

# 移动环境下基于策略的信道资源管理研究

刘雪洁 刘衍珩 李 奇

(吉林大学计算机科学与技术学院 长春 130012)

**摘要** 为了在移动环境下提高各类业务的服务质量及资源利用率,提出了一种基于策略信道资源管理方法。该方法提出了改进的基于策略的管理框架,并根据网络状态的变化,采用策略来实现信道资源的分配和调整,不仅保证了实时业务能够获得较高的优先占用信道的权力,而且非实时业务也获得了一定的保证。通过策略来实现网络资源的管理,消除了以设备为中心的传统方法常常引发的网络配置差错,大大提高了管理效率和灵活性。

**关键词** 基于策略网络管理,策略,资源管理,服务质量

**中图分类号** TP393.07 **文献标识码** A

## Research on Policy-based Channel Resource Management in Mobility Environment

LIU Xue-jie LIU Yan-heng LI Qi

(College of Computer Science and Technology, Jilin University, Changchun 130012, China)

**Abstract** To improve the QoS of various service and make full use of the resource, a policy-based channel resource management method was proposed. It presented a improved PBNM framework, and used policy to allocate and adjust channel resource. This method not only promises the real-time traffic get higher priority to possess the channel, but also makes the nonreal-time traffic considerably guaranteed. Policy-based resource management eliminates the drawback of frequently happened allocation fault caused by traditional methods, thus it greatly improves the management efficiency and flexibility.

**Keywords** PBNM, Policy, Resource management, QoS

### 1 引言

随着无线技术的发展,移动网络的应用越来越广泛,对移动网络的要求也越来越高,要求能同时支持语音、视频以及数据等实时、非实时业务。由于在移动网络中受到用户移动性、无线带宽资源不足等因素的限制,使得在移动环境下保证移动用户的 QoS 变得更加复杂。

为了能够很好地适应无线网络的发展,提高各类业务的服务质量,人们在信道资源管理方面提出了很多方法。文献[1-3]中采用了信道预留方案,基本思想是为越区切换业务预留信道,使发生越区切换的呼叫拥有较高的优先级。其中文献[1,2]提出的方案是每个小区为切换呼叫预留固定数量的信道资源,而且没有采用呼叫接纳控制,只考虑了单一的服务类型,不能根据网络状况进行改变。文献[3]提出了一种自适应的信道预留方案,通过统计相邻小区的呼叫数量、呼叫占用的资源数量和移动方向等信息,在相邻的小区进行信道的预留。这种方法在一定程度上能够提高用户越区切换的成功率,但是由于在相邻的小区进行了信道预留,一定会造成网络资源的浪费,导致网络资源利用率下降,其他正常要进入信道的呼叫也可能因为资源的预留导致网络资源不足而不能正常进入信道。文献[4]提出了信道划分,把信道划分为两个相等

的子信道,一条子信道用于传输已经开始的业务,另一条子信道为切换呼叫服务。这种方法固定了子信道的容量,而且只考虑单一的服务类型,对信道资源造成浪费。文献[5]给出一种自适应呼叫接纳控制算法,但是只针对语音通信,且假设所有呼叫要求相同的带宽资源,而且没有区分实时和非实时业务,只考虑了切换呼叫优先权,而没有考虑各种业务之间的优先级,不符合现代无线网络中的多媒体通信的要求。文献[6]提出了基于状态拒绝模式的切换资源分配策略的性能分析方法。这些研究工作为移动环境下的资源管理提供了一些新的解决方案。

传统的网络管理没有统一的标准和模式,主要依靠管理者的经验或根据某些简单的管理协议来实现,并且其管理方法是以设备为中心的。随着通信技术的飞速发展和广泛应用,使网络规模更加庞大,系统的复杂性和异构性更加突出,传统的网络管理面临着更多的问题。

将策略控制引入网络管理是计算机网络发展的需要。基于策略的网络管理(PBNM, Policy-based Network Management)通过策略机制将网络中的管理和执行分开,网络管理员不必为每一次网络变化重新制定方案,而是根据所有的情况,使用策略语言进行统一规则的制定,网络设备只需执行这些策略就可完成网络资源的配置等操作。这种方法大大提高

到稿日期:2008-05-13 本文受国家自然科学基金项目:移动 IP 切换过程中基于策略的动态资源分配及管理机制研究(项目编号:60573128)资助。  
刘雪洁(1976-),女,博士生,讲师,主要研究方向为基于策略网络管理、无线网络服务质量, E-mail: xuejie@jlu.edu.cn; 刘衍珩(1958-),男,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为计算机通信与网络; 李 奇(1983-),女,硕士生,主要研究方向为无线网络服务质量管理。

了管理效率和可伸缩性,使网管系统能较好地适应网络的动态变化。当网络状况发生变化时,管理员不需要进行复杂的配置,只需对相应的策略进行增、删、改,即可保证网络继续正常运行。

为了在移动环境下更好保证移动用户各类型业务的QoS,本文将策略系统与移动环境下的信道资源管理相结合,讨论并提出一种针对移动服务的基于策略的信道资源管理方法。该方法对基于策略的网络管理框架、资源的分类与共享策略、各类业务的接纳控制方法以及资源的动态分配、回收和调整机制等方面进行描述。通过实验,验证了该方法能最大程度确保已接纳呼叫的服务质量,各类业务都可得到公平的服务,使无线资源获得较高的利用率。

## 2 PBNM 的策略框架

IETF 与 DMTF 合作定义了策略核心信息模型 PCIM (Policy Core Information Model)<sup>[7]</sup>,并提出了基于策略的网管系统实现框架<sup>[8]</sup>。在 CIM (Common Information Model) 的基础上,IETF 定义了基于条件-动作规则的策略形式。策略规则由策略的触发条件和触发后执行的动作组成。策略规则的一般形式为“IF Condition THEN Action”。

本文在 IETF 提出的 PBNM 体系结构基础上增加两个缓存,以提高网络管理的实时性。PBNM 框架如图 1 所示。

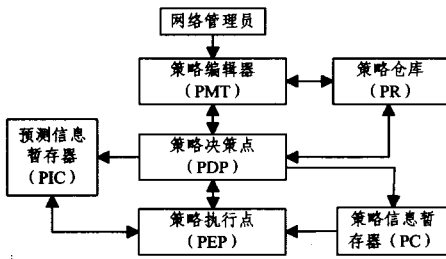


图 1 改进的 PBNM 框架

基于策略的网管系统划分为策略仓库 (PR, Policy Repository)、策略编辑器 (PMT, Policy Management Tools)、策略决策点 (PDP, Policy Decision Point)、策略执行点 (PEP, Policy Enforcement Point)、预测信息缓存 (PIC, Prediction Information Cache) 和策略信息缓存 (PC, Policy Cache) 6 部分。

网络管理员通过 PMT 编辑策略和监控策略。PR 用于存储策略信息,能对系统中的策略进行汇总。PDP 是整个系统的决策中心,负责存取策略仓库中的策略,并根据信息做出决策,然后将相应的策略分配至 PEP;PEP 是接受策略管理的网络实体,负责执行由 PDP 分配来的策略,同时向 PDP 发送信息,使 PDP 知道网络状态的变化以及策略的执行情况。PIC 用于存放未到信息有效期的预测信息,因为在预测信息到达时和用户实际到达时的网络状态可能差距很大,为了避免 PDP 提前做出错误的判断,所以对很早到达的预测信息先进行缓存,只要在预测用户到达前一个时间段  $T_i$  对预测信息进行处理即可, $T_i$  即为信息有效期。因为该策略系统对策略的选择是依据预测信息,所以在 PDP 选择相应策略向 PEP 下发时,用户可能还没有到达。为了避免提前占用资源,把 PDP 提前下发策略暂时存放在策略信息缓存中。

当策略控制系统启动时,PEP 向 PDP 发起一个 TCP 连接,PDP 在 TCP 端口号 (COPS=3288) 进行侦听。PEP 使用

这个 TCP 连接向 PDP 发出策略请求并接受策略决定。PEP 与 PDP 间的通信以请求/决定交换的方式为主。PDP 会根据 PEP 发送的信息决定是否立即处理该信息。若立即处理该信息,则向 PEP 发送策略,否则,信息暂存在 PIC 中。PDP 也会发送一些未经请求的决定给 PEP,强迫先前的决定做出改变。PEP 可以向 PDP 报告它已成功执行了的决定,当 PEP 的请求声明发生变化时要通知 PDP。当某一用户的预测信息发生变化时,PEP 要负责更新 PIC 中的预测信息。

## 3 信道资源管理方法

在移动环境中,根据业务对时间延迟的敏感性,可以将业务分为实时业务和非实时业务类型;又可根据移动的相关性,把业务分为新发起的呼叫业务、发生切换的呼叫业务和正在进行的业务。

为了能够使实时业务与非实时业务在移动通信系统中的 QoS 同时得到保证,本文提出了一种动态划分信道和优先级相结合的基于策略的信道资源管理方法,使得在非实时业务的 QoS 受到较小影响的情况下,通过动态地调整信道资源分配,降低实时业务的阻塞率和掉线率,为移动用户提供更好的 QoS。

### 3.1 逻辑信道划分

对目标小区信道进行逻辑划分,划分为两个部分:实时信道和非实时信道,如图 2 所示。在分配信道时,实时业务占用实时信道,但为了尽量满足通信连续性,实时切换业务在实时信道资源不足时可以强行占用非实时信道;对非实时业务则采用尽力服务,在非实时信道没有空闲而实时信道有空闲资源时,可以被采用尽力服务的非实时业务占用,以避免资源闲置。但当有实时业务请求这部分信道资源时,则非实时业务要立即释放所占用的信道部分。这种划分方法既体现出实时业务的优先性,又在一定程度上保证了非实时业务的 QoS,使非实时业务不至于等待时间过长。

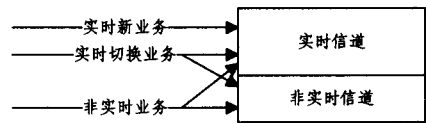


图 2 目标信道逻辑划分

### 3.2 基于策略的信道资源管理

假定在  $T$  时刻,多个实时业务  $O_1, \dots, O_n$  需要同时传输,其中包括实时新呼叫、实时切换呼叫和已经进行的实时业务。 $\Omega_{\text{real}}$  和  $\Omega$  分别表示  $T$  时刻实时信道和总信道中所有的实时业务的集合,定义  $\Omega_{\text{new}}$ 、 $\Omega_{\text{handoff}}$  和  $\Omega_{\text{ongoing}}$  分别为信道中实时新呼叫业务集合、实时切换呼叫业务集合和已经进行的实时业务集合。 $r_i$  表示  $T$  时刻实时业务  $O_i$  的信道需求量, $\gamma$  表示  $T$  时刻所有并发实时业务总共的信道需求量,则在  $T$  时刻有

$$\gamma = \sum_{i=1}^n r_i$$

假定某小区的信道总容量为  $C$ ,其中实时信道容量为  $C_{\text{real}}$ ,非实时信道容量为  $C_{\text{nonreal}}$ ,即  $C = C_{\text{real}} + C_{\text{nonreal}}$ 。在  $T$  时刻, $C_0$  表示信道总空闲容量,其中实时信道的空闲容量为  $C_{\text{r-real}}$ ,非实时信道的空闲容量为  $C_{\text{r-nonreal}}$ ,即  $C_0 = C_{\text{r-real}} + C_{\text{r-nonreal}}$ 。

如果在  $T$  时刻某小区的信道容量  $C$  小于总共的信道需

求量  $\gamma$ , 则至少有  $\gamma-C$  的信息需要被丢弃, 所以必然要采取相应的策略对并发的实时业务进行降级。另外, 当有实时呼叫到达时, 如果相应的信道没有足够的空闲信道资源, 那么也要对正在进行的业务进行适当的降级, 以尽量保证接入该实时切换业务。假设用  $\theta_i$  表示业务  $O_i$  的降级度, 则在发生降级时为实时业务  $O_i$  提供  $r_i \times (1-\theta_i)$  的信道资源。

公平的降级策略应该是在需要降级时, 所有的实时业务都应该平均地降级, 这意味着所有的实时业务都应该在可靠性需求的范围内有近似的降级程度。由于实时新业务和实时切换业务对信道资源的占用条件不同, 因此在对实时新业务和实时切换业务进行降级时各业务的降级度要分开求解。在这样的策略下, 可以由式(1)确定实时业务  $O_1, \dots, O_n$  的降级度  $\theta_i$ 。

$$\begin{aligned} & \text{Minimize } \sum_{i=1}^n (\theta_i - \theta_j)^2 \\ & \text{Subject To } \sum_{i=1}^n \theta_i \times |O_i| = R_D \quad 0 \leq \theta_i \leq 1 - \omega_i; \quad i=1, \dots, n \end{aligned} \quad (1)$$

当  $O_i \in \Omega_{\text{new}}$  或  $\Omega_{\text{handoff}}$  时,  $|O_i|$  表示业务  $O_i$  的所请求的信道资源大小; 当  $O_i \in \Omega_{\text{ongoing}}$  时,  $|O_i|$  表示业务  $O_i$  所占用的信道资源大小。在式(1)中  $\omega_1, \dots, \omega_n, |O_1| \dots |O_n|$  是已知的,  $R_D$  表示要丢弃的信息量。当请求进入信道的呼叫业务为实时新业务时,  $R_D = \sum_{O_i \in \Omega_{\text{real}}} |O_i| - C_{\text{real}}$ ; 若请求进入信道的呼叫业务为实时切换业务,  $R_D = \sum_{i=1}^n |O_i| - C$ 。

在基于策略的网络管理系统中, 管理员首先设定一些初始的原则, 并在网络的运行过程中自动生成一些新的策略, 把这些策略存储在策略库中<sup>[9]</sup>。

当预测信息到达时, PDP 首先对其中的预测信息可信度进行判断, 随后对其中的预测到达时间进行判断。

通过对式(1)的求解, 在空闲信道资源不足时, 可以确定各类实时业务的降级度, 尽量为各实时业务提供较好的服务。

当预测信息到达时, PEP 向 PDP 发送策略服务请求, PDP 首先根据预测信息中的预测信息可信度、目的地址和到达时间对其进行有效性检测, 具体策略如下:

- IF (preinformation-reliability  $\geq P$  AND arriving-address = local-address)  
THEN InfoTrue = 1
- IF (preinformation-reliability  $< P$  OR arriving-address  $\neq$  local-address)  
THEN drop the pre-information
  - IF (InfoTrue = 1 AND arriving-time  $\leq T$ )  
THEN (PreInfo = 1)
  - IF (InfoTrue = 1 AND arriving-time  $\geq T$ )  
THEN (put pre-information into pre-information cache waiting until arriving-time  $\leq T$ )
  - IF (NOT(InfoTrue) OR NOT(ArrTime))  
THEN (PreInfo = 0  
Drop the pre-information)

上述策略中  $P$  和  $T$  分别表示预测信息可信度和到达时间有效期的门限值, 其中  $T$  与策略管理系统的响应时间有密切关系, 其具体值可以由网络管理员进行设定。经过上述策略对预测信息进行有效性判断后, PDP 再决定是否对预测信息继续进行处理。

当新的呼叫业务到达时, 首先判断该业务为实时呼叫业

务还是非实时呼叫业务类型。对于实时新呼叫业务, 判断其请求的信道资源能否被实时信道满足。如果能够满足请求, 则接纳该呼叫业务并为其分配所请求的信道资源; 如果不能满足请求, 则对该呼叫业务采取降级服务、强迫非实时业务释放实时信道资源等操作后再判断该呼叫能否接入信道。对于非实时新呼叫业务, 如果有空闲的信道资源, 则采用尽力而为服务, 接纳该呼叫业务; 反之, 拒绝该呼叫请求。

策略描述如下:

- IF (TYPE = new-nonrealtime AND  $C_{\alpha\text{-nonreal}} > 0$ )  
THEN (accept the call  
occupy nonrealtime channel)
- IF (TYPE = new-nonrealtime AND  $C_{\alpha\text{-nonreal}} < 0$ )  
THEN (IF ( $C_{\alpha\text{-real}} > 0$ )  
THEN (accept the call  
occupy realtime channel)  
(IF ( $C_{\alpha\text{-real}} < 0$ )  
THEN (block the call)))
- IF (TYPE = new-realtime AND  $r < C_{\alpha\text{-real}}$ )  
THEN ( $|O| = r$   
 $C_{\alpha\text{-real}} = C_{\alpha\text{-real}} - r$ )
- IF (TYPE = new-realtime AND  $r > C_{\alpha\text{-real}}$ )  
THEN ( $|O| = r$   
 $|O_i| = |O_i| \times (1 - \theta_i)$   
 $C_{\alpha\text{-real}} = C_{\alpha\text{-real}} - r + |O_i| \times \theta_i$ , when  $O_i \in \Omega_{\text{real}}$ )

对切换呼叫连接, 首先区分呼叫请求的类型。对于实时切换呼叫业务, 首先检查实时信道是否能够满足该呼叫业务的信道资源请求。若能够满足, 系统则为此切换业务分配所请求的信道资源; 若不能满足, 则对该呼叫业务在实时信道采取降级服务、强迫非实时业务释放实时信道资源等操作后再判断该呼叫进行判断; 若此时信道还不能接纳该切换业务, 则要对切换呼叫在当前小区的总信道采取降级服务、强迫非实时业务释放实时信道资源等操作, 最后判断该呼叫是否能够接入信道。对于非实时业务切换呼叫, 系统如果没有可用信道资源, 该切换呼叫掉线, 只要有剩余可用信道资源, 就接受该切换呼叫请求并采用尽力而为服务进行数据传输。

策略描述如下:

- IF (TYPE = handoff-nonrealtime AND  $C_{\alpha\text{-nonreal}} > 0$ )  
THEN (accept the calling  
occupy nonrealtime channel)
- IF (TYPE = handoff-nonrealtime AND  $C_{\alpha\text{-nonreal}} < 0$ )  
THEN (IF ( $C_{\alpha\text{-real}} > 0$ )  
THEN (accept the call)  
(IF ( $C_{\alpha\text{-real}} < 0$ )  
THEN (drop the call)))
- IF (TYPE = handoff-realtime AND  $r < C_{\alpha\text{-real}}$ )  
THEN ( $|O| = r$   
 $C_{\alpha\text{-real}} = C_{\alpha\text{-real}} - r$ )
- IF (TYPE = handoff-realtime AND  $C_{\alpha\text{-real}} < r < C_{\alpha}$ )  
THEN ( $|O| = r$   
 $C_{\alpha\text{-real}} = 0$   
 $C_{\alpha\text{-nonreal}} = C_{\alpha\text{-nonreal}} + C_{\alpha\text{-real}} - r$ )
- IF (TYPE = handoff-realtime AND  $r > C_{\alpha}$ )  
THEN ( $|O| = r$   
 $|O_i| = |O_i| \times (1 - \theta_i)$   
 $C_{\alpha} = C_{\alpha} - r + |O_i| \times \theta_i$ , when  $O_i \in \Omega$ )

使用这种信道资源分配策略,不仅能公平地对信道资源进行划分,并且体现出了实时业务,尤其是实时切换业务占用信道的优先级,还在一定程度上使非实时业务得到了保障。

### 3.3 信道调整

为了获得较高的资源利用率,在划分好逻辑信道之后,策略系统根据网络通过对呼叫阻塞率 CBP(Call Blocking Probability)、呼叫掉线率 CDP(Call Dropping Probability)和带宽利用 WU 的监测,对各逻辑信道和资源分配方案进行调整。在本文提出的信道管理办法中,CDP 和带宽利用率是非常重要的调整参数,它在接纳控制、带宽分配和带宽回收中都扮演着重要的角色。让策略系统定期估算带宽利用率、CBP 和 CDP 等参数,以此来判断当前的设置是否合理。如果 CBP 和带宽利用率都很低,说明非实时信道所占比例过高,可以适当降低;如果 CBP,CDP 和带宽利用率都很低,可以适当提高非实时信道所占比例。此外,还可以根据具体的网络特点设置每次调整的幅度。比如,在一个短期稳定但有阶段性跳跃的网络里,可以将调整幅度设得大一些;在一个时有上下但长期看比较稳定的网络里,可以将幅度设小一些等。总之,调整策略的选择应使系统在保证服务质量的前提下获得较高的资源利用率。

调整策略可以简单描述如下:

- IF CBP > thres\_up1  
THEN decrease the bandwidth of unreal-channel by down1
- IF (CBP < thres\_down1 AND CDP < thres\_down2 AND WU < thres\_down3)  
THEN decrease the bandwidth of real-channel by down2

其中,thres\_up1,thres\_down1 分别为呼叫阻塞率的上限和下限;thres\_down2,thres\_down3 为呼叫掉线率和带宽利用率的下限;down1,down2 为带宽调整幅度。

## 4 实例分析

假设目标小区的信道总容量为 12Mb/s,其中实时信道为 10 Mb/s,非实时信道为 2Mb/s。现有两种不同的实时业务类型 R1,R2,非实时业务类型 UR。实时业务类型 R1,R2 的可靠性需求分别为 0.9 和 0.98,假设相同类型的业务丢包率相同。因为非实时业务只要在信道有空闲时就可以占用,在实时业务需要占用时就释放资源,所以我们主要关注实时业务占用资源的状况。

如图 3 所示,在  $T_1$  时刻有效信道容量  $C_{\alpha}(T_1)=12\text{Mb/s}$ ,R1 类型新呼叫请求资源  $r_1=5.5\text{ Mb/s}$ ,R2 类型新呼叫请求资源  $r_2=0.07\text{ Mb/s}$ , $\gamma$  为 5.57 Mb/s。因为  $\gamma < C_{\alpha\text{-real}}(T_1)$ ,接纳请求并分配信道资源,在  $T_1$  分配之后, $C_{\alpha\text{-real}}$  变为 4.43 Mb/s, $C_{\alpha\text{-unreal}}$  为 2 Mb/s。

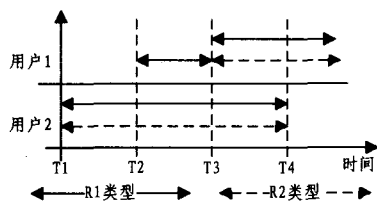


图 3 各类型业务到达目标小区时间

在时刻  $T_2$ ,接到一个 R1 类型呼叫, $r=5.5\text{ Mb/s}$ ,此刻  $r >$

$C_{\alpha\text{-real}}(T_2)$ ,采用相应策略,调用丢包算法, $\gamma_{T_2}=5.5+5.57=11.07\text{ Mb/s}$ ,则需要丢弃 1.07Mb/s,求解式(1)得到  $\theta_1=0.0971$ , $\theta_2=0.02$ ,分配相应带宽。

在  $T_3$  时刻, $C_{\alpha\text{-real}}(T_3)=4.966\text{ Mb/s}$ , $\gamma$  为 5.57 Mb/s。需要丢弃 0.603 Mb/s,若  $T_3$  到达的呼叫类型为实时新呼叫,式(1)无解,则拒绝接入。若  $T_3$  到达的为实时切换业务,则占用非实时信道, $C_{\alpha\text{-real}}(T_3)=0$ , $C_{\alpha\text{-unreal}}(T_1)=1.397\text{ Mb/s}$ 。

具体信道占用情况如图 4 所示。

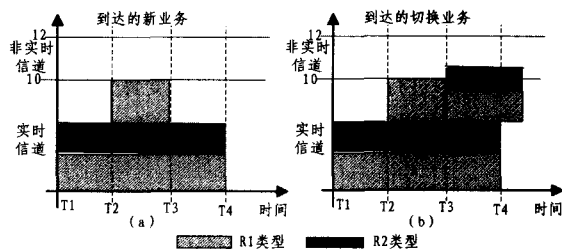


图 4 动态信道资源分配

**结束语** 本文针对移动环境下的服务类型提出了一种基于策略并且能够较公平地获得较高资源利用率和较低 CBP,CDP 的资源管理方法。不仅保证了实时业务能够获得较高的优先占用信道的权力,而且使非实时业务也获得了一定的保证。通过策略来实现网络资源的管理,消除了以设备为中心的传统方法常常引发的网络配置差错,大大提高了管理效率和可伸缩性,并使网络管理人员把工作的着眼点放在业务需求而不是设备配置的细节上,从而提高了管理的抽象性。

## 参考文献

- [1] Hong D,Rappaport S S. Traffic model and performance analysis for cellular mobile radio telephone system with prioritized and nonprioritized handoff procedures[J]. IEEE Trans. Veh. Technol,1986,35(3):77-91
- [2] Oh S H,Tcha D W. Prioritized channel assignment in a cellular radio network[J]. IEEE Transactions on communications,1992,7(40):1259-1269
- [3] Oliviera C, Kim J B, Suda T. An adaptive bandwidth reservation scheme for high speed multimedia wireless networks [J]. IEEE Journal of Selected Areas in Communications,1998,16(6):858-874
- [4] Lin Y B, Noerpel A, Harasy D. A nonblocking channel assignment strategy for hand-offs[A]//IEEE CUPC'94[C]. San Diego,CA,1994:1010-1015
- [5] Zhang Y,Liu D R. An adaptive algorithm for call admission control in wireless networks[A]// IEEE GLOBECOM 2001[C]. San Antonio,Texas,2001:3628-3632
- [6] Barceló F. Performance analysis of handoff resource allocation strategies through the state-dependent rejection scheme. IEEE Trans. Wireless Commun,2004,3 (3):900-909
- [7] Moore B, Ellesson E, Strassner J, et al. RFC3060: Policy Core Information Model-Version 1 Specification[S]. IETF,2001
- [8] 李金平,高东杰. 基于策略的网络管理系统软件平台的研究与实现[J]. 计算机工程与应用,2002,12:177-179
- [9] 刘雪洁,刘衍珩,魏达,等. 移动 IP 切换时资源分配动态策略生成机制研究[J]. 通信学报,2006,12:113-120