

固定组成员的应用层组播树不稳定问题

李 丹, 吴建平, 崔 勇, 徐 恪

(清华大学计算机科学与技术系网络所, 北京 100084)

摘 要: 传统的组播树稳定性研究一般都是基于组播成员的动态变化的. 但在应用层组播中, 由于组播树的组成节点是应用层的端系统节点, 组播成员可以通过欺骗以企图在组播树上占据更有利的位置, 从而在组播成员不变时也会造成组播树的不稳定. 本文建立了应用层组播节点的欺骗模型, 并讨论了在固定组成员的情况下, 节点欺骗引起的组播树不稳定问题. 模拟实验结果表明, 节点欺骗对应用层组播树的稳定性有极大的负面影响.

关键词: 组播; 应用层组播; 节点欺骗; 稳定性

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2005) 11-2000-06

Instability Problem of ALM Tree with Stable Members

LI Dan, WU Jiann ping, CUI Yong, XU Ke

(Institute of Computer Network Technology, Department of Computer Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Traditional researches on the stability of multicast tree mainly focuses on the dynamic change of multicast members. But in application level multicast (ALM), where the multicast tree is constructed on end systems in the application layer, multicast members can cheat in order to improve their positions in the multicast tree, which may result in the instability of multicast tree even with stable members. This paper establishes the cheating model of ALM nodes, and discusses the instability problem of ALM tree on the occurrence of node cheating when there is no multicast member changing. The simulation results show that node cheating will bring considerable neglect impact on the stability of ALM tree.

Key words: multicast; application level multicast; node cheating; stability

1 引言

在下一代 Internet 中, 很多网络应用都需要组播技术的支持, 比如视频会议、VOD、大规模网络游戏和 P2P 文件共享等^[1]. 目前的组播技术主要分为两种, 一种是在网络层实现的, 即 IP 组播; 另一种是在应用层实现的, 即应用层组播. IP 组播直接利用路由器的复制和转发功能来达到节约网络带宽和减小服务器负载的目的, 由路由器节点构成组播树, 因此有较好的可扩展性和较高的效率. 但 IP 组播改变了传统 Internet 的“单播”思想, 而且其拥塞控制、计费模式、可管理性等一系列问题没有得到很好的解决, 所以一直没有在 Internet 上得到大规模的部署. 此后, 研究者提出了应用层组播. 应用层组播把组播的复制和转发功能放到应用层的端系统节点上, 由端系统节点来构成组播树, 而网络层及其以下的数据传输仍然采用传统 Internet 的“单播”、“尽力而为”的方法.

虽然应用层组播与 IP 组播相比效率有所降低, 但其可部署性却大大提高了. 应用层组播实际上体现了 IP 组播的效率和组播通信的可部署性之间的折衷^[2]. 除了可部署性之外, 应用层组播跟 IP 组播相比也有自己的优势. 由于应用层组播不

依赖于网络底层结构, 而端系统和应用程序可以提供比 IP 更丰富的语义, 因此应用层组播具有很好的灵活性, 可以针对不同的组播应用来设计适合的组播模型和算法, 对小规模组播尤其如此. 因此, 即使 IP 组播在将来得到大规模部署, 应用层组播也是组通信的一个有用技术, 是 IP 组播的有效补充.

在构造应用层组播树时, 出于可扩展性的考虑, 通常由应用层组播节点测量自己与其他节点之间的距离并报告给计算节点(或测量节点自己参与计算). 而在应用层组播中, 组播树上不同位置的组播成员节点之间付出的开销(构造组播树以及数据复制和转发)和获取的服务(接收组播数据)之间是有很大差别的. 孩子数目越少, 维护孩子列表的开销就越小, 数据的复制和转发开销也相应较小. 组播树上深度不同的节点接收数据的延迟也有较大差别, 离源节点较近的节点接收数据的延迟会比较小. 因此, 应用层组播在组播树的构造过程中就存在着严重的信任隐患. 如果应用层组播节点希望在组播树上占据更有利的位置, 就可以在报告自己与其他节点之间的距离时进行欺骗. 经过欺骗的节点可能在应用层组播树上更加靠近源节点而获取更好的服务, 或者孩子列表成员数量得到减少从而减小复制和转发开销. 当然, 欺骗节点获得的利

益是以其他节点包括源节点的利益损失作为代价的, 而绝大多数应用层组播协议都在通信过程中对应用层组播树进行动态更新以反映网络拓扑的实时变化, 也为应用层组播节点在应用层组播树的维护过程中进行欺骗提供了更多的机会。

为了保证组播数据的正常传输, 要求组播树是相对稳定的。组播树的稳定性问题可以分为两类, 一类是由于组播成员的动态变化引起的组播树的不稳定, 另一类是在组播成员不变的情况下由于其他原因引起的组播树的不稳定。传统的组播树稳定性研究一般都是基于组播成员的动态变化的, 而很少考虑组播成员不变的情况下应用层组播树的不稳定问题。由于路由器部署的相对稳定性, 这在 IP 组播中是比较适合的。但在应用层组播中, 由于应用层节点的不可靠性, 比如在发生上面介绍的节点欺骗的情况下, 虽然组播成员节点保持不变, 应用层组播树结构也会发生改变, 造成组播树的不稳定。

本文的目的是讨论组播成员不变时, 节点欺骗引起的组播树不稳定问题。论文其余部分的组织如下: 第二部分介绍了相关工作, 第三部分建立了应用层组播节点的欺骗模型, 第四部分通过模拟实验分析了节点欺骗对应用层组播树稳定性的影响大小, 第五部分对全文进行了总结。

2 相关工作

我们把应用层组播的源节点和接收成员节点组成的拓扑分为控制拓扑和数据拓扑^[3]。控制拓扑就是应用层组播所能收集到的所有节点之间的可达信息及其距离。数据拓扑则是一棵从源节点到所有接收成员节点的标识组播数据转发路径的树, 即应用层组播树。显然, 数据拓扑是在控制拓扑的基础上生成的, 控制拓扑的改变可能会导致数据拓扑的改变。根据构造控制拓扑和数据拓扑的顺序, 现有应用层组播协议可以分为三类: 基于 mesh 的策略, 基于树的策略和基于隐含组播转发拓扑结构的策略。

在基于 mesh 的策略中, 接收成员首先构造一个应用层的 mesh 结构, 然后根据这个 mesh 结构来计算转发路径。常见的这类应用层组播协议有端系统组播^[4]、Scattercast^[5]和 Kudos^[6]等。基于树的策略直接采用分布式算法构造数据转发树, 然后每个接收成员主动发现一些并不是自己邻居节点的组播树中的其他节点并和这些节点保持控制连接, 数据拓扑和这些额外的连接组成了控制拓扑。这类应用层组播协议的代表有 Host Multicast^[7]、ALM^[8]和 TBCP^[9]等。基于隐含组播转发拓扑结构的策略使用面向大规模应用层网络的路由机制创建带有某些特殊属性的控制拓扑, 在控制拓扑中就隐含定义了数据转发路径, 如 NICE^[10]、CAN Multicast^[11]和 Scribe^[12]等。

虽然研究者们设计了上述许多应用层组播协议, 但其中却很少有保障组播树稳定性的有效措施。而一棵稳定的组播树是组播数据正常传输的重要保障, 因此组播树的稳定性问题一直是组播领域的一个重要研究课题。对于组播成员的动态变化引起的组播树稳定性问题, 已经有不少研究者进行了相关工作。P. V. Mieghem 分析了组播成员动态变化对组播树链路变化的影响, 发现组播成员的动态加入和退出造成的组

播树链路变化的数量是服从泊松分布的^[13]。F. Shi 讨论了分层组播发生拥塞时对组播树稳定性的影响, 但实际上也是从组播拥塞引起组播成员的动态加入或退出的角度来讨论其跟组播树稳定性的关系的^[14]。

但就我们所知, 目前却很少有关于组播成员不变情况下组播树稳定性的研究, 更没有关于组播树在节点欺骗发生时的稳定性研究。L. Mathy 研究了节点欺骗对应用层组播的链路强度和伸展度的影响^[2], 但却没有讨论节点欺骗和应用层组播树的稳定性之间的关系。应用层组播树在节点欺骗发生时的稳定程度意味着节点欺骗对应用层组播树带来的额外开销大小以及组播路由的抖动程度, 因此对于组播成员保持不变的情况下节点欺骗所带来的组播树稳定性问题的研究有着重要的意义。

3 应用层组播节点的欺骗模型

我们讨论在组播成员完全不变而且没有其他原因引起组播树结构改变的情况下, 节点欺骗所引起的应用层组播树不稳定问题。在不同的应用层组播协议中, 节点的欺骗方法可能会有所不同。但节点总可以在报告自己和其他节点之间的距离时把真实值增加或者减去一定的数量, 并且可以在协议允许的范围内动态地进行这种操作, 而节点每次的欺骗程度也可能是不一样的。应用层组播协议实时地检测出控制拓扑的变化, 重新生成应用层组播树。

应用层组播节点可以采用一种通用的欺骗方式: 在报告自己跟其他节点之间的距离时, 把自己跟源节点之间的距离减少一定数量, 这样就可以在组播树上更加靠近源节点, 可能获得更小的数据延迟; 同时把自己跟其他普通成员节点之间的通信距离增加一定数量, 这样可以在构造组播树时减小成为其他节点的父节点的概率, 从而在一定程度上减少自己付出的数据复制和转发开销。而欺骗节点把自己跟源节点之间的距离减少的比例以及把自己跟其他成员节点之间的距离增加的比例, 反映了欺骗的程度。这里我们分别定义源节点欺骗度和接收者欺骗度来量化。

定义 1 源节点欺骗度

一个应用层组播成员节点在报告自己与源节点之间的距离时, 在真实距离基础上减少的数量与真实距离之间的比值, 定义为源节点欺骗度, 用 s 表示。

定义 2 接收者欺骗度

一个应用层组播成员节点在报告自己与其他成员节点之间的距离时, 在真实距离基础上增加的数量与真实距离之间的比值, 定义为接收者欺骗度, 用 o 表示。

一般情况下, 节点欺骗的获益者是进行欺骗的节点, 而损失的是诚实节点以及源节点的利益。欺骗节点的概率不同时, 节点欺骗对应用层组播的影响应该是有区别的。

应用层组播节点测量自己跟其他节点之间的距离, 这些节点以及节点之间相互测量出的距离组成的带权连通图就是应用层组播的控制拓扑。控制拓扑是生成应用层组播树的依据, 节点只能在跟控制拓扑中的可达节点进行通信时才有机会进行欺骗, 而控制拓扑中欺骗节点可达的其他节点的数量

多少影响着节点欺骗机会的大小. 为此, 我们定义测量度.

定义 3 测量度

应用层组播中进行了测量并反映在控制拓扑中的链路数量占有所有节点全连接的链路总数的比值, 称为应用层组播的测量度, 用 d 表示.

根据定义, d 的最大值显然为 1. 由图论的知识, 假设组播树的节点总数为 n , 为了保证应用层组播控制拓扑的连通, 其最小链路数量应该为 $n-1$. 而应用层组播控制拓扑全连接的链路总数为 $n(n-1)/2$. 所以, d 的最小值为 $2/n$.

在此基础上, 我们建立应用层组播的节点欺骗模型. 设一个单源应用层组播会话的接收成员总数为 n (组播树的节点总数为 $n+1$), 测量度为 d , 且有概率为 p 的接收成员进行这样的欺骗: 在报告自己与源节点之间的距离时, 把真实距离减小一定数量, 且源节点欺骗度为 s ; 在报告自己与其他成员节点之间的距离时, 把真实距离增加一定数量, 且接收者欺骗度为 o . 我们把应用层组播中发生的这样的节点欺骗表示为 $C_n(d, p, s, o)$, 其中 $2/(n+1) \leq d \leq 1, 0 \leq p \leq 100\%, 0 \leq s < 1, o \geq 0$.

节点欺骗 $C_n(d, p, s, o)$ 对应用层组播树稳定性的影响可以从两个方面来看, 一是欺骗本身造成的整棵应用层组播树结构的改变, 二是欺骗后各个节点跟欺骗前相比在应用层组播树中位置的变化. 前者从宏观上反映节点欺骗给应用层组播带来的组播树切换的开销, 我们定义组播树链路抖动因子来衡量其大小; 而后者从微观上反映各个节点在欺骗前后的变化, 主要是它们从节点欺骗中获取的利益或者损失的利益, 我们分别定义源节点利益因子、诚实接收者利益因子和欺骗接收者利益因子来进行量化.

定义 4 组播树链路抖动因子

在节点欺骗 $C_n(d, p, s, o)$ 中, 对欺骗前应用层组播树 T_n 中的任一条有向链路 L , 如果在欺骗后的应用层组播树 T'_n 中不存在, 则认为 L 发生了变化. 令 T_n 中发生了变化的有向链路总数为 $\Delta_n(d, p, s, o)$, 则我们定义在节点欺骗 $C_n(d, p, s, o)$ 下的组播树链路抖动因子为 $J_n(d, p, s, o) = 1 - \Delta_n(d, p, s, o) / n$. (根据图论的知识, 节点总数为 $n+1$ 的组播树的链路数量为 n).

从 $J_n(d, p, s, o)$ 的定义中可知, 如果 $J_n(d, p, s, o)$ 越小, 则说明节点欺骗 $C_n(d, p, s, o)$ 对组播树链路变化的影响越

大.

定义 5 源节点利益因子

在节点欺骗 $C_n(d, p, s, o)$ 中, 源节点在欺骗后的孩子列表成员数量, 与欺骗前的孩子列表成员数量的比值, 定义为节点欺骗 $C_n(d, p, s, o)$ 下的源节点利益因子, 用 $S_n(d, p, s, o)$ 表示.

定义 6 诚实接收者利益因子

在节点欺骗 $C_n(d, p, s, o)$ 中, 所有诚实接收者在欺骗后的孩子列表成员数量之和, 与欺骗前的孩子列表成员数量之和的比值, 定义为节点欺骗 $C_n(d, p, s, o)$ 下的诚实接收者利益因子, 用 $H_n(d, p, s, o)$ 表示.

定义 7 欺骗接收者利益因子

在节点欺骗 $C_n(d, p, s, o)$ 中, 所有欺骗接收者在欺骗后的孩子列表成员数量之和, 与欺骗前的孩子列表成员数量之和的比值, 定义为节点欺骗 $C_n(d, p, s, o)$ 下的欺骗接收者利益因子, 用 $F_n(d, p, s, o)$ 表示.

从定义 3 中可知, 如果 $S_n(d, p, s, o) > 1$, 则说明源节点从节点欺骗 $C_n(d, p, s, o)$ 中损失了利益, 且 $S_n(d, p, s, o)$ 越大, 源节点损失的利益越大; 相反, 如果 $S_n(d, p, s, o) < 1$, 则说明源节点从节点欺骗 $C_n(d, p, s, o)$ 中获取了利益, 且 $S_n(d, p, s, o)$ 越小, 源节点的获取的利益越大. 对于 $H_n(d, p, s, o)$ 和 $F_n(d, p, s, o)$ 也有同样的结论.

4 节点欺骗对应用层组播树稳定性影响的模拟实验

在第 3 部分建立的应用层组播节点欺骗模型的基础上, 我们通过模拟实验来分析节点欺骗对应用层组播树稳定性的影响. 组播树的生成算法采用 MST (最小生成树) 算法. 我们分别对单源应用层组播的接收成员数量为 50 和 200 的情况进行了模拟, 每种情况分别模拟了 50 组, 然后取其平均值. 每组都分别取测量度 d 为 10%、30%、50%、70% 及 90%, s 为 10%、50% 及 90%, o 为 25%、50%、100% 及 200%, p 为 5%、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90% 及 95%. 为了量化节点欺骗对应用层组播树稳定性的影响, 我们分别考察组播树链路抖动因子 $J_n(d, p, s, o)$ 、源节点利益因子 $S_n(d, p, s, o)$ 、诚实接收者利益因子 $H_n(d, p, s, o)$ 和欺骗接收者利益因子 $F_n(d, p, s, o)$ 随 d, s, o, p 的变化情况.

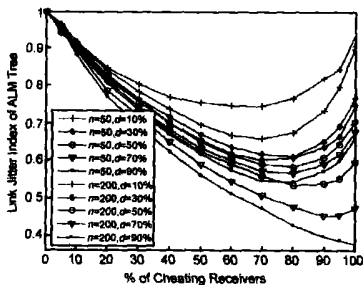


图 1 组播树链路抖动因子 ($s=50\%, o=100\%$)

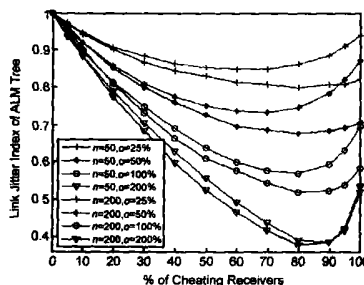


图 2 组播树链路抖动因子 ($d=50\%, s=50\%$)

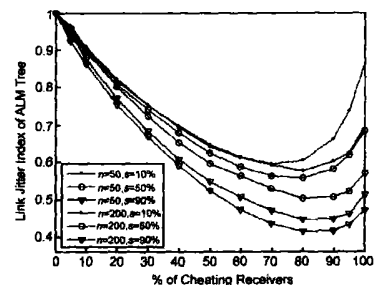


图 3 组播树链路抖动因子 ($d=50\%, o=100\%$)

4.1 组播树链路抖动因子 $J_n(d, p, s, o)$

组播树链路抖动因子 $J_n(d, p, s, o)$ 在 $s = 50\%$ 、 $o = 100\%$ 时, 随 p 、 d 的变化情况如图 1 所示; 在 $d = 50\%$ 、 $s = 50\%$ 时, 随 p 、 o 的变化情况如图 2 所示; 在 $d = 50\%$ 、 $o = 100\%$ 时, 随 p 、 s 的变化情况如图 3 所示。

如图 1, d 越大, $J_n(d, p, s, o)$ 越小. 这是因为应用层组播的测量度越大, 欺骗节点的欺骗机会将越多, 因此应用层组播树重建后的变化也就更大, 发生抖动的链路数量更多, 组播树链路抖动因子也就更小. 从图 2 和图 3 中可以看出, s 或 o 越大, $J_n(d, p, s, o)$ 都将更小. 这是因为欺骗程度越明显, 则应用层组播树的控制拓扑的变化程度也越大, 因此重建应用层组播树时发生抖动的链路将越多, 组播树链路抖动因子也越小.

图 1~ 图 3 还表示了 $J_n(d, p, s, o)$ 随 p 的变化情况. J_n

(d, p, s, o) 随着 p 的增大先减小, 后增大. 在欺骗节点的概率不是很大时, 欺骗节点越多, 对应用层组播树重建的影响也越大. 但当欺骗节点的概率很大时, 相当于把大部分节点之间的距离增加了一个常数, 发生抖动的链路数量反而会有一定程度的减少.

总体上说, 节点欺骗将会使组播树的结构发生很大改变, 当应用层组播的测量度很大, 源节点欺骗度和接收者欺骗度很高, 欺骗节点的概率适中时尤为突出. 因此, 当节点欺骗发生时应用层组播将付出很大的开销来重建应用层组播树.

4.2 源节点利益因子 $S_n(d, p, s, o)$

源节点利益因子 $S_n(d, p, s, o)$ 在 $s = 50\%$ 、 $o = 100\%$ 时, 随 p 、 d 的变化情况如图 4 所示; 在 $d = 50\%$ 、 $s = 50\%$ 时, 随 p 、 o 的变化情况如图 5 所示; 在 $d = 50\%$ 、 $o = 100\%$ 时, 随 p 、 s 的变化情况如图 6 所示.

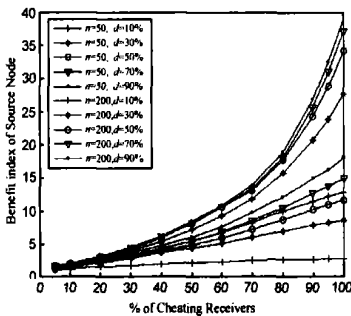


图 4 源节点利益因子 ($s=50\%$, $o=100\%$)

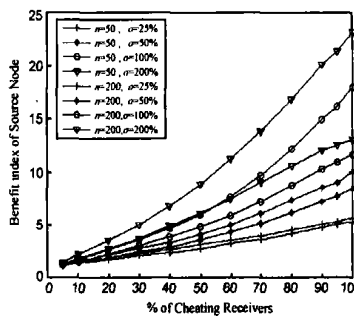


图 5 源节点利益因子 ($d=50\%$, $s=50\%$)

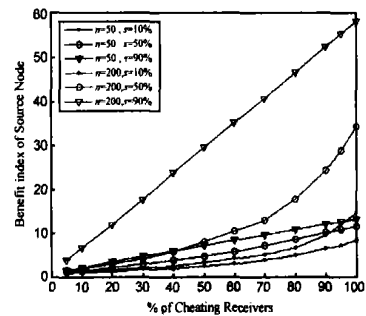


图 6 源节点利益因子 ($d=50\%$, $o=100\%$)

$S_n(d, p, s, o)$ 随着 d 的增大而增大, 如图 4 所示. 这跟图 1 中的原因是类似的, 因为应用层组播的测量度越大时, 欺骗节点的欺骗机会更多, 因而对组播树重建造成的影响也将越大, 将会有更多的接收节点成为源节点的孩子节点, 源节点受到的损失也就越大. 如图 5 和图 6 所示, s 或 o 越大, $S_n(d, p, s, o)$ 也越大. 这也是因为节点的欺骗程度越明显, 则应用层组播的控制拓扑的变化程度越大, 重建组播树时源节点的孩子数目也会越多, 源节点利益因子也就更大.

从图 4~ 图 6 中还可以看出, 源节点利益因子随着欺骗节点的增多而增多. 这个结果是显然的, 因为欺骗节点越多,

将有更多的节点有机会成为源节点的孩子节点.

总而言之, 节点欺骗将给源节点造成极大的负担. 而应用层组播的一个重要的应用初衷就是为了减少服务器的负载, 因此, 节点欺骗将给应用层组播的性能带来直接的负面影响, 对应用层组播的危害是很大的.

4.3 诚实接收者利益因子 $H_n(d, p, s, o)$

诚实接收者利益因子 $H_n(d, p, s, o)$ 在 $s = 50\%$ 、 $o = 100\%$ 时, 随 p 、 d 的变化情况如图 7 所示; 在 $d = 50\%$ 、 $s = 50\%$ 时, 随 p 、 o 的变化情况如图 8 所示; 在 $d = 50\%$ 、 $o = 100\%$ 时, 随 p 、 s 的变化情况如图 9 所示.

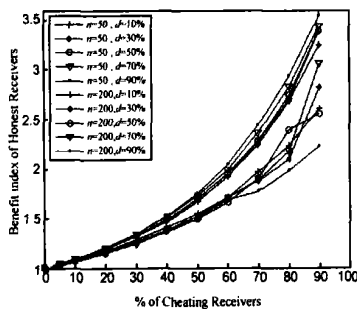


图 7 诚实接收者利益因子 ($s=50\%$, $o=100\%$)

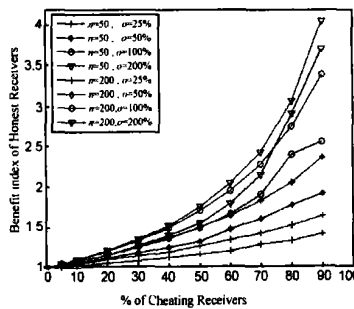


图 8 诚实接收者利益因子 ($d=50\%$, $s=50\%$)

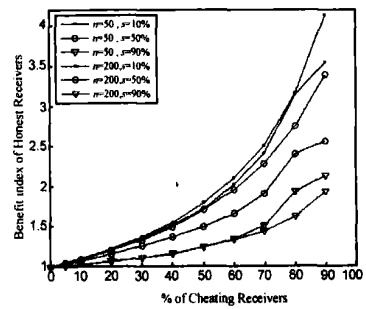


图 9 诚实接收者利益因子 ($d=50\%$, $o=100\%$)

如图 7, $H_n(d, p, s, o)$ 随 d 的增大而增大. 这同样是因为应用层组播的测量度越大时欺骗节点的欺骗机会更多造成的, 此时诚实接收者将会有更多的孩子节点. 图 8 和图 9 则表

示 $H_n(d, p, s, o)$ 随 s 或 o 的增大而增大. 源节点欺骗度或接收者欺骗度越大, 则应用层组播控制拓扑的变化程度越大, 重建组播树时诚实接收者成为其他节点的父节点的机会也会相

应增多。

从图 7~ 图 9 中还可以看出, 诚实接收者利益因子随着欺骗节点概率的增大而增多。这是因为欺骗节点越多, 诚实接收者成为其他节点的父节点的机率就越大。

综合这些实验结果, 在发生节点欺骗时, 一般情况下诚实接收者利益因子是大于 1 的, 即诚实接收者将从节点欺骗中损失利益。

4.4 欺骗接收者利益因子 $F_n(d, p, s, o)$

欺骗接收者利益因子 $F_n(d, p, s, o)$ 在 $s = 50\%$ 、 $o = 100\%$ 时, 随 p 、 d 的变化情况如图 10 所示; 在 $d = 50\%$ 、 $s = 50\%$ 时, 随 p 、 o 的变化情况如图 11 所示; 在 $d = 50\%$ 、 $o = 100\%$ 时, 随 p 、 s 的变化情况如图 12 所示。

图 10 表明, d 越大, 则 $F_n(d, p, s, o)$ 越小, 说明此时欺骗接收者获得的利益也越大。这跟图 4 和图 7 实际上是对应的, 因为应用层组播的测量度比较大的时候, 欺骗接收者的欺骗

机会更多, 节点欺骗对应用层组播树重建的影响也将越大, 欺骗接收者成为其他节点的父节点的机会也更小了。

从图 11 和图 12 中可以看出, 欺骗接收者的欺骗程度越大, 欺骗接收者利益因子也越小。这也是因为此时应用层组播控制拓扑的变化更大, 欺骗接收者获取的利益也更多。

从图 10~ 图 12 中还可以发现, 欺骗接收者利益因子随着欺骗接收者概率的增大呈逐渐增大的趋势, 即欺骗接收者获取的平均利益逐渐减小。这是因为欺骗接收者越多, 则欺骗接收者之间互相欺骗的机率越大, 欺骗效果得到了一定程度的抵消。

综合图 10~ 图 12, 在发生节点欺骗时, 欺骗接收者一般是获益的, 它们的利益因子小于 1。在测量度较大, 欺骗程度较大, 而节点欺骗概率较小时, 欺骗接收者获取的利益尤其明显。因此, 欺骗节点总有动力进行不断的欺骗以获取更大的利益, 这对应用层组播树稳定性的影响是很大的。

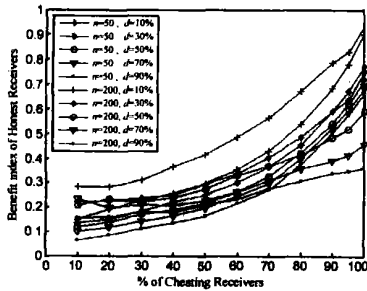


图 10 欺骗接收者利益因子 ($s=50\%$, $o=100\%$)

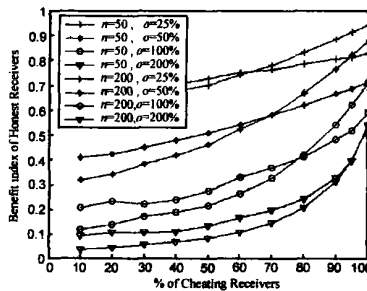


图 11 欺骗接收者利益因子 ($d=50\%$, $s=50\%$)

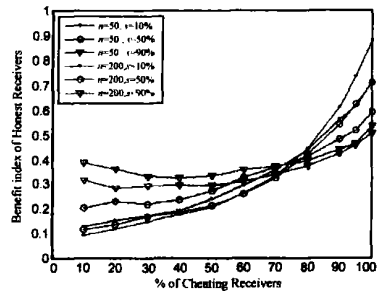


图 12 欺骗接收者利益因子 ($d=50\%$, $o=100\%$)

5 结论

IP 组播的组播树节点是路由器, 由于路由器部署的相对稳定性, 当组播成员稳定时 IP 组播树也是相对稳定的。但对于应用层组播, 由于组播节点是应用层的端系统节点, 组播节点可以通过欺骗以在组播树上获取更有利的位置, 因此在固定组成员时应用层组播树也是不稳定的。本文建立了应用层组播中的节点欺骗模型, 讨论了应用层组播树稳定性和节点欺骗之间的关系, 并通过实验分析了节点欺骗模型中的不同参数对组播树链路抖动因子、源节点利益因子、诚实接收者利益因子以及欺骗接收者利益因子的影响情况。实验结果表明, 在固定组成员的情况下, 节点欺骗对应用层组播树稳定性的影响是比较大的, 不但应用层组播将付出许多额外的开销来重建应用层组播树, 而且将会增加诚实接收者和源节点的负担, 特别是源节点的负担, 这将极大地损害应用层组播的性能。而欺骗节点将从节点欺骗中获取不小的利益, 这也会促使它们进行更多的欺骗。

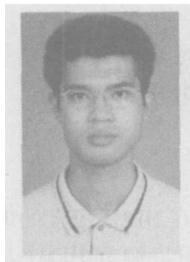
因此在应用层组播中, 即使组播成员固定不变, 也必须考虑如何保持组播树稳定性的问题。为了减少甚至避免节点欺骗对应用层组播带来的负面影响, 我们可以考虑采用经济学中的博弈论方法, 设计激励机制来鼓励节点通告真实私有信息。这也是我们下一步的工作方向。

参考文献:

- [1] Shi S Y, Turner J S. Multicast routing and bandwidth dimensioning in overlay networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2002, 20(8): 1444-1455.
- [2] Mathy L, Blundell N. Impact of simple cheating in application-level multicast[A]. Proc of IEEE INFOCOM2004[C]. Hong Kong, China, 2004. 1318-1328.
- [3] Banerjee S, Bhattacharjee B. A Comparative Study of Application Layer Multicast Protocols[DB/OL]. <http://www.cs.wisc.edu/~suman/pubs.html>.
- [4] Chu Y H, Rao S G, Zhang H. A case for end system multicast[A]. Proc of ACM Sigmetrics 2000[C]. Santa Clara, CA, USA: Korose J, Nain P, eds, 2000. 1-12.
- [5] Chawathe Y. Scattercast: An Architecture for Internet Broadcast Distribution as an Infrastructure Service[D]. Ph D Thesis, University of California, Berkeley, 2000.
- [6] Jain S, Mahajan R, Wetherall D, Borriello G. Scalable Self Organizing Overlays[R]. Technical report, Washington University, 2000.
- [7] Zhang B, Jamin S, Zhang L. Host Multicast: A Framework for Delivering Multicast to End Users[A]. Proc of IEEE INFO-

- COM 2002[C]. New York, USA: Lee D, Orda A, eds, 2002. 1366– 1375.
- [8] Pendarakis D, Shi S, Venma D, Waldvogel M. ALMI: An Application Level Multicast Infrastructure[A]. Proc of USITS 2001[C]. San Francisco, CA, USA: Anderson T, eds, 2001. 49– 60.
- [9] Mathy L, Canonico R, Hutchison D. An Overlay Tree Building Control Protocol[A]. Proc of NGC 2001[C]. London, UK: Crowcroft J, Hoffman M, eds, 2001, 76– 87.
- [10] Banerjee S, Bhattacharjee B, Kommareddy C. Scalable Application Layer Multicast[R]. Technical Report UMIACS TR-2002, University of Maryland, 2002.
- [11] Ratnasamy S, Handley M, Karp R, Shenker S. Application Level Multicast using Content- Addressable Networks[A]. Proc of NGC 2001[C]. London, UK: Crowcroft J, Hoffman M, eds, 2001. 14– 29.
- [12] Castro M , Druschel P , Kermarrec A and Rowstron A . SCRIBE: A Large-scale and Decentralized Application level Multicast Infrastructure[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2002, 20(8) : 100– 110.
- [13] Mieghem P V, Janic M. Stability of a Multicast Tree[A]. Proc of IEEE INFOCOM 2002[C]. New York, USA, 2002. 1099– 1108.
- [14] F Shi, J Wu, K Xu. Impact of Congestion on the Stability of a Multicast Tree in Cumulative Layered Multicast[J]. IEE Proceedings Communications, 2003, 150(5) : 371– 376.

作者简介:



李 丹 男, 1981 年出生于四川阆中, 博士研究生, 主要研究方向是计算机网络体系结构、组播. E-mail: Lidan@cse1.cs.tsinghua.edu.cn.

崔 勇 男, 1976 年出生于新疆乌鲁木齐, 博士, 讲师, 主要研究领域为计算机网络体系结构、服务质量控制、路由算法和性能评价.



吴建平 男, 1953 年出生于山东巨野, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究领域为计算机网络体系结构、协议工程学、互连网络.

徐 恪 男, 1974 年出生于江苏洪泽, 博士, 副教授, 主要研究领域为计算机网络体系结构、高性能路由器体系结构、路由算法与协议、组播与服务质量控制.