

移动 IPv6 中的一种分布式动态型微移动管理方案*

王胜灵⁺, 刘国荣, 沈钧毅, 侯义斌, 黄建辉

(西安交通大学 电子与信息工程学院, 陕西 西安 710049)

A Distributed Dynamic Micro-Mobility Management Scheme for Mobile IPv6

WANG Sheng-Ling⁺, LIU Guo-Rong, SHEN Jun-Yi, HOU Yi-Bin, HUANG Jian-Hui

(School of Electronics and Information Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

+ Corresponding author: Phn: +86-10-81975434, E-mail: slwang@eyou.com, http://www.xjtu.edu.cn

Received 2003-11-10; Accepted 2004-07-27

Wang SL, Liu GR, Shen JY, Hou YB, Huang JH. A distributed dynamic micro-mobility management scheme for mobile IPv6. *Journal of Software*, 2005,16(7):1314-1322. DOI: 10.1360/jos161314

Abstract: A distributed dynamic micro-mobility management scheme is proposed to make up the deficiency of not supporting well for highly Mobile Host (MH) in Mobile IP. The scheme places a few of Regional Mobility Agents (RMA) to distributedly manage hosts' mobility in region. An algorithm is presented for MH to decide its RMA and regional size in terms of its mobility characteristics and some informed network parameters, which results in minimum signaling cost and packet delivery cost, but does not impose any restrictions on network's topology and RMAs' locations. Analysis shows when MH's average packet arrival rate increases, the regional size decreases while the total cost increases; when MH's average residence time in Access Router increases, both the regional size and total cost decrease. Finally, a performance comparison demonstrates that the total costs produced in Hierarchical Mobile IPv6 with several distinct regional sizes are all higher than the possible highest total cost produced in the scheme.

Key words: cost function; average packet arrival rate; average residence time; regional mobility Agent

摘要: 为了弥补移动 IP 不能支持主机高速移动的缺陷,提出了一种分布式动态型微移动管理方案.该方案在网络中放置多个区域移动代理来实现分布式的域内主机移动管理,并提出一种由主机根据自身的移动特点及获悉的网络参数动态地选择区域移动代理和区域大小的算法,该算法使得主机在域内产生的信令代价和分组传递代价达到最小,且没有对网络拓扑结构和区域移动代理的位置做任何强制性要求.分析表明,当主机的平均分组到达率增加时,区域大小减小而总代价增加;当主机在接入路由器的平均驻留时间增加时,区域大小和总代价均减小.最后,在与分层移动 IPv6 方案的性能比较中发现,分层移动 IPv6 方案在几种不同区域大小情况下产生的总代价都比该方案可能产生的最大总代价要高.

关键词: 代价函数;平均分组到达率;平均驻留时间;区域移动代理

中图法分类号: TP393 文献标识码: A

* 作者简介: 王胜灵(1978 -),女,贵州贵阳人,博士,主要研究领域为移动 IPv6,移动性管理,服务质量;刘国荣(1957 -),男,副教授,主要研究领域为软件形式化;沈钧毅(1939 -),男,教授,博士生导师,CCF 高级会员,主要研究领域为数据库,数据挖掘;侯义斌(1952 -),男,博士,教授,博士生导师,主要研究领域为多媒体处理;黄建辉(1977 -),男,博士生,主要研究领域为移动 IPv6,服务质量.

移动 IP^[1,2]使得移动主机(mobile host,简称 MH)的网络接入点变化不会影响对端主机使用固定的 IP 地址与通信.这是通过为 MH 分配两个 IP 地址来实现的,其中,家乡地址用于标识 MH 的身份,而转交地址(care of address,简称 CoA)用于标识 MH 的位置,两个地址的映射关系记录在家乡网络的家乡代理(home Agent,简称 HA)中.当某一通信主机(correspondent host,简称 CH)发送分组给已经移动到外地网络的 MH 时,HA 代替 MH 将分组截获,通过查找地址映射关系,可以将分组正确地转交至 MH.但移动 IP 并不是支持主机高速移动的好方案^[3],因为它要求 MH 一发生切换就必须向 HA 注册.这样,信令冗余会随着网络中的主机数量以及主机的当前网络与家乡网络之间距离的增加而增加.为解决这一问题,人们提出了一系列微移动管理方案,这些方案的基本思想是把网络划分成不同的域,将主机的移动分成宏观(域间)移动与微观(域内)移动.其中,域间移动采用移动 IP 来管理,而域内移动采用微移动管理方案来管理,当 MH 在区域移动时不必向 HA 注册,因此减少了 MH 和 HA 之间的信令交互.文献[4]根据微移动管理采用“集中式”还是“分布式”、区域大小是“固定”的还是“动态”的,将微移动管理方案分为集中式固定型、分布式动态型、分布式固定型和集中式动态型.由于后两种方案很少,这里,我们着重分析前两种.

集中式固定型方案^[5-7]的主要特点是使用一个区域移动管理实体“集中”地管理“固定”数目的接入路由器(access router,简称 AR)所接纳的所有主机的移动性问题.这类方案具有实现简便的优点,但其缺点也是不容忽视的,即区域移动管理实体的单点故障会造成整个区域移动管理的灾难性故障.另外,系统的性能对区域移动管理实体管辖的 AR 的数目(即区域的大小)异常敏感,如果过少,会造成 MH 向 HA 频繁注册从而增加切换时延及网络的信令冗余;反之,则会造成区域移动管理实体的处理负荷过重,导致分组传递代价的急剧增加.

分布式动态型方案^[4,8,9]是为了克服集中式固定型方案的上述缺点而提出来的,这类方案的共同特点是采用多个区域移动管理实体实现分布式区域移动管理,且每个区域移动管理实体所管辖的 AR 的数目(即区域的大小)动态地发生变化.虽然分布式动态型方案很灵活,但现有的实现方案仍存在以下问题: 没有提出具体的算法来为用户选择区域移动管理实体或控制区域的大小,如文献[8,9]中的方案; 即使提出了这样的算法,但在设计算法时仅考虑主机的因素而没有考虑网络的因素,从而不能完全解决减少信令冗余、支持主机高速移动的问题,如文献[4]中的方案; 文献[4,9]中的方案都将区域移动管理实体的位置限制在 AR 上,使得方案缺乏灵活性.

本文的分布式动态型微移动管理方案旨在解决现有方案存在的问题,它提出了让 MH 综合考虑了主机和网络两方面的因素来选择区域移动管理实体及区域大小的算法,使 MH 在域内产生的信令代价和分组传递代价达到最小,且该算法没有对网络拓扑结构和区域移动管理实体的位置做任何强制性要求,增强了系统的可扩展性.必须说明的是,本方案虽是在移动 IPv6 环境下提出来的,对移动 IPv4 也同样适用.

1 本文的方案

本方案的主要思想是将整个互联网看成是由若干个自治系统组成的网络,并在每个自治系统中放置多个区域移动代理(regional mobility Agent,简称 RMA)来管理域内主机的移动,如图 1 所示.其中,RMA 的功能与分层移动 IPv6^[5](hierarchical mobile IPv6,简称 HMIPv6)中的移动锚点(mobility anchor point,简称 MAP)类似.定义“区域大小”为一个 RMA 所管辖的 AR 的数目.每个主机在首次进入 AS 后,根据获得的网络参数及自身的移动特性按照下文的算法来选择自己的 RMA 及对应的区域大小,然后向 RMA 进行区域注册,使 RMA 记录下 MH 在区域内的位置和身份标识的映射关系.在区域注册完成以后,MH 向 HA 进行家乡注册,使 HA 将 MH 的区域身份标识记录为 CoA.这样,无论 MH 在域内如何移动,由于 MH 的域内身份标识不变,使得 HA 保存的 CoA 也不变,实现了 MH 的域内移动对 HA 的透明,避免了向 HA 注册所产生的信令冗余,一旦 RMA 收到发往 MH 的分组时,通过查找记录过的地址映射关系可以将数据分组正确地转发至 MH 的当前位置.

perform a regional registration to this RMA;

perform a home registration to HA;

}

}

1.2 总代价的计算

从上述方案描述可知, K_{opt} 的计算是算法的关键, 由于 K_{opt} 是使 C_T 最小化的 AR 与 RMA 之间的最大距离, 因此, 计算 K_{opt} 之前必须先分析 C_T . 根据式(1), C_T 是最大平均注册信令代价与最大平均分组传递代价之和.

1.2.1 最大平均注册信令代价

为计算最大平均注册信令代价, 定义见表 1 中的参数. 当 MH 仅在域内切换时, 注册代价仅为区域注册代价; 当 MH 发生域间切换时, 注册代价不仅要包含区域注册代价, 还要包括家乡注册代价, 如图 2 所示. 假设上行和下行链路的信令传输代价相同, 那么域间注册代价和域内注册代价分别为

$$C_{LH} = b_H + b_R + 4C_{AM} + 2C_{RA} + 2C_{HA} \quad (2)$$

$$C_{LR} = b_R + 2C_{AM} + 2C_{RA} \quad (3)$$

Table 1 Definition of some parameters

表 1 参数的定义

Parameter	Descriptions	Parameter	Descriptions
C_U	The average registration signaling cost	C_{LH}	The registration signaling cost for MH's interdomain handoff
C_{LR}	The registration signaling cost for MH's intradomain handoff	C_{HA}	The transmission cost of registration signaling between HA and AR
C_{RA}	The transmission cost of registration signaling between RMA and AR	C_{AM}	The transmission cost of registration signaling over the wireless link between AR and MH
b_R	The registration signaling processing cost at RMA	b_H	The registration signaling processing cost at HA
l_{HA}	The distance between HA and AR	l_{RA}	The distance between RMA and AR

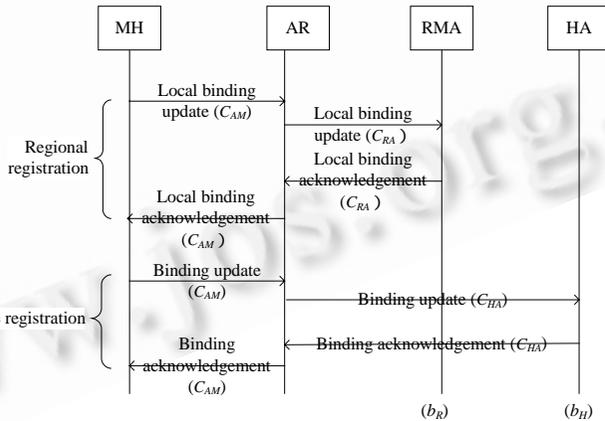


Fig.2 The process of registration

图 2 注册过程

以跳数作为距离的计算单位, 设注册信令的有线传输代价与距离成正比, 且其单位距离传输代价为 μ , 则可以得到: $C_{RA} = \mu l_{RA}$ 和 $C_{HA} = \mu l_{HA}$. 由于无线传输代价一般比有线传输代价要高, 因此假设注册信令的无线传输代价是单位距离有线传输代价的 θ 倍, 即: $C_{AM} = \mu\theta$, 于是有:

$$C_{LH} = b_H + b_R + 2\mu(2\theta + l_{RA} + l_{HA}) \quad (4)$$

$$C_{LR} = b_R + 2\mu(\theta + l_{RA}) \quad (5)$$

假设 RMA 到 AS 内的 AR 之间的距离服从参数为 λ 的 Poisson 分布, 定义 MH 从一个 AR 切换到另一个 AR

为一次“移动”,采用类似文献[4]中的方法来求 MH 离开区域所需的平均次数.假设 MH 经过 m 次移动移出了区域,根据上面的方案描述,这意味着在第 m 次移动后 MH 接入的 AR 与 RMA 的距离大于它们之间允许的最大距离 K ,于是 MH 经过 m 次移动移出区域的概率为

$$P^m = \left(\sum_{N=0}^K \frac{\lambda^N e^{-\lambda}}{N!} \right)^{m-1} \left(1 - \sum_{N=0}^K \frac{\lambda^N e^{-\lambda}}{N!} \right), \quad 1 \leq m \leq \infty \tag{6}$$

因此 MH 移出区域所需的平均次数为

$$E(m) = \sum_{m=1}^{\infty} mP^m = 1 / \left(1 - \sum_{N=0}^K \frac{\lambda^N e^{-\lambda}}{N!} \right) \tag{7}$$

设 MH 进入区域前在 AR 的平均驻留时间为 T ,于是平均注册信令代价 C_U 为

$$C_U = ((E(m)-1)C_{LR} + C_{LH}) / ((E(m)-1)T) \tag{8}$$

由于 K 为 AR 与 RMA 之间允许的最大距离,则有: $C_{LR} \leq C'_{LR} = b_R + 2\mu(\theta + K)$ 和 $C_{LH} \leq C'_{LH} = b_H + b_R + 2\mu(2\theta + K + l_{HA})$,这里的 C'_{LR} 和 C'_{LH} 分别为最大域内和域间注册信令代价.于是有:

$$C_U \leq C'_U = ((E(m)-1)C'_{LR} + C'_{LH}) / ((E(m)-1)T) \tag{9}$$

1.2.2 最大平均分组传递代价

为了计算最大平均分组传递代价,定义见表 2 中的参数.在不考虑 MH 已经将 CoA 告知 CH 的情况下,平均分组传递代价为

$$C_P = a(P_H + P_R + T_{CH} + T_{HR} + T_{RA} + T_{AM}) \tag{10}$$

Table 2 Definition of some parameters

表 2 参数的定义

Parameter	Descriptions	Parameter	Descriptions
C_P	The average packet delivery cost	a	The average packet arrival rate
P_H	Packet processing cost at HA	P_R	Packet processing cost at RMA
T_{AM}	The packet delivery cost over the wireless link between AR and MH	T_{CH}	The packet delivery cost between CH and HA
T_{HR}	The packet delivery cost between HA and RMA	T_{RA}	The packet delivery cost between RMA and AR
l_{CH}	The distance between CH and HA	l_{HR}	The distance between HA and RMA

假设分组的有线传输代价与距离成正比,且其单位距离传输代价为 η ,则: $T_{CH} = \eta l_{CH}$, $T_{HR} = \eta l_{HR}$, $T_{RA} = \eta l_{RA}$.又设分组的无线传输代价是单位距离有线传输代价的 ξ 倍,那么 $T_{AM} = \xi \eta$,于是有:

$$C_P = a(P_H + P_R + \eta(l_{CH} + l_{HR} + l_{RA} + \xi)) \tag{11}$$

设 K 为 RMA 和 AR 之间允许的最大距离,那么:

$$C_P \leq C'_P = a(P_H + P_R + \eta(l_{CH} + l_{HR} + K + \xi)) \tag{12}$$

1.3 K_{opt} 的求解

根据式(1)、式(9)和式(12)可知,总代价是参数 RMA 和 AR 之间允许的最大距离 K 、平均分组到达率 a 以及 MH 在 AR 的平均驻留时间 T 的函数.即:

$$C_T(K, a, T) = C'_U(K, T) + C'_P(K, a) \tag{13}$$

由式(13)可知,总代价实际上是 MH 在域内产生的单位时间的最大代价,实际代价总是小于等于该代价的.根据 K_{opt} 的定义, K_{opt} 应使总代价达到最小,由于 K_{opt} 必须是一个整数,因此采用文献[10]中介绍的极小化函数来求 K_{opt} 的值.令 $\Delta(K, a, T)$ 为如下函数:

$$\Delta(K, a, T) = \begin{cases} 1, & \text{如果 } C_T(K, a, T) > C_T(K-1, a, T) \\ 0, & \text{如果 } C_T(K, a, T) \leq C_T(K-1, a, T) \end{cases} \tag{14}$$

再令函数:

$$A(x) = \begin{cases} 0, & \text{如果 } x \neq 0 \\ 1, & \text{如果 } x = 0 \end{cases} \tag{15}$$

由式(14)和式(15)可得:

$$A(\Delta(K, a, T)) = \begin{cases} 0, & \text{如果 } C_T(K, a, T) > C_T(K-1, a, T) \\ 1, & \text{如果 } C_T(K, a, T) \leq C_T(K-1, a, T) \end{cases} \quad (16)$$

于是根据极小化函数的定义^[10],可得:

$$K_{opt}(K, a, T) = \sum_{K=1}^{\infty} A(\Delta(K, a, T)) \quad (17)$$

在式(17)中,实际上,当 K 使得 $C_T(K, a, T) - C_T(K-1, a, T) > 0$ 时就可以停止计算.另外,从式(17)中可以看出,欲求 K_{opt} 必须先得到 a 和 T 的值.可以用类似文献[11]或文献[12]中的方法得到平均分组到达率 a ;用文献[4]中的方法得到 MH 在 AR 的平均驻留时间 T .当求出 K_{opt} 并得到 a 和 T 后,将它们带入式(17)就可以计算出具体的总代价值..

1.4 兼容性问题

如果主机不能实施本方案但可以实施 HMIPv6,那么它按照 HMIPv6 中的原则根据 RA 提供的信息,从多个 RMA 中选择其中之一作为 MAP,由该 MAP 为主机来管理在域内的移动.如果 MH 既不支持本方案,也不支持 HMIPv6,那么它使用 MIPv6^[2]作为移动管理协议.

1.5 RMA 及对应区域大小的选取举例

以图 1 为例,假设 MH 首先接入 AR1 并从 RA 中获悉表 3 中的信息,MH 发现轻负荷 RMA 节点与 AR 的平均距离有 4 和 5 两种情况,于是将 $\lambda=4$ 和 $\lambda=5$ 代入式(17)计算 K_{opt} 的值.假设在计算中所需参数的值如表 4 所示.

Table 3 Information obtained from AR1's RA

表 3 从 AR1 的 RA 中获取的信息

The mark of RMA	The load of RMA	The average distance between RMA and all AR
R1	Heavy	4
R2	Light	5
R3	Light	4
R4	Light	5
R5	Light	5
R6	Light	4
R7	Heavy	6
R8	Light	5
AR3	Heavy	3

Table 4 The value of parameters

表 4 参数的值

b_H	b_R	μ	θ	l_{HR}	η	ξ	P_H	P_R	l_{HA}	l_{CH}
6	3	0.1	10	10	0.05	5	4	2	15	5

设 MH 进入区域之前在 AR 的平均驻留时间 $T=20$,平均分组到达率 $a=3$,于是当 $\lambda=4$ 时,求得 $K_{opt}=6$;当 $\lambda=5$ 时,求得 $K_{opt}=7$.将 $\lambda=4, K=K_{opt}=6$ 以及 $\lambda=5, K=K_{opt}=7$ 以及所列出的相关参数分别代入式(9)、式(12)和式(13),得出总代价值分别为 60.303 9 和 60.523 2.由于当 $\lambda=4, K=K_{opt}=6$ 时总代价值最小,因此可以选择到达 AR 的平均距离为 4 的轻负荷 RMA 作为 MH 的 RMA,于是,MH 可以选择 R3 或 R6 中的任意一个作为它的 RMA,并认定对应的 K_{opt} 值为 6.

2 性能分析

2.1 平均分组到达率对总代价函数的影响

图 3 给出了当 $T=5, \lambda=4$ 、平均分组到达率 a 分别为 0.5,1.5 和 3 时,以 AR 和 RMA 之间的距离 K 为变量所得到的总代价值.可以看出,总代价随着 a 的增大而增大,当 $a=3$ 时,总代价达到最大.这是由于平均分组到达率的增加,会直接导致 HA 和 RMA 的处理代价以及网络传输代价的增加,从而导致总代价的增加.

2.2 平均驻留时间对总代价函数的影响

图 4 给出了当 $a=0.3, \lambda=4$, MH 在 AR 的平均驻留时间 T 分别为 10, 30 和 100 时, 以 AR 和 RMA 之间的距离 K 为变量所得到的总代价值. 可以看出, 总代价随着 T 的减小而增大, 当 $T=10$ 时, 总代价达到最大. 这是因为 T 越小, 说明 MH 的移动速度越快. 这样, MH 进行注册的频率就会增加, 导致注册信令代价的增加, 于是总代价随之增加.

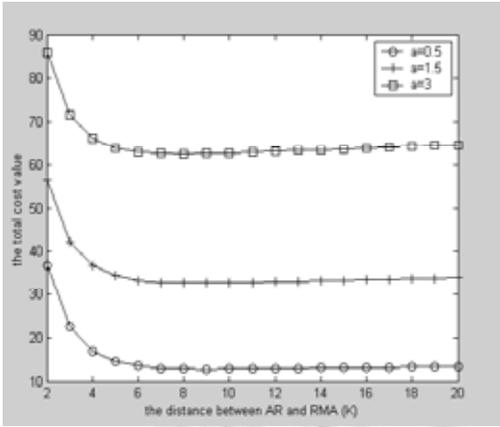


Fig.3 The impact of average packet arrival rate on total cost function

图 3 平均分组到达率对总代价函数的影响

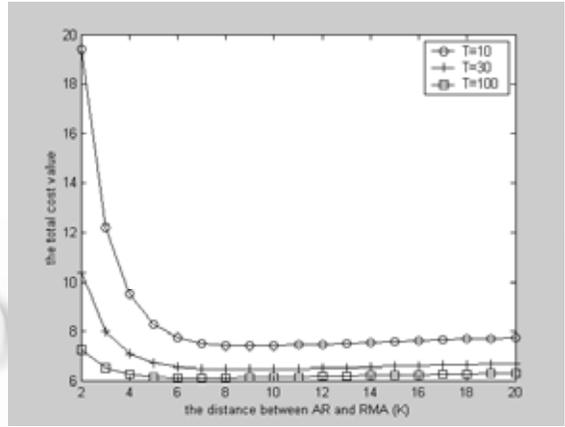


Fig.4 The impact of average residence time in AR on total cost function

图 4 MH 在 AR 中的平均驻留时间对总代价函数的影响

2.3 平均分组到达率对 K_{opt} 的影响

图 5 给出了当 $\lambda=4, a=0.5, 1.5$ 和 3 时, 以 T 为变量得到的 K_{opt} 值. 从图中可以看出, K_{opt} 随着平均分组到达率 a 的增加而逐渐减小, 当 $a=3$ 时, K_{opt} 的值达到最小. 这是因为在平均分组到达率较高的情况下, K_{opt} 的减小有利于分组传递代价的减小, 从而使得总代价减小.

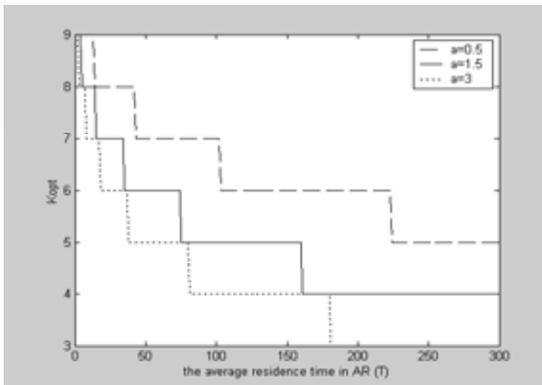


Fig.5 The impact of average packet arrival rate on K_{opt}

图 5 平均分组到达率对 K_{opt} 的影响

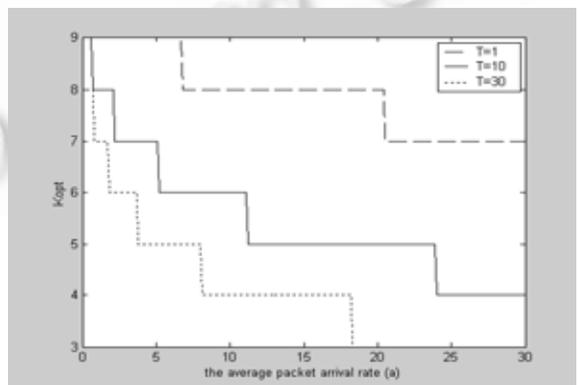


Fig.6 The impact of average residence time in AR on K_{opt}

图 6 MH 在 AR 中的平均驻留时间对 K_{opt} 的影响

2.4 MH 在 AR 的平均驻留时间对 K_{opt} 的影响

图 6 给出了当 $\lambda=4$, MH 在 AR 的平均驻留时间 $T=1, 10$ 和 30 时, 以 a 为变量得到的 K_{opt} 值. 可以看出, K_{opt} 随

T 的减小而逐渐增加,当 $T=1$ 时, K_{opt} 的值达到最大.这是因为 T 值越小,说明主机移动的速度越快, K_{opt} 的增加使得以其为限制条件的区域大小也随之增加,而区域大小的增加有利于减小 MH 进行家乡注册的频率,从而减小用于家乡注册的信令代价,进而使总代价减小.

2.5 本方案与HMIPv6的性能比较

本节以总代价作为衡量性能高低的标准来比较本方案和 HMIPv6 的性能.为求 HMIPv6 产生的总代价,采用类似文献[4]中的方法求解 MH 移出区域所需的平均次数,假设 MH 随机地在 N 个 AR 之间移动,并且区域中的 MAP 管理 K 个 AR.再设 MH 经过 m 次移动移出了区域,则 MH 移出区域的概率为

$$P^m = (K/N)^{m-1}((N-K)/N), \quad 1 \leq m \leq \infty \tag{18}$$

于是 MH 移出区域所需的平均次数为

$$E(m) = \sum_{m=1}^{\infty} mP^m = N/(N-K) \tag{19}$$

因此平均注册信令代价 C_{U-H} 为

$$C_{U-H} = (C_{UM}(E(m)-1) + C_{UH})/((E(m)-1)T) \tag{20}$$

上式中, C_{UM} 和 C_{UH} 分别是 MH 发生域内和域间切换时产生的注册信令代价,假设注册信令的有线传输代价和距离成正比, μ , θ 和 l_{HA} 的含义与第 1.2.1 节所述相同; b_M 和 b_H 分别是 MAP 和 HA 处理注册信令的代价, l_{MA} 是 MAP 和 AR 的距离.于是有:

$$C_{UM} = b_M + 2\mu(\theta + l_{MA}) \tag{21}$$

$$C_{UH} = b_H + b_M + 2\mu(2\theta + l_{HA} + l_{MA}) \tag{22}$$

令 P_H 和 P_M 分别是 HA 和 MAP 处理分组的代价,而 a , η , l_{CH} 和 ξ 的含义与第 1.2.2 节所述相同, l_{HM} 是 HA 和 MAP 之间的距离,则平均的分组传递代价为

$$C_{PD-H} = a(P_H + P_M + \eta(l_{HM} + l_{MA} + l_{CH} + \xi)) \tag{23}$$

定义 HMIPv6 的总代价为

$$C_{T-H} = C_{U-H} + C_{PD-H} \tag{24}$$

为了进行性能比较,假设 $b_M=10, l_{MA}=10, l_{HM}=15, P_M=8, N=30$,其余参数值与表 4 相同.图 7(a)和图 7(b)分别给出了以 T 和 a 为变量时,本方案(即 $K=K_{opt}$)和 HMIPv6 中 K 分别为 5 和 10 时的总代价值,其中图 7(a)中的 a 固定为 0.1,图 7(b)中的 T 固定为 3.0.从图 7 可以看出,无论 HMIPv6 方案中的 K 为何值, HMIPv6 产生的总代价值比本方案的总代价值(实际是可能产生的最高代价)都大,本方案实现了优化.

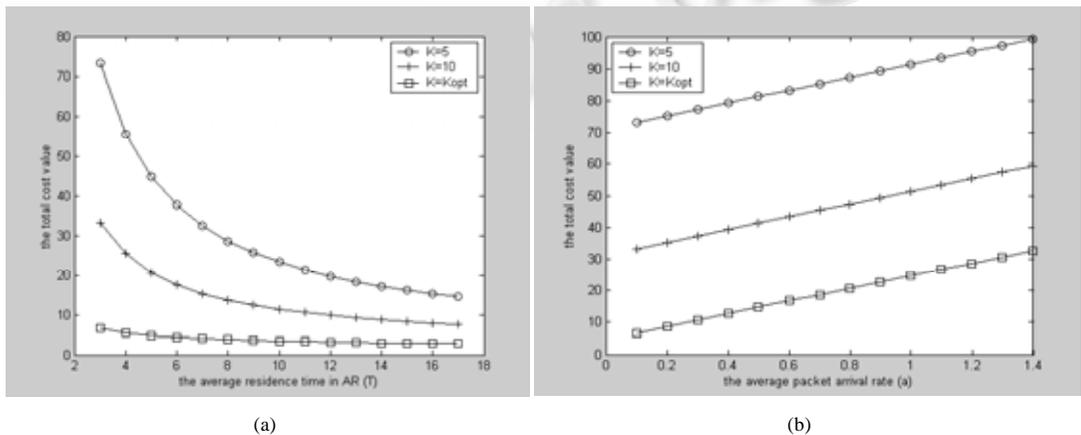


Fig.7 Performance comparison
图 7 性能对比

3 结束语

本文提出了一种分布式动态型微移动管理方案,提出了主机根据自身的移动特点及掌握的网络参数来动态决定 RMA 和区域大小的算法,不仅实现了分布式的区域移动管理,而且使得移动主机在域内产生的信令代价和分组传递代价达到最小.此外,本方案没有对网络拓扑结构和 RMA 的位置做任何强制性要求,可扩展性强.

致谢 在此向对本文的工作给予支持和建议的老师和同学表示衷心地感谢.

References:

- [1] PerKins C. IP mobility support for IPv4. RFC3220, 2002.
- [2] Johnson D, Perkins C, Arkko J. Mobility support in IPv6. 2003. draft-ietf-mobileip-ipv6-24.txt
- [3] Caceres R, Padmanabhan VN. Fast and scalable handoffs for wireless Internetworks. In: Proc. of the 2nd Annual Int'l Conf. on Mobile Computing and Networking. New York: ACM Press, 1996. 56–66.
- [4] Jiang X, Akyildiz LF. A novel distributed dynamic location management scheme for minimizing signaling costs in mobile IP. IEEE Trans. on Mobile Computing, 2002,1(3):163–175.
- [5] Hesham S, Claude C, Karim E, Ludovic BL. Hierarchical mobile IPv6 mobility management. 2003. draft-ietf-mipshop-hmipv6-00.txt
- [6] Gustafsson E, Annika J, Perkins E. Mobile IP regional registration. 2000. Internet draft -ietf-mobileip-reg-tunnel-03.txt
- [7] 3GPP TS 23.002. Network architecture, Release 99. v3.4.0, 2000. <http://www.3gpp.org>
- [8] Das S, Misra A, Agrawal P. TeleMIP: Telecommunications-Enhanced mobile IP architecture for fast intradomain mobility. IEEE Wireless Communications, 2000,7(4):50–58.
- [9] Kyungjoo S. Regional mobile IPv6 mobility management. 2003. draft-suh-mobileip-rmm-00.txt
- [10] Zhang LA, *et al.*, Trans. Computability, Complexity, and Languages. Beijing: Tsinghua University Press, 1989 (in Chinese).
- [11] Xie H, Tabbane S, Goodman DJ. Dynamic location area management and performance analysis. In: Proc. of the IEEE 43rd Vehicular Technology Conf. Meadowlands Hilton: IEEE Computer Society Press, 1993. 536–539.
- [12] Watanabe Y, Yabusaki M. Mobility/Traffic adaptive location management. In: Proc. of the IEEE 56th Vehicular Technology Conf. Vancouver: IEEE Computer Society Press, 2002. 1011–1015.

附中文参考文献:

- [10] 张立昂,等,译.可计算性,复杂性,语言.北京:清华大学出版社,1989.