

◎博士论坛◎

WiMAX Mesh 网络中位置管理面临的新挑战

董宝青¹, 胡渭琦², 李琦¹DONG Bao-qing¹, HU Wei-qi², LI Qi¹

1. 北京大学 数字地球工作室, 北京 100871

2. 北京邮电大学 网络与交换技术国家重点实验室, 北京 100876

1. Lab of Digital Earth, Peking University, Beijing 100871, China

2. State Key Lab of Networking and Switching Technology, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China

DONG Bao-qing, HU Wei-qi, LI Qi. New challenge on location management in WiMAX Mesh networks. *Computer Engineering and Applications*, 2008, 44(6): 1-5.

Abstract: The meshed topology in IEEE 802.16 standard provides high reliability, effective market coverage, and scalability, as well as low upfront investments. However, the standard does not specify the location management mechanism. In this paper, the author analyzes theoretically the cost and delay of traditional location management schemes in wireless mesh networks and compares it with that of typical cellular networks. The result shows it is necessary to propose a new location management scheme which takes the character of wireless multi-hop in WiMAX Mesh networks into account.

Key words: location management; WiMAX; Mesh; multi-hop

摘要: IEEE 802.16 标准的 Mesh 拓扑结构能够获得更大的网络覆盖范围、降低运营商建网初期的投资。然而, 现有标准没有规定如何在 Mesh 网络中实现位置管理。从理论上分析了在无线 Mesh 网络中采用传统位置管理策略的开销和延时, 并与典型蜂窝网络中的情况进行了对比。分析结果表明, 传统的位置管理策略在 WiMAX Mesh 网络中的性能十分低效, 需要结合 Mesh 网络的拓扑特性重新考虑位置管理策略。

关键词: 位置管理; WiMAX; Mesh; 多跳

文章编号: 1002-8331(2008)06-0001-05 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP393

1 引言

近年来, 移动用户和终端、移动和无线接入网络以及移动服务与应用的数量都在高速增长, 这标志着移动通信和无线网络的迅速发展。在这些系统中提供高层次的移动性是非常必要的, 包括用户、终端、网络和应用移动性。在下一代网络的基础设施上提供终端移动性的最大挑战, 就是定位和更新终端在网络系统中的位置信息^[1-13], 也即位置管理。

目前基于 IEEE802.16 标准的 WiMAX (Worldwide Interoperability of Microwave Access) 被认为是提供泛在的城域宽带无线接入服务的低成本方案。IEEE802.16 标准定义了两种在基站 (BS) 和用户站 (SS) 间进行无线传输的模式, 即点对多点模式 (PMP) 和 Mesh 模式^[2]。PMP 针对需要多种 QoS 支持的高速率数据传输服务, 要求所有的 SS 都处于 BS 的视距传输范围内。而 Mesh 模式中, SS 可在非视距范围内进行相互通信。WiMAX 的网络建设中, 特别是在建网初期和广大农村地区, 采用 Mesh 方式能够快速并相对低成本地进行网络搭建, 这将给

运营商带来明显的利益。换言之, Mesh 拓扑结构可以提供良好的可靠性、市场覆盖、可扩展性并降低初始建设投资^[3]。为行文简便, 下面采用 Mesh 网络代指 WiMAX Mesh 网络。传统蜂窝网络中的位置管理已经有了大量深入的研究^[4,5,8,9,12-15]。然而, 传统的位置管理策略可能并不适合于新的网络。无线 Mesh 网络 (WMN) 最显著的特点之一, 就是 BS 和 SS 在网络中地位的异质性, 即, WMN 中处于不同层次的节点扮演着不同的角色, 拥有不同的性质^[10]。当移动终端 (MT) 在网络中移动时, Mesh 网络的多跳拓扑结构将对传统位置管理策略的性能带来影响, 这也是位置管理的一个新挑战, 即传统的位置管理方法在 Mesh 网络中是否依然高效。

本文从理论上定量分析了传统位置管理策略在 Mesh 网络中的性能, 并将其和传统蜂窝网络中的性能进行对比。本文的其它章节安排如下: 第 2 章描述在 Mesh 网络中位置管理所面临的主要问题以及系统分析模型; 第 3 章从理论上分析了在传统网络和 Mesh 网络中位置管理的性能, 详细讨论了由 Mesh

基金项目: 国家重点基础研究发展规划 (973) (the National Grand Fundamental Research 973 Program of China under Grant No.2006CB701306)。

作者简介: 董宝青, 博士生, 研究方向为地理信息系统; 胡渭琦, 博士生, 研究方向为无线网络位置管理; 李琦, 教授, 博导, 研究方向包括地理信息系统等。

收稿日期: 2007-10-18

修回日期: 2007-12-03

结构带来的影响;第4章提供了数据化的分析结果;第5章对本文进行总结并展望了下一步的工作。

2 系统模型

IEEE 802.16 网络中包括 BS 和 SS。BS 承担 IEEE 802.16 和外网之间网关的角色。SS 则是客户端设备,移动用户通过它接入网络。用户数据以多跳的方式通过 BS 和外网通信,见图1。

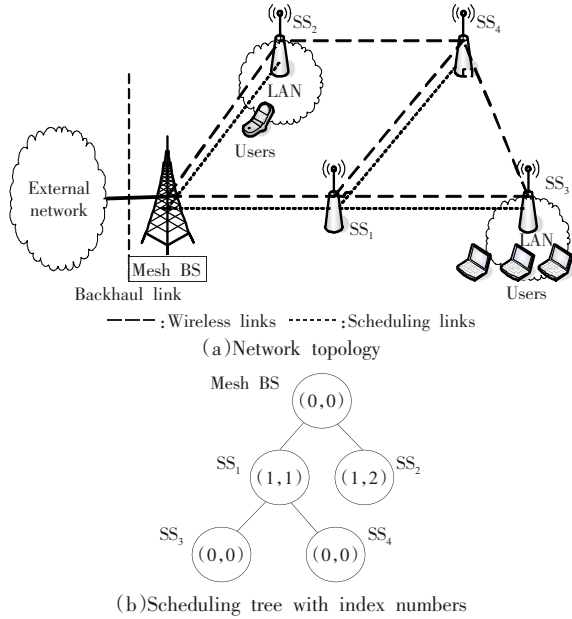


图1 IEEE 802.16 Mesh 网络体系结构

目前存在两种位置管理策略。基于区域的位置管理策略和动态位置管理策略^[4,5,8,12]。动态管理策略可以依据每个 MT 的最后登记小区、速度、QoS 等信息决定位置区(LA)的中心和区域。当 BS 不直接服务于该小区时,除非 MT 几乎不在小区移动,否则这些策略的开销和延时都将大于基于区域的策略。所以,本文仅考虑基于区域的策略。

位置更新和寻呼是位置管理的两个基本步骤。上述策略中,仅当 MT 穿越预先定义的区域边界时进行位置更新。当有呼叫/数据需要推送给该 MT 时,同时或者 ring-by-ring 地在整个区域内发起寻呼。分别将其定义为同步寻呼(simultaneously-paging)策略和逐环寻呼(ring-paging)策略。显而易见,对处于 SS 服务区域内的 MT 进行位置管理的开销和延时都远大于由 BS 直接服务的 MT。这将导致在 Mesh 网络场景中进行位置管理的性能和传统蜂窝网络中有明显的差异。

可以把整个移动服务区域划分为同样大小的多个部分,每部分成为一个位置区(LA)。使用符号 ring- k 来标识和预定义的中心小区距离为 k 的小区集合。 k 层的 LA 由距离中心小区不超过 k 的所有小区组成。图2展示了无线 Mesh 网络中一个 4 层 LA 的例子。每个 LA 中只有中心小区通过有线电缆直接连接到外部网络,其它小区必须直接或间接地通过其才能与外网通信。 k 层 SS 的外部吞吐量由 $k-1$ 层的 SS 负责向 BS 转发。

在下面的讨论中,假设小区是同等大小的标准六边形,采用随机游走模型^[7]来描述 MT 的移动特性,并假设移动终端均匀分布在各个小区内。随机游走模型中,时间被等分为小片。MT 在下一个时间片中以概率 p 依然停留在当前小区内,而以

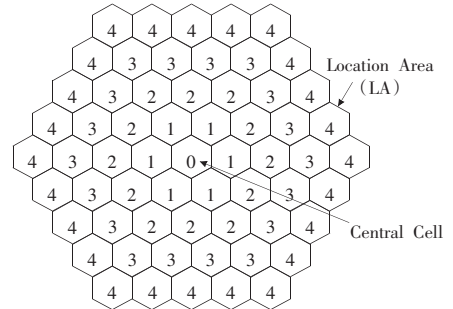


图2 无线 Mesh 网络中的 4 层 LA

概率 $q/6$ ($q=1-p$) 移动到相邻某小区内。文献[8]中计算了 MT 在 t 时刻处于 ring- k 而在 $t+1$ 时刻处于 ring- $(k+1)$ 的概率如下:

$$P_r(k+1, t+1; k, t) = \frac{1-p}{3} - \frac{1-p}{6k} \quad (1)$$

3 性能分析

这一章将从理论上推导出基于区域的位置管理策略在传统蜂窝网络和 Mesh 网络中的开销函数。假设 LA 的大小在两种网络中都为 k 。

首先定义如下符号:

$C_{Total,T}$ —传统蜂窝网络(以下简称为 t-network 或 t-net)中位置管理的总开销;

$C_{Total,M}$ —Mesh 网络(以下简称为 m-network 或 m-net)中位置管理的总开销;

$C_{P,S,T}$ —t-network 中同步寻呼策略的寻呼开销;

$C_{P,R,T}$ —t-network 中逐环寻呼策略的寻呼开销;

$C_{P,S,M}$ —m-network 中同步寻呼策略的寻呼开销;

$C_{P,R,M}$ —m-network 中逐环寻呼策略的寻呼开销;

$C_{L,T}$ —t-network 中的位置更新开销;

$C_{L,M}$ —m-network 中的位置更新开销;

α —呼叫到达率;

σ_p —t-network 中一个 cell 的寻呼开销;

σ_L —t-network 中一次位置更新的开销。

假设在 BS/SS 间转发位置相关消息时每跳产生的额外开销是相同的,记为 σ_H 。

显然有以下等式:

$$C_{Total,T} = C_{P,T} + C_{L,T} \quad (2)$$

$$C_{Total,M} = C_{P,M} + C_{L,M} \quad (3)$$

其中依据采用的寻呼策略是同步寻呼或是逐环寻呼, $C_{P,T}$ 表示 $C_{P,S,T}$ 或 $C_{P,R,T}$ 而 $C_{P,M}$ 表示 $C_{P,S,M}$ 或 $C_{P,R,M}$ 。

3.1 同步寻呼策略下的寻呼开销

计算 $C_{P,S,T}$ 和 $C_{P,S,M}$ 前,先考虑 k 层 LA 以及 ring- k 中包含的小区数量。注意到 ring- i 由 $6i$ 个小区组成,两个值分别为

$$\sum_{i=1}^k 6i+1 \text{ 和 } 6k。$$

$$C_{P,S,T} = \left(\sum_{i=1}^k 6i+1 \right) \sigma_p \cdot \alpha = (3k^2 + 3k + 1) \sigma_p \cdot \alpha \quad (4)$$

$$C_{P,S,M} = \sum_{i=1}^k 6i \cdot (i\sigma_H + \sigma_p) \cdot \alpha + 1 \cdot \sigma_p \cdot \alpha$$

$$6\sigma_p \cdot \alpha \frac{k(k+1)}{2} + 6\sigma_H \cdot \alpha \cdot \frac{1}{6} k(k+1)(2k+1) + \sigma_p \cdot \alpha \quad (5)$$

其中 $(i\sigma_H + \sigma_p)$ 为在 ring- k 中进行一次寻呼的开销。

3.2 逐环寻呼策略下的寻呼开销

当采用逐环寻呼策略时, 寻呼一个 MT 的开销与其处于中心小区和各 ring 中的概率以及在各 ring 中的寻呼开销有关。

对于 m-network, 逐环寻呼方式的寻呼开销, $C_{p,R,M}$, 可以计算如下:

$$C_{p,R,M} = \sum_{i=1}^k P_r \{ \text{MT in ring-}i \} \cdot C_{p,S,M}(i) + P_r \{ \text{MT in central cell} \} \cdot \sigma_p \cdot \alpha \quad (6)$$

其中 $C_{p,S,M}(i)$ 表示在 m-network 的一个 i 层 LA 中采用同步寻呼策略时的寻呼开销。其值可通过替换式(5)中的 k 为 i 而得到。而且, 基于 MT 均匀分布在各小区内的假设, 可以得到

$$P_r \{ \text{MT in ring-}i \} = \frac{6i}{3k^2 + 3k + 1} \quad \text{和} \quad P_r \{ \text{MT in central cell} \} = \frac{1}{3k^2 + 3k + 1}$$

省略掉繁琐的计算过程, 最终可以得到 $C_{p,R,M}$ 和 $C_{p,S,M}$ 如下:

$$C_{p,R,M} = \frac{\alpha}{3k^2 + 3k + 1} \cdot \left[\frac{12}{5} \sigma_H \cdot k^5 + \left(\frac{9}{2} \sigma_p + \frac{21}{2} \sigma_H \right) k^4 + 15(\sigma_p + \sigma_H) k^3 + \left(\frac{33}{2} \sigma_p + \frac{15}{2} \sigma_H \right) k^2 + \left(\sigma_p + \frac{3}{5} \sigma_H \right) k + \sigma_p \right] \quad (7)$$

$$C_{p,R,T} = \frac{\alpha \cdot \sigma_p}{3k^2 + 3k + 1} \cdot \left(\frac{9}{2} k^4 + 15 \cdot k^3 + \frac{33}{2} \cdot k^2 + k + 1 \right) \quad (8)$$

显然, 在 m-network 中 LA 的层数对寻呼开销的影响要大于在 t-network 中的情况。

3.3 位置更新开销

为了推导出 $C_{L,T}$ 和 $C_{L,M}$ 的表达式, 需要首先计算 MT 进入 LA 的次数。基于 MT 均匀分布在各小区内的假设, 知道 MT 进入 LA 的次数等于离开的次数, 记为 N_{out} 。于是, 得到

$$N_{out} = P_r \{ \text{MT in outermost ring of LA} \} \cdot P_r(k+1, t+1; k, t) = \frac{(2k+1)(1-p)}{3k^2 + 3k + 1} \quad (9)$$

其中 $P_r(k+1, t+1; k, t)$ 表示 MT 在 t 时刻处于 ring- k 而在 $t+1$ 时刻离开该 LA 的概率, 其值可以由式(1)得到。

从而, $C_{L,T}$ 和 $C_{L,M}$ 能够计算如下:

$$C_{L,T} = N_{out} \cdot \sigma_L \quad (10)$$

$$C_{L,M} = N_{out} \cdot (\sigma_L + k\sigma_H) \quad (11)$$

$$R_L = \frac{C_{L,M} - C_{L,T}}{C_{L,T}} = \frac{k\sigma_H}{\sigma_L} \quad (12)$$

其中 R_L 表示位置更新开销的相对增幅。

注意到, 位置更新开销的增幅和 LA 的层数成正比。

至此, 在 t-network 和 m-network 中位置管理的总开销可以分别通过将式(4)/(8)和式(10)带入式(2)以及将式(5)/(7)和式(11)带入式(3)得到。

3.4 同步寻呼策略下的寻呼延时

采用同步寻呼策略时, 系统将同时在 LA 中的所有小区内寻呼 MT。在 t-network 和 m-network 中采用该策略的最大延时

分别记为 $D_{p,S,T}$ 和 $D_{p,S,M}$ 。计算之前, 先定义如下符号:

$D_{p,S,M}(i)$ -m-network 中在 ring- i 内采用同步寻呼的最大延时;

D_{p-t} -network 中寻呼定时器的时长, 如果目标 MT 没有在该定时器超时前相应, 将导致寻呼失败;

D_H -在 BS/SS 间转发寻呼相关消息时每跳产生的额外延时。

考虑到同步寻呼的特点和 t-network 中各节点的同质性, 立刻得到:

$$D_{p,S,T} = D_p \quad (13)$$

进一步, 文献[11]指出 WMN 中, 平均端到端的延时正比于源/目的节点间的平均跳数。因此, $D_{p,S,M}$ 可以依下式得到:

$$D_{p,S,M} = \sum_{i=1}^k P_r \{ \text{MT in ring-}i \} \cdot D_{p,S,M}(i) + P_r \{ \text{MT in central cell} \} \cdot D_p = \sum_{i=1}^k \frac{6i}{3k^2 + 3k + 1} \cdot (D_p + i \cdot D_H) + \frac{1}{3k^2 + 3k + 1} \cdot D_p \quad (14)$$

其中 $D_{p,S,M}(i) = (D_p + i \cdot D_H)$ 表示 m-network 中采用同步寻呼策略在 ring- i 内寻呼的延时, 其数值等于在中心小区的延时加上 ring- i 中小区到 BS 的跳数与每跳产生延时的乘积。

3.5 逐环寻呼策略下的寻呼延时

现在来计算逐环寻呼策略的延时。采用这种策略时, 当在 ring- $(k-1)$ 中寻呼时的定时器超时后目标 MT 仍未应答, 系统才会发起在 ring- k 中的寻呼。显然, 这种策略下的延时要大于同步寻呼策略, 这将显著降低用户体验。

基于上述特点, 下面计算两种网络场景下该策略的最大延时, 分别记为 $D_{p,R,T}$ 和 $D_{p,R,M}$ 。类似于 3.4 节, 定义如下符号:

$D_{p,R,T}(i)$ -t-network 中采用逐环寻呼策略在 ring- i 内寻呼的最大延时;

$D_{p,R,M}(i)$ -m-network 中采用逐环寻呼策略在 ring- i 内寻呼的最大延时。

$D_{p,R,T}$ 计算如下:

$$D_{p,R,T} = \sum_{i=1}^k P_r \{ \text{MT in ring-}i \} \cdot D_{p,R,T}(i) + P_r \{ \text{MT in central cell} \} \cdot D_p = \sum_{i=1}^k \frac{6i}{3k^2 + 3k + 1} \cdot (D_p + i \cdot D_p) + \frac{1}{3k^2 + 3k + 1} \cdot D_p \quad (15)$$

其中 $D_{p,R,T}(i) = (D_p + i \cdot D_p)$ 表示 t-network 中采用逐环寻呼策略在 ring- i 内寻呼的延时, 由在中心小区的延时加上逐个 ring 寻呼的延时。考虑到 t-network 的节点同质性, 可以得到每轮的寻呼将产生同样的延时 D_p 。

在 m-network 中, 延时包括信号在 BS/SS 间转发导致的传输延时以及在相关小区内寻呼产生的延时。考虑到逐环寻呼的特点, 得到 $D_{p,R,M}(i) = \sum_{j=0}^i (D_p + j \cdot D_H)$ 。因此, $D_{p,R,M}$ 可以由下式计算:

$$D_{p,R,M} = \sum_{i=1}^k P_r \{ \text{MT in ring-}i \} \cdot D_{p,R,M}(i) +$$

$$P_i \{MT \text{ in central cell}\} \cdot D_p = \sum_{i=1}^k \frac{1}{3k^2+3k+1} \cdot \sum_{j=0}^i (D_p+j \cdot D_H) + \frac{1}{3k^2+3k+1} \cdot D_p \quad (16)$$

现在发现 $D_{p,s,m}/D_{p,r,m}$ 明显大于 $D_{p,s,t}/D_{p,r,t}$, 其超出的部分正比于 MT 所在 LA 的层数 k 。这意味着随着 LA 的增大, 在 m-network 中的寻呼延时将远大于在 t-network 的延时。作为一个推论, 当呼叫在 LA 较大的 Mesh 网络中的 MT 时, 主叫用户将可能有非常糟糕的用户体验。

4 性能的数据化分析

利用在第 3 章中的结论, 提供对基于区域的位置管理策略性能的数据化分析, 并根据这些数据, 讨论影响位置管理性能的主要因素。

如前所述, 开销和寻呼延时与网络体系结构、寻呼策略以及系统参数都有关系。网络体系结构可以分为传统蜂窝网络和 Mesh 网络结构; 本文中讨论的寻呼策略包括同步寻呼和逐环寻呼策略; 对性能有影响的系统参数包括第 2 章中定义的 LA 中包含的层数 k 和 MT 停留在当前小区的概率 p ; 第 3 章中定义的呼叫到达率 α , 在 t-network 中单个小区的寻呼开销 σ_p , 在 t-network 中每次位置更新的开销 σ_L 和转发位置更新相关消息时每跳产生的额外开销 σ_H ; 3.4 节定义的寻呼定时器的时长 D_p 和每跳产生的额外延时。

4.1 开销

参照文献[9], 给参数赋值如下: $\sigma_p=1, \sigma_L=10, \alpha=0.6, p=1/6.5$ 。本文研究大小从 1 层到 10 层的 LA。

由于网络场景的差异, 相关文献中没有涉及到 σ_H , 故需要单独讨论对 σ_H 的赋值。因为 σ_H 的值只和一跳的开销有关, 所以不应该超过在传统网络中进行一次寻呼的开销 σ_p 。另一方面, 考虑到每跳无线通信的开销要远高于有线传输部分, 而在 t-network 中寻呼过程只涉及一跳无线通信, 所以 σ_H 也不应该太低。综合以上两方面的考虑, 在下面的讨论中设置 σ_H 为 0.6。

4.1.1 同步寻呼策略

图 3 描述了当采用同步寻呼策略时, 在 t-network 和 m-network 中寻呼开销的对比。如图所示, m-network 中的寻呼开销远高于 t-network。作为本文最重要的结论之一, 这意味着传统位置管理策略很有可能不适用于 Mesh 网络。

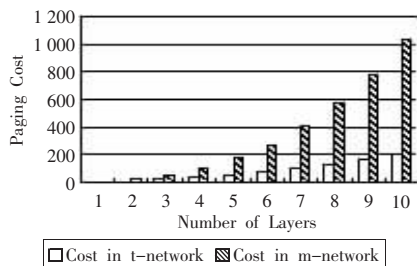


图3 同步寻呼策略下的传统网络和 Mesh 网络的寻呼开销比较

图 4 描述了在两种类型网络中采用同步寻呼策略时位置更新开销的对比。和图 3 进行比较可以发现, 当 LA 层数 k 大于 3 时, 这部分开销的相对值是很小的。这意味着要提高位置

管理的效率, 在 Mesh 网络中当 k 较大时应该主要考虑减少寻呼开销。值得注意的是, 随着 k 的增大, 图 4 中所示的开销反而减小。这是因为采用基于区域的位置更新策略时, 若 LA 很大, MT 跨越 LA 边界的概率将变小。

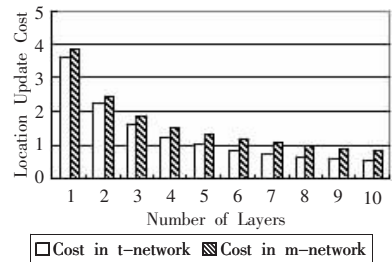


图4 同步寻呼策略下的传统网络和 Mesh 网络的位置更新开销比较

结合图 3, 图 4, 发现 k 较小时位置更新在总开销中的比例都是比较可观的, 但寻呼的开销总是大于位置更新, 并且在 m-network 中的寻呼开销明显大于 t-network。

4.1.2 逐环寻呼策略

通过式(7)和式(8), 可以得到 $C_{p,r,m}$ 和 $C_{p,r,t}$, 如图 5 所示。这两个符号分别表示在两种网络中采用逐环寻呼策略的平均寻呼开销。当 MT 所在 LA 的小区层数增加时, 前者远大于后者。类似的趋势在图 3 中也存在。综合上述数据, 可以看出无论采用同步还是逐环寻呼策略, 在 Mesh 网络中的寻呼开销都大于在传统蜂窝网络中。这个现象是由 Mesh 网络的多跳特性带来的。

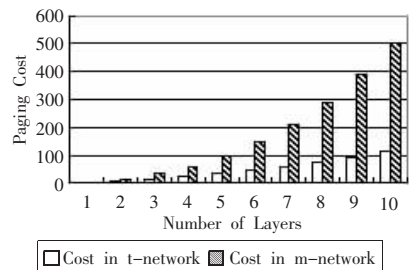


图5 逐环寻呼策略下的传统网络和 Mesh 网络的寻呼开销比较

图 6 展示了在 Mesh 网络中两种寻呼策略开销的对比。如图所示, 逐环策略的开销小于同步策略。当 k 为 1 时, 前者少 11.64%; 而当 k 为 10 时, 差别高达 51.06%。这说明逐环策略在 Mesh 网络中是更好的选择, 一如在传统蜂窝网络中那样。

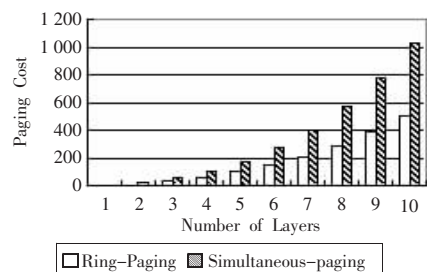


图6 Mesh 网络中同步寻呼策略和逐环寻呼策略的寻呼开销比较

结合图 5, 图 6, 发现网络基础设施的类型对位置管理的性能有更大的影响, 虽然寻呼策略的差异在各种网络中都一定

程度上左右着系统性能。这给设计更适用于 Mesh 网络的位置管理策略的方向性启示,即要尽可能地优先考虑和利用网络的多跳特性。

4.2 寻呼延时

接下来,对寻呼延时进行数据化分析。

在正式开始分析之前,先要给 D_p 和 D_H 以合理的赋值。本文中这些值仅用于进行比较,所以设置 D_p 为 1 以便归一化。考虑到在无线网络中的最后一跳总是通过空中接口的而 D_H 仅与一跳的无线传输延时有关, D_H 不应该大于 $D_{p,s,t}$ 。由公式(13)可知, $D_{p,s,t}$ 在数值上和 D_p 相等。另一方面,由文献[3]可知,由于无线网络共享传播媒介的特性,一个 SS 只能在部分时间发送数据给相邻的 SS,其时长和 SS 的邻居数呈负相关。在本文中,一个 SS 有 6 个邻居。由于上述原因,设置 D_p 为 D_H 的 3/5,即 $D_H=0.6$ 。

如图 7,图 8 所示,无论采用的是哪种寻呼策略,在 Mesh 网络中的寻呼延时高于另一种网络。其中,逐环寻呼策略的延时明显高于同步寻呼策略。换言之,逐环寻呼策略和同步寻呼策略相比,虽然具有开销小的优点,但却带来了大的多的延时。

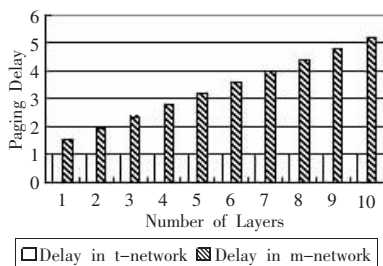


图 7 同步寻呼策略下的传统网络和 Mesh 网络的寻呼时延比较

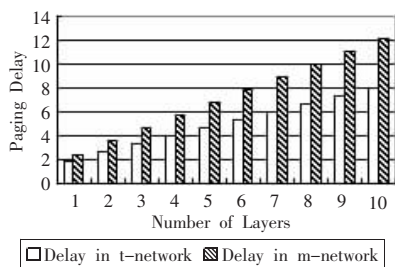


图 8 逐环寻呼策略下的传统网络和 Mesh 网络的寻呼时延比较

5 结论

在 WiMAX Mesh 网络中,网络拓扑结构的变化给位置管理带来了新的挑战。本文从理论上定量分析了 WiMAX Mesh 网络中采用基于区域的位置管理策略(考虑同步寻呼和逐环寻呼策略)的开销和延时。分析结果表明,Mesh 模式将明显增加开销和延时,也即传统的位置管理策略虽然在同质的蜂窝网络中运行正常,但在 Mesh 网络中不再适用。网络中,各网元具有

同质性还是异质性都将比采用何种寻呼策略更显著地影响位置管理的性能。而且,寻呼开销将占到总开销的很大一部分。这说明,充分考虑 WiMAX 网络的特性和尽可能降低寻呼开销,对无线 Mesh 网络的位置管理是至关重要的。量化分析的结果能够很好地支持以上结论。另外,本文中的结论也可以定性地应用于其它接入方式的无线 Mesh 网络中。

参考文献:

- [1] Hussain S, Hamid Z, Khattak N S. Mobility management challenges and issues in 4G heterogeneous networks[C]//Proc of the First International Conference on Integrated Internet Ad Hoc and Sensor Networks, 2006.
- [2] Cheng S M, Lin P, Huang D W, et al. A study on distributed/centralized scheduling for wireless mesh network[C]//Proc of the 2006 International Conference on Communications and Mobile Computing, 2006.
- [3] Jun J, Sichert M L. The nominal capacity of wireless mesh networks[J]. IEEE Commun Mag, 2003.
- [4] Akyildiz I F. Mobility management in next-generation wireless systems[J]. Proceedings of the IEEE, 1999.
- [5] Akyildiz I F, Xie J, Mohanty S. A survey of mobility management in next-generation all-IP-based wireless systems[J]. IEEE Wireless Communications, 2004.
- [6] Gastpar M, Vetterli M. On the capacity of wireless networks: the relay case[C]//Proc of IEEE INFOCOM, 2002.
- [7] Akyildiz I F, Lin Y B, Lai W R, et al. A new random walk model for PCS networks[J]. IEEE J Selected Areas in Comm, 2000.
- [8] Liu Z K, Bui T D. Dynamical mobile terminal location registration in wireless PCS networks[J]. IEEE Trans on Mobile Computing, 2005.
- [9] Xie H, Tabbane S, Goodman D J. Dynamic location area management and performance analysis[C]//Proc of IEEE VTC'93, 1993.
- [10] Wei D, Chan H A, Rawoot M B. Hybrid routing protocol to decrease delay and to extend lifetime for mesh networks [J]. Information Technology Journal, 2007.
- [11] Bisnik N, Abouzeid A. Delay and throughput in random access wireless mesh networks[C]//Proc of ICC, 2006.
- [12] Gu B S. Design and analysis of algorithms for efficient location and service management in mobile wireless systems[D], 2005.
- [13] Xiong Y, Bu Z Y. A general distribution formula of the count of mobiles crossing location areas between two data traffic arrivals[C]//ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 2004.
- [14] Morris D, Aghvami A H. A novel location management scheme for cellular overlay networks[J]. IEEE Trans on Broadcasting, 2006.
- [15] Fang Y G, Lin Y B. Mobility management and signaling traffic analysis for multi-tier wireless mobile networks[J]. IEEE Trans on Vehicular Technology, 2005.