机请求加入一个 Anycast 组的过程如图 1 所示。

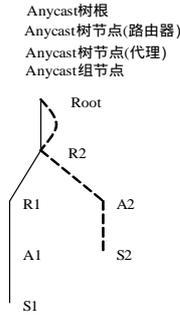


图 1 Anycast 树的建立过程

不难看出，上述的 Anycast 组节点的加入过程可以保证所有的 Anycast 节点组成一个树状结构。

下面再分析一个 Anycast 组节点是如何离开所在的 Anycast 树的。

如果一个组节点申请离开其所在的 Anycast 组，它首先删除自身组节点的信息与身份，然后发送一个 Leave 消息给它的父节点，此 Leave 消息包括此组节点的 Unicast 地址以及所在的 Anycast 组地址，父节点接收到这个 Leave 消息之后，它会检查自身对应 Leave 消息中 Anycast 地址的 Anycast 树的孩子节点记录表，并从中删除此组节点，然后判断此时的记录表是否为空，如果为空，那么它将删除自身的树节点信息，否则，仍然保留树节点的身份与信息。无论此时的记录表是否为空，它都将继续发送一个 Leave 消息给它的父节点，父节点接收到这个 Leave 消息之后，继续重复上述过程直到根节点为止。

1.3 权值计算

本模型采用权值的方式来获取最优 Anycast 组节点。一个树节点的孩子节点记录表中记录着以这个树节点为根节点的子树的所有叶子节点(组节点) N_i 的相关参数，其中权值域就是记录每个叶子节点在此树节点的权值。

从一般性考虑，假设一个树节点有 n 个叶子节点，每个叶子节点 N_i 可以提供 m 种 Anycast 服务，那么每个叶子节点 N_i 都可以用如下的参数来描述自己当前的状态：

$\lambda_{i,k}$ 表示叶子节点 N_i 在某个时间段内接收到的客户发送的第 k 种 Anycast 服务请求的平均访问率；

$A_{i,k}$ 表示叶子节点 N_i 的 Unicast 地址；

Q_k 表示客户请求第 k 种 Anycast 服务所要求的 QoS 参数，考虑一般性，本模型采用速率 V_k 作为 QoS 参数；

$B_{i,k}$ 表示叶子节点 N_i 用于提供第 k 种 Anycast 服务的当前空闲缓存区的大小；

$C_{i,k}$ 表示叶子节点 N_i 用于提供第 k 种 Anycast 服务的当前可用带宽；

$Val_{i,k}$ 表示叶子节点 N_i 能够提供第 k 种 Anycast 服务的最终

权值，在本模型中，最终权值是指叶子节点 N_i 提供第 k 种 Anycast 服务所能承受的最大会话数。

其中， $i = 1, 2, \dots, n$ ； $k = 1, 2, \dots, m$ 。

如果一个叶子节点 N_i 在某段时间内来自客户服务请求的平均访问率为 λ_i ，它所能提供的空闲缓存区总量为 B_i ，带宽的总量为 C_i ，那么可以得到如下公式：

$$\lambda_i = \sum_{k=1}^m \lambda_{i,k}, \quad \sum_{k=1}^m b_{i,k} \leq B_i, \quad \sum_{k=1}^m c_{i,k} \leq C_i$$

如果叶子节点 N_i 发送给客户的第 k 种 Anycast 服务响应数据的速率 V_k 与客户端接收数据的速率相同，那么很显然就有 $C_{i,k} = V_k Val_{i,k}$ 。

在实际应用中，由于叶子节点自身资源缺乏可能会导致它拒绝客户的服务请求，这个被拒绝的服务请求称之为丢失的请求。可以利用如下公式来估计叶子节点 N_i 针对第 k 种 Anycast 服务请求的丢失率：

$$\delta_{i,k} = 1 - \sum_{j=0}^{b_{i,k}} p_{i,k,j}$$

其中，

$$p_{i,k,j} = \begin{cases} \frac{1 - \lambda_{i,k}/c_{i,k}}{1 - (\lambda_{i,k}/c_{i,k})^{b_{i,k}+1}} (\lambda_{i,k}/c_{i,k})^j & 0 \leq j < b_{i,k} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

假设在叶子节点 N_i 上第 k 种 Anycast 服务请求的实际丢失率为 $U_{i,k}$ ，为了使申请不同 Anycast 服务的客户得到最好的服务质量，定义社会效益函数^[5]如下：

$$W_i(U_{i,1}, U_{i,2}, \dots, U_{i,m}) = \sum_{k=1}^m Val_{i,k}$$

那么，现在的问题就是如何获取此社会效益函数在满足如下条件下的最大值，即求

$$\max W_i(U_{i,1}, U_{i,2}, \dots, U_{i,m}) = \sum_{k=1}^m Val_{i,k}$$

它必须满足如下条件：

$$U_{i,k} \leq \delta_{i,k}; \quad \sum_{k=1}^m b_{i,k} \leq B_i; \quad \sum_{k=1}^m c_{i,k} \leq C_i$$

其中， $0 \leq U_{i,k} < 1, k = 1, 2, \dots, m$ 。

这样，拉格朗日乘子方法就能获取上述社会效益函数的最大值。假设有 2 种不同的 Anycast 服务，即 $k = 1, 2$ ，那么利用拉格朗日定理可以得到如下方程：

$$\frac{\phi_1 - b_{i,1}}{c_{i,1} \lg \rho_{i,1}} = \frac{\phi_2 - b_{i,2}}{c_{i,2} \lg \rho_{i,2}}; \quad B_i = b_{i,1} + b_{i,2}; \quad C_i = c_{i,1} + c_{i,2}$$

其中，

$$\rho_{i,1} = \lambda_{i,1}/c_{i,1}; \quad \rho_{i,2} = \lambda_{i,2}/c_{i,2}; \quad \phi_k = \frac{\rho_{i,k}(1 - U_{i,k})}{1 - \rho_{i,k}(1 - U_{i,k})}$$

通过上述方程，可以得到一个针对第 k 种 Anycast 服务的 Pareto 资源配置解集 $\{c_{i,k}, b_{i,k}\}$ 。这样，根据得出的最优资源配置解集，很容易估算出叶子节点 N_i 针对第 k 种 Anycast 服务的 $Val_{i,k}$ 的最大值为

$$Val_{i,k}^{\max} = c_{i,k}/V_k$$

在本模型中，仅讨论一个叶子节点 N_i 只提供一种 Anycast 服务的情况，所以，可以将上述公式改写为

$$Val_i = c_i/v$$

其中， Val_i 表示叶子节点 N_i 的权值； c_i 表示叶子节点 N_i 的当前所能提供的带宽； v 表示客户请求 Anycast 服务所要求的速率参数。这样，通过上述公式就可以得到每个叶子节点的当前最大权值。

1.4 路由分析

当一个主机申请 Anycast 服务时,它首先发送一条 Anycast 地址转换为 Unicast 地址的请求,此请求中包含对所申请的 Anycast 服务的 QoS 参数,即速率 v 的值。本模型会将该请求路由到最佳 Anycast 组节点上进行处理,此最佳组节点会将自身的 Unicast 地址作为应答消息的一部分返回给源主机,此后,源主机与 Anycast 组成员之间就可以按照正常的 Unicast 通信模式进行直接通信了。下面具体讨论本模型如何获取最佳 Anycast 组节点。

在本模型中,每种 Anycast 服务都被赋予一个 Anycast 地址,Anycast 地址转换请求消息通过这个 Anycast 地址可以被网络系统朝着 Anycast 树根节点的方向路由推进。在路由过程中,每经过一个路由器,它都会检查自己是否为此 Anycast 树的树节点。如果是,那么就查找当前以此节点为根节点的子树中最优的组节点,否则,将该消息向下一跳推进。

本模型采用权值来获取最优组节点,这样得到建立在图 2 基础之上的 Anycast 树,如图 2 所示,这里假设 S1 的当前带宽为 2 Mb/s, S2 的当前带宽为 3 Mb/s。

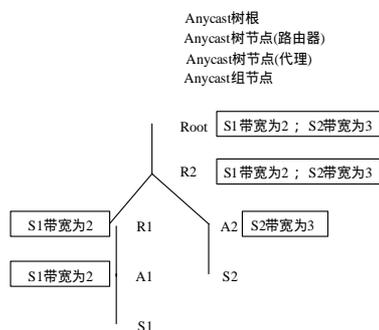


图 2 Anycast 节点的权值

这样,当一个 Anycast 地址转换请求消息到达 R2 时,假设此请求中的 QoS 参数,即速率 v 值为 1 Mb/s,因为 R2 本身是此 Anycast 地址所对应的 Anycast 树的一个树节点,所以它会选取权值最大的 S2 为最优 Anycast 组节点,然后根据孩子记录表中对应的子节点的 Unicast 地址,将该请求消息转发给 A2。同样, A2 将此消息转发给节点 S2。S2 接收到该请求之后,将自己的 Unicast 地址作为响应信息的一部分返回给源主机,这样,源主机就可以利用彼此的 Unicast 地址与最优

(上接第 119 页)

一些统计资料显示,香港宽带使用率世界第一,而据香港互联网调查结果显示网民选择无线上网方式(包括 WLAN, GPRS, WAP, EDGE, 3G)的 2005 年数据为 9%,基本以每年 1% 的速度呈缓慢上升趋势。此外,国内最好的商务酒店的宽带接入使用率不到 30%。参照这些数据,可设定 20% 作为国内热点地区的无线宽带接入率。因此,宾馆、酒店的房间数可认为是用户数,假定其中有 20% 的用户同时使用互联网。而一个 AP 可支持 20 个用户。则一个宾馆或酒店所需 AP 的总数量可按下式计算:

$$\text{AP 数} = \text{用户数} \times 20\% \div 20$$

4 结束语

经过以上分析建立传输损耗模型和容量模型,可据此确定 WLAN 覆盖范围和 AP 数量配置:(1)AP 的数量由用户数决定;(2)天线的数量由覆盖范围决定。考虑当距离较远、传输质量降质情况下,用户的传输速率会从 11 Mb/s 降至

Anycast 组成员进行直接通信了。

2 性能分析

笔者在 IPv6 模拟移动网络下实现了本模型,同时采用跳数为距离度量单位实现了现有移动 IP 通信模型。本模型的性能分析是通过在 IPv6 模拟环境中比较客户在本模型以及现有的移动 IP 通信模型获取同样网络服务(如文件服务)的 TRT 值来实现的,即 $R = TRT_{\text{Normal}} / TRT$ 。其中, R 为在本模型中与现有的移动 IP 通信模型下客户获取同样的网络服务的 TRT 值的比值, TRT_{Normal} 为在现有的移动 IP 通信模型下客户获取网络服务的 TRT 值, TRT 为在本模型中客户端获取网络服务的 TRT 值。实验数据表明,在网络不拥塞的情况下, R 的比值趋于 1.08,而在网络拥塞的情况下, R 的比值趋于 1.25。这个试验结果表明,在本模型中客户获取 Anycast 服务的整体响应时间优于在现有的移动 IP 通信模型下客户获取服务的响应时间。

3 结束语

本文在 IPv6 模拟环境下,提出了一种新的通信模型,用以实现移动 IP 网络中的 Anycast 服务。由于这 2 种技术的研发都处于初级阶段,因此还都有待进一步探讨和研究。

参考文献

- [1] Hagino J, Ettikan K. An Analysis of IPv6 Anycast Internet Draft[Z]. Internet Engineering Task Force, 2001.
- [2] Katabi D, Wroclawski J. A Framework for Scalable Global IP-Anycast(GIA)[C]//Proc. of SIGCOMM. New York: ACM Press, 2000: 3-15.
- [3] Castro M, Druschel P, Kermarrec A M, et al. Scalable Application Level Anycast for Highly Dynamic Groups[M]. [S. l.]: Prentice Hall, 2003.
- [4] Acharya A, Shaikh A. Using Mobility Support for Request Routing in IPv6 CDNs[C]//Proc. of the 7th International Workshop on Web Content Caching and Distribution. [S. l.]: IEEE Press, 2002.
- [5] Ferguson D F, Nikolau C, Yemini Y. An Economy for Flow Control in Computer Networks[C]//Proc. of the IEEE INFOCOM'90. [S. l.]: IEEE Press, 1990.
- [6] Katabi D, Wroclawski J. A Framework for Scalable Global IP Anycast[C]//Proc. of SIGCOMM. New York: ACM Press, 2000.

5.5 Mb/s, 2Mb/s 或 1Mb/s。因此,要注意用户接收信号强度要求,控制覆盖范围。(3)为补偿功分器、馈线及接头的功率损耗,必要时可采用功率放大器。

覆盖范围和容量往往是一对矛盾,如何在两者之间取得平衡,还要根据具体热点地区类型以及需求,决定是优先满足覆盖率还是优先满足高速度要求。

参考文献

- [1] Shamir A. 无线电传播简介: 专用术语, 室内传播和路径损耗计算及实例[J]. 今日电子, 2002, (z1): 26-30.
- [2] Cali F, Conti M, Gregori E. IEEE 802.11 Wireless LAN: Capacity Analysis and Protocol Enhancement[C]//Proc. of INFOCOM. San Francisco, CA, USA: [s. n.], 1998.
- [3] Heusse M, Rousseau F, Berger-Sabbatel G, et al. Performance Anomaly of 802.11b[C]//Proc. of IEEE INFOCOM. San Francisco, CA, USA: [s. n.], 2003.

