

IMS 域的切换研究

吕新荣 廖建新 王纯 朱晓民

(北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室 北京 100876)

(东信北邮信息技术有限公司 北京 100083)

摘要: 基于IMS(IP Multimedia Subsystem)域的通信中由于切换层次的增多导致切换时间的增加,从而使得服务的中断时间加长,这影响了移动中应用的服务质量。在UMTS(Universal Mobile Telecommunication System)R6规范中的切换流程中,跨网络切换采用SGSN(Serving GPRS Support Node)之间的切换而GGSN(Gateway GPRS Support Node)不变,这会导致数据流在IP(Internet Protocol)网络中的迂回,并且多条信令跨网络传输影响了切换的速度,增加了网络流量和端到端延时。该文在现有切换流程上提出了跨GGSN的切换流程,缩短了媒体流在切换过程中的中断时间,并减少了漫游状态下的端到端媒体流引起的网络流量和端到端的数据延迟。

关键词: 切换; 3G; IMS

中图分类号: TN915.43

文献标识码: A

文章编号: 1009-5896(2007)08-1961-05

Research on IMS Handover

Lv Xin-rong Liao Jian-xin Wang Chun Zhu Xiao-min

(State Key Laboratory of Networking and Switching Technology, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

(EB Information Technology Co. Ltd., Beijing 100083, China)

Abstract: The multi-layers handover in communication based on IMS(IP Multimedia Subsystem) results in the long interruption time of application, which reduces the Quality of Service (QoS) of the system. The process of handover signaling in R6 adopts the handover between SGSNs when one MS moves from one network to another, which will lead to the bypass of the data among the networks and will aspect the efficient of the handover and add the network traffic. The process of handover is improved by a hander between GGSN. It can fast the handover process and reduce the end-to-end delay for the roaming MS and the traffic of the network.

Key words: Handover; 3G; IMS

1 引言

UMTS引进IMS^[1]是移动网络向NGN(Next Generation Network)演进的重大举措,IMS是一个与接入技术无关的基于IP体系结构的标准体系,它可以与现存的语音和数据网络互通。IMS体系结构下各种类型的客户端之间都可以建立起具有特定QoS的P2P(Peer-to-Peer) IP通信。IMS使互连网同通信网合为一体,使得通信网络可以提供更加丰富的多媒体业务。如多媒体电话,会议,网络游戏等。

移动性则是IMS系统必须支持的特性之一,与IMS相关的移动性主要是应用层的移动性及IMS用户的位置管理。IMS中的控制协议使用SIP(Session Initiation Protocol)^[2],SIP可以支持IMS的移动性管理,在文献[1]中有详尽的说明,一般在系统中只有注册地址或IMS网络入口发生变化时才会引起移动性管理操作。IMS名为多媒体子网其主要的的作用是

支持多媒体通信,而且是基于IP网的多媒体通信。服务质量保证是对通信网的一个基本要求,而移动过程中切换引起的服务中断(切换时延)是影响服务质量的一个重大因素。正如文献[3]中所述移动性的管理和服务区质量的关系越来越密切。IMS域的切换要在UTMS网络承载层的切换完成之后再继续进行,而且由于SIP切换涉及的节点不仅是本地网络的网络节点,而是跨越了整个网络到达通信对端的节点,切换时间很长^[4-7]。文献[4,5]基于SIP的移动性管理的切换性能进行了分析,文献[4]认为SIP不适合用来支持对延迟要求严格的实时流媒体。IMS提供的服务可以分为实时性服务和非实时性服务,实时性服务大多为流媒体服务,非实时性服务大多为数据服务,实时性服务对移动中切换时服务的平滑性要求高,而数据服务则对移动中数据传输的完整性要求高。因此必须解决IMS切换时延的问题。

有关切换时延问题基本采用两种思路:(1)采用各种手段将切换信令前提,尽快建立起通信环境,文献[7]中设计了一个适应性重传计时器,使得IPv6的路由发现的时间变短,文献[8]利用IPv4的预注册,后注册过程来缩短切换过程;(2)数据的交换尽量在近处获得,文献[9]主要是针对认证过程,减

2005-12-22 收到,2006-06-12 改回

国家杰出青年科学基金(60525110),新世纪优秀人才支持计划(NCET-04-0111),高等学校博士学科点专项科研基金(20030013006)和信息产业发展基金重点项目(下一代网络核心业务平台)资助课题

少认证时间花费。(3) 两种环境共存的软切换。本文利用近距离交互信令原则和软切换的思想,提出了新的跨 GGSN 的切换流程,以使切换对服务的中断时间较短。

本文基于 UMTS R6 中 IMS 域的媒体传输,介绍了一种新的方案来保证切换中应用媒体中断的时间很少。文章的其余部分组织如下:首先对 R6 中的 SGSN 之间的切换做了介绍,接着提出了改进的 GGSN 之间的切换过程,然后对两种方案的切换中断时间,端到端延时和对网络流量的影响做了分析和对比,最后做出了总结。

2 基于 GPRS 的 IMS 的切换过程

IMS 是建立在 GPRS(General Packet Radio Service)之上的,因此 IMS 的切换也是在 GPRS 的切换之上进行。IMS 的切换只有当网络入口地址发生变化或通信参数发生变化时发生,一般 GPRS 中 SGSN 内的小区切换不会引起 IMS 的切换。

2.1 UMTS R6 中的基于 GPRS 的 IMS 的切换过程

因为通信在切换中的连续性不设计终端位置信息,因此我们忽略单纯的位置注册过程和它涉及到的网络节点。切换分为两步分:GPRS 的切换和 SIP 的切换。目前 UMTS 规范中的切换过程如图 1 所示。

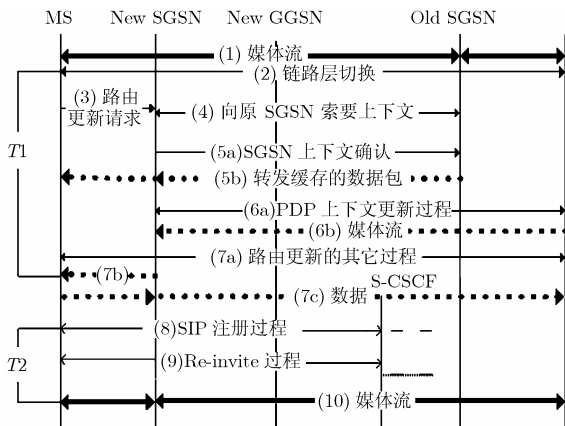


图 1 IMS 切换对媒体数据的影响示意图

切换过程如下: (1) 正在进行的媒体会话的媒体传送,切换触发点触发网络切换; (2), (3)链路层切换完成触发 IP 层切换进行路由区更新,期间旧 SGSN 启动一计时器 timer1,并停止向 MS(Mobile Station)转发数据; (4) 新 SGSN 向旧 SGSN 索要上下文; (5a) 新的 SGSN 在确认信息中将新的上下文信息通知旧的 SGSN; (5b) 此后旧 SGSN 开始转发切换期间缓存的发往 MS 的数据包,转发时长由计时器 timer1 来控制, timer1 到期则停止转发; (6a) 旧 SGSN 更新旧 GGSN 中的相应 PDP(Packet Data Protocol)上下文; 此后(6b)发往 MS 的数据经旧 GGSN 通过隧道转发给新 SGSN; (7a) 完成路由更新所需的其它信令过程,在此过程中终端得到了新的 IP 地址,和 IMS 的接入点; (7b) 新 SGSN 将发往 MS 的数据发往 MS; (7c) 数据经新 SGSN 发往旧 GGSN; (8) MS 发现新的 IMS 入口并进行 SIP 注册和(9) 如果需要则进行会话更新过程; (10) 双方建立新的媒体会话连接传送媒体。

2.2 改进的基于 GPRS 的 IMS 的切换过程

下面给出改进了的切换流程,如图 2 所示。切换过程如下: (1) 正在进行的媒体会话的媒体传送,切换触发点触发网络切换; (2) 链路层切换; (3) 触发 IP 层切换进行路由区更新,同时 MS 开始向新 SGSN 传送上行数据,新 SGSN 缓存用户数据; (4) 新 SGSN 向旧 SGSN 索要上下文,期间旧 SGSN 启动计时器 timer1,停止向 MS 转发数据,并缓存发往 MS 的数据; (5a) 新 SGSN 已经获得 MS 的旧的上下文,使用旧上下文将缓存的数据发往旧 GGSN,如果此后还有 MS 发往对端的数据到达,使用旧的 PDP 上下文转发数据; (5b) 新的 SGSN 得到上下文后检测到连接的 GGSN 发生变化,在新的 GGSN 上创建 PDP 上下文,如果是自动分配地址可能为 PDP 上下文分配新的 IP 地址; (6a) MS 的 PDP 上下文已经在新的 SGSN 和新 GGSN 中存在,因此使用新的 PDP 上下文将用户数据发往新 GGSN; (6b) 新的 SGSN 在确认信息中将新的上下文信息通知旧的 SGSN,此后旧 SGSN 开始转发切换期间缓存的发往 MS 的数据包,直到 timer1 到期; (7a) 旧的 SGSN 已经知道到 MS 目前所处的位置,如果有数据到来,将缓存数据并将其通过隧道转发到新的 SGSN,直到 timer1 到期; (7b) 旧 SGSN 更新旧 GGSN 中的相应 PDP 上下文,更新完成触发 timer1 停止计时; (8a) 发往 MS 的数据经旧 GGSN 使用新的 PDP 上下文通过隧道转发给新 SGSN; (8b) 完成路由更新所需的其它信令过程,在此过程中终端和网络中的上下文取得一致,SGSN 和 GGSN 中的上下文完全切换到新的上下文上,并且得到了新的 IP 地址和 IMS 的接入点; (9a) 会话控制数据使用新的 IP 地址通过新的 SGSN 和新的 GGSN 将数据包发往目的网络。媒体会话数据仍然使用旧的 IP 地址通过新的网络接入节点发往目的网络; (9b) MS 发起 SIP 切换过程,进行 SIP 注册; (10a) SIP 会话更新过程; (10b) 双方建立新的媒体会话连接传送媒体,此后媒体的传输不再经过旧的 SGSN 和 GGSN。至此整个切换过程完成。

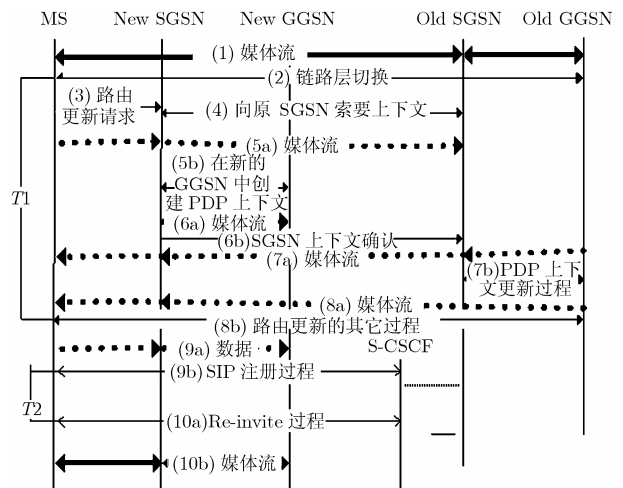


图 2 新的 IMS 切换对媒体流的影响示意图

保证数据能够正确转发到通信终端：(1) 添加 PDP 上下文删除、去激活操作的限制，在存在要转发的数据时不能对 GGSN 中的相应 PDP 上下文做此操作。(2) 对 PDP 上下文中的数据更改，新的 SGSN 中的 PDP 上下文在整个 GPRS 切换期间都要暂时存储旧的 PDP 上下文的部分内容，包括旧 SGSN, GGSN, 上个 PDP 地址, 隧道号等。以上策略保证移动终端的新旧 PDP 上下文可以同时用来收发数据，在切换过程中逐渐完成上下文的切换。并保证切换过程中网络能够将送往原接入点的数据准确地交给新的接入点，并转给移动终端，最终交给移动终端的 IP 层。同时保证了 MS 在新的接入点，在切换期间可以尽早的传送数据，数据可以被网络传送到通信对端。

3 媒体流中断时间分析

链路层切换的时间同链路层切换技术密切相关，这里不关注链路层切换，假定此切换时间为 T_2 ，UTMS 中采用软切换此切换时间可以为零， T_3 为信令在空中链路的传输时间， T_4 是新 SGSN 向旧 SGSN 索要上下文的时间， T_5 是在新的 GGSN 中创建 PDP 上下文的时间， T_6 是新 SGSN 向旧 SGSN 进行上下文确认的时间， T_7 是旧 SGSN 向旧 GGSN 进行 PDP 上下文更新的时间， T_8 是路由更新的其他过程所需的总时间。则在原切换中下行用户数据的中断时间最少为： $T_{od} = T_2 + T_3 + T_4 + T_6 + T_7 + T_8$ ，上行用户数据中断时间 $T_{ou} = T_2 + T_3 + T_4 + T_6 + T_7 + T_8$ 。新的跨 GGSN 的切换中下行用户数据的中断时间 $T_{nd} = T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6$ ，上行用户数据中断时间 $T_{nu} = T_4$ 。

上行流中断时间比较：上行数据中断时间新流程比旧流程减少 $T_{su} = T_{ou} - T_{nu} = T_2 + T_3 + T_6 + T_7 + T_8$ 的时间；GSN 之间的通信采用 IP 方式，因此网络 1 的往返时间和 IP 网络 2 的往返时间可看作是互连网中的典型往返时间(平均值 $< 200ms$ ，但如果很近则 $< 50ms$)，由于切换时地域相邻因此 GSN 之间也应该比较近，则往返时间小于 $50ms$ 。考虑 $T_{su} = T_2 + T_3 + T_6 + T_7 + T_8$ 中， T_3 ， T_6 ， T_7 都是新的 GSN 和旧 GSN 之间的请求应答(新旧 GSN 之间的关系如图 3 所示)，且都是基于 IP 的通信，可看作是 IP 网的往返时间，单程小于 $25ms$ ， T_8 中包括向 HLR 的位置更新和同 MS 的路由更新接受应答，假设 $T_8 = 100ms$ ，则 $T_{su} = 0 + 50 + 25 + 50 + 100 = 225ms$ 。

下行流中断时间比较：新旧方案差值 $T_{sd} = T_{od} - T_{nd} = T_7 + T_8 - T_5$ ，原流程中的要达到 T_{od} 则 timer1 设置的值必须坚持到图 1 中(6a)的过程完成，由于 timer1 的数值是一常数，如果设置不当数据仍可能出现中断。而新的方案采取信令流

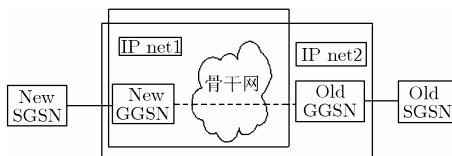


图 3 切换时涉及到的 GSN 之间的关系

来触发 timer1 的到期，因此没有这一问题。 T_5 是同一网络的 SGSN 和 GGSN 之间的通信过程，比跨越骨干网的 T_7 ， T_8 的流程所需的时间要小得多，因此忽略不计，则 $T_{sd} = 25 + 100 - 0 = 100ms$ 。

4 对媒体流端到端延时的影响分析

原路由更新的信令过程只涉及到一个 GGSN，只有在 MS 重新执行激活 PDP 过程时才会改变 GGSN，服务提供点不变化意味着只能是原来的网络为其提供服务，切换前后的媒体流路径变化如图 4 所示，切换前的转发路径是 (1-2-3-4c-5b)，切换后的转发路径为 (1-2-3-4b-5a)，数据在骨干网中走了两次，直观上看 (1-2-4a-5a) 才是最佳路径，路径长使得数据包的端到端延迟变大，丢包率增加。这在会话持续时间短的情况下影响很小，但是 IMS 中的会话的丰富性使得这类会话的比重会越来越小。改进后的路由更新信令过程下的媒体传输路径改变情况如图 4 所示。媒体会话数据流传送路径变化如下：切换前的转发路径是 (1-2-3-4c-5b)，切换后的转发路径为 (1-2-4a-5a)

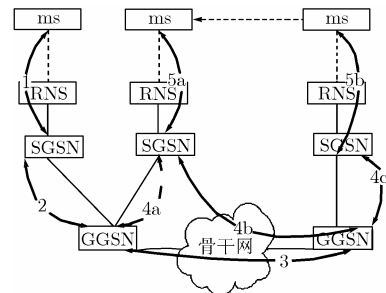
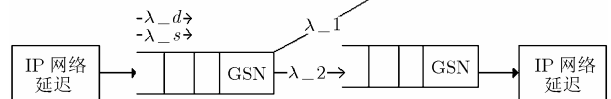


图 4 切换中数据转发路径的改变

媒体会话数据流的影响分析。由于此切换流程只发生在网络间，因此有如下 3 种情况，(1) 切换前在同一网络，切换后不在同一网络；(2) 切换前不在同一网络，切换后在同一网络；(3) 切换前后都不在同一网络。情况 1 因为不涉迂回寻找移动终端的注册 GGSN，因此影响不大，对于 (2)，(3) 影响情况相似。我们以第 (2) 种情况为例如图 4 所示。原来的切换流程切换后的媒体流路径 $L_0 = 1-2-3-4b-5a$ ，新的流程切换后的路径 $L_n = 1-2-4a-5a$ ，新方案的端到端延迟比原方案减少了 $T = t3 + t4b - t4a$ ， T 的分析模型如图 5 所示。



- λ_d : 数据的到达率
- λ_s : 信令的到达率
- λ_2 : 到达指定网络出口的数据到达率
- λ_1 : 到达其他网络出口的数据到达率

图 5 T 的延时分析模型

延迟差为： $T_{delay} = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$ ； D_1 ， D_4 为 IP 网络延时， D_2 为 GGSN 上接收处理的排队延时， D_3 为发送处理延时。 $D_1 = D_4 = T_{ipnet_delay}$ ，

$$D_2 = \frac{1}{\mu_d} \frac{(1 - \rho_s - \rho_d) + R}{(1 - \rho_s)(1 - \rho_s - \rho_d)} \quad (1)$$

$$D_3 = \frac{1}{2\mu_2(1-\rho_2)}(2-\rho_2(1-\mu_2^2\sigma_2^2)) \quad (2)$$

因为 D_1, D_4 为IP网络延迟, D_1+D_4 相当于IP网络的往返时间。排队分析采用IP上的计算机排队模型, D_2 排队中收到的信息可以分为两类即信令和数据, 一般信令的处理优先级要比数据的处理优先级高, 因此, 使用非抢占的优先级排队模型, 因为不涉及消息的长度, 处理时间同处理程序设计和节点硬件能力有关, 在这两个条件确定的情况下, 处理时间是常数, 因此式(1)中 $R=0$, 则式(1)变为:

$$D_2 = \frac{1}{\mu_d(1-\rho_s)} \quad (3)$$

D_3 排队中是单纯的存储转发模式, 在网络速度已知的情况下, 处理速度只和信息长度有关, 采用M/G/1 排队模型, 排队延迟时如式(2)所示。到达服从自相似分布, 在长时间来看可以近似看作泊松到达, 分组长度服从指数分布, 因此式(2)变为:

$$D_3 = \frac{1}{\mu_2(1-\rho_2)} \quad (4)$$

表 1 中给出了参数的假设值及端到端延迟差的计算结果。

表 1 参数和公式数值化表示

μ_2	μ_d	ρ_s	ρ_2	D_1	D_2	D_3	T_delay
374B=0.03ms	1/1ms	0.6	0.7	25ms	1.7ms	0.1ms	51.8ms

低的端到端延时对于保证交互式应用的服务质量很重要, 为了充分的利用网络节点的能力, ρ 值一般在 0.6, 0.7 左右, 从表 1 可以看出, 新的切换方案对于处于漫游状态下的终端, 至少可以减少 50ms 左右的端到端延时, 如果在激活状态下跨过多个网络, 则减少的端到端延时还要多。两种方式的端到端延时差主要在于 IP 网络延迟, 如果在应用激活期间跨越的网络越多, 则延时差越大。一般可接受的端到端延时小于 500ms, 小于 200ms 是非常好的切换延时, 因此 51.8 的延时减少量还是很可观的。

5 对网络流量的影响分析

从图 4 中还可以看出原切换方案使得数据在网络中走了迂回路程, 增加了网络流量。下面考察由于迂回路径引起的网络的花费, 定义网络花费为:

$$C = \sum_{i \in \text{整个路径}} TR_i \frac{1}{\mu_d(1-\rho_s)} \quad (5)$$

其中 TR_i 是经过该段路径的媒体流量, 根据IP网络的流量研究, 媒体流的长度遵循对数正态分布, 设其分布密度为

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}}, & x > 0 \\ 0, & x \leq 0 \end{cases} \quad (6)$$

设 T 是剩余的流量长度, Y 是切换时流的长度, X 是流的整体长度, 则 $T=X-Y$, 对于某个用户来讲在整个流长度期间, 移动的概率是均匀的, 即有:

$$g(x) = \begin{cases} 1/X, & 0 \leq y \leq X \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad (7)$$

$$E(Y) = \frac{X}{2} = \frac{E(X)}{2} \quad (8)$$

平均剩余长度:

$$E(T) = E(X - Y) = E(X) - E(Y) = \frac{E(X)}{2} = \frac{1}{2} e^{\mu + \sigma^2/2} \quad (9)$$

根据定义式(5)剩余流量引核心网花费为:

$$C_c = \sum_{i \in L} TR_i = nE(T) \quad (10)$$

L 是流量经过核心网的路径, $E(T)$ 是由流分布的 σ, μ 确定的, 由式(9), 得出 $E(T)$ 和 σ, μ 之间的关系如图 6 所示: σ, μ 的变化对流的剩余寿命影响很大。

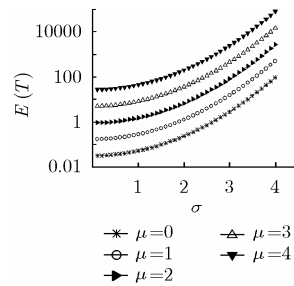


图 6 平均剩余长度关系图

如果传输层协议使用 UDP 且不考虑重传, 则由图 4 和式(10)可得, 新旧切换流程中剩余流量引起的核心网花费

$$\begin{cases} C_{nc} = \sum_{i \in (2-4a)} TR_i = 2E(T) \\ C_{oc} = \sum_{i \in L_1} TR_i = (n+1)E(T) \end{cases} \quad (11)$$

数据流经过骨干网的路径长度为 n , 如果考虑重传, 设无线接口数据包的错误率为 P_1 , 有线网络中每一跳的数据包出错率为 P_2 , 迂回路径长度为 n , 由图 4 可得: 新切换流程下的数据包的错误率为 $P=1-(1-P_1)^2(1-P_2)^4$, 则由重传引起的流量为 $TR_{nretrans} = \frac{PE(T)}{1-P} = \frac{1-(1-P_1)^2(1-P_2)^4}{(1-P_1)^2(1-P_2)^4} E(T)$ 。原切换流程下数据包的错误率为 $Q=1-(1-P_1)^2(1-P_2)^{3+n}$, 则由重传引起的流量为: $TR_{oretrans} = \frac{QE(T)}{1-Q} =$

$\frac{1-(1-P_1)^2(1-P_2)^{3+n}}{(1-P_1)^2(1-P_2)^{3+n}} E(T)$ 。新旧切换流程下总的核心网花费为

$$\begin{cases} C_{nc} = \sum_{i \in (2-4a)} TR_i = 2 \left(1 + \frac{1-(1-P_1)^2(1-P_2)^4}{(1-P_1)^2(1-P_2)^4} E(T) \right) \\ = \frac{2E(T)}{(1-P_1)^2(1-P_2)^4} \\ C_{oc} = \sum_{i \in L_1} TR_i = (n+1) \left(1 + \frac{1-(1-P_1)^2(1-P_2)^{3+n}}{(1-P_1)^2(1-P_2)^{3+n}} E(T) \right) \\ = \frac{(n+1)E(T)}{(1-P_1)^2(1-P_2)^{3+n}} \end{cases} \quad (12)$$

定义函数 $f(n)$ 为在新旧切换方案下的花费的比值函数。则

$$f(n) = \frac{C_{oc}}{C_{nc}} = \frac{\frac{n+1}{(1-P_1)^2(1-P_2)^{3+n}}}{\frac{2}{(1-P_1)^2(1-P_2)^4}} = \frac{n+1}{2(1-P_2)^{n-1}}, \text{ 当 } P_2=0$$

是即为不考虑重传的情况。图 7 是对函数 $f(n)$ 的仿真, 给出了 P_2 在不同取值下的 4 条曲线, 可以看出, 随着迂回路径长度的增加花费比基本成线性增长, 考虑重传的存在, 此比例相应增加, 且随误包率的增加而逐渐成非线性增长。对在激活状态漫游到其它网络的终端来讲, 剩余的通信量都要在网络中迂回到其注册的 GGSN 而不是直接到达实际所处的网络, 剩余流量在网络的经过的路径变长, 骨干网的总体流量随之变大。迂回路径越长原切换过程引起的网络流越多, 重传引起的流量越不可忽视新的切换流程就越优越。而且随着终端的通信能力的加强, 终端和网络交换的数据量的增多, 这种流量迂回增加的流量将更可观。

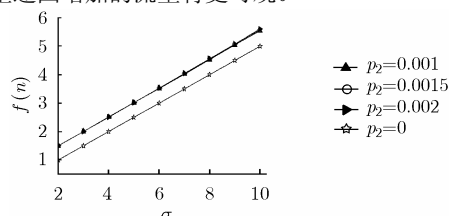


图 7 新旧切换流程下剩余流量引起的核心网花费的对比

6 结束语

本文提出的用于跨网络切换时的 GGSN 之间的切换流程, 来代替当前规范中的跨网络切换时的 SGSN 之间的切换流程。该切换流程利用软切换的概念提出了上下文软切换, 缩短了媒体在切换期间中断的时间, 减少了漫游状态下的端到端的延时, 从而提高了应用的服务质量。同时避免了通信数据流量迂回所引起的网络花费, 减少了核心网的网络流量。

参考文献

- [1] 3GPP. IP Multimedia Subsystem (IMS). V6.9.0, 2005-03.
- [2] Rosenberg J, Schulzrinne H, and Camarillo G, *et al.* SIP: Session Initiation Protocol. RFC 3261. June 2002.
- [3] Idoue A, Kubo T, Yokota H, Hasegawa T, and Ohashi M. Global roaming among Mobile IP networks operated by

different administrative domains--Support of incoming/outgoing calls for mobile nodes having private addresses. IEEE Wireless Communications and Networking Conference 2003(WCNC2003), New Orleans, LA USA., 16-20 March 2003, Vol.3: 1993-1998.

- [4] Banerjee N, Basu K, and Das S K. Hand-off delay analysis in SIP-based mobility management in wireless networks. Proceedings. for International Parallel and Distributed Processing Symposium, 2003.(IPDPS'03), Nice, France, 22-26 April 2003: 224-231.
- [5] Nakajima N, Dutta A, Das S, and Schulzrinne H. Handoff delay analysis and measurement for SIP based mobility in IPv6. IEEE International Conference on Communications 2003 (ICC'03), Anchorage Alaska, USA, 11-15 May 2003, Vol. 2: 1085-1089.
- [6] Kwon T T, Gerla M, and Das S. Mobility management for VoIP service: Mobile IP vs. SIP. *IEEE Wireless Communications*, 2002, 9(5): 66-75.
- [7] Fathi H, Chakraborty S, and Prasad R. Mobility management for VoIP: evaluation of mobile IP-based protocols. IEEE International Conference on Communications 2005(ICC 2005), Seoul, Korea, 16-20 May 2005, Vol.5: 3230-3235.
- [8] Akyildiz I F, Jiang Xie, and Mohanty S. A survey of mobility management in next-generation all-IP-based wireless systems. *IEEE Wireless Communications*, 2004, 11(4): 16-28.
- [9] Fathi H, Prasad R, and Chakraborty S. Mobility management for VoIP in 3G systems: evaluation of low-latency handoff schemes. *IEEE Wireless Communications*, 2005, 12(2): 96-104.

- 吕新荣: 女, 1976年生, 博士生, 研究领域为3G和NGN的移动性。
 廖建新: 男, 1965年生, 教授, 博士生导师, 主要研究领域为通信软件、增值业务提供技术。
 王 纯: 男, 1970年生, 高工, 主要研究领域为通信软件、增值业务提供技术。
 朱晓民: 男, 1974年生, 博士, 副研究员, 中国电子学会高级会员, 主要研究领域为智能网、下一代业务网络、协议工程。