

## IMS 网络中一种基于组的业务触发算法

荀兆勇 廖建新 朱晓民 王纯

(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:** 该文研究了 IMS(IP Multimedia Subsystem)中的呼叫建立流程, 以确定可以优化的信令流量, 研究结果显示: S-CSCF(Serving Call Session Control Function)是 IMS 中的瓶颈点。为了降低会话建立时延, 提高系统性能, 提出了一种基于组的业务触发算法(Group based Service Triggering Algorithm, GSTA), 然后对现有 3GPP(3rd Generation Partnership Project)提出的业务触发算法(3GPP STA, 3GPP Service Triggering Algorithm)和 GSTA 进行了性能建模, 理论分析和仿真结果表明 GSTA 可以有效地降低 S-CSCF 的信令流量, 增加了整个系统的吞吐量, 同时显著减少了会话建立时延, 提高了 IMS 网络的服务质量。

**关键词:** 无线通信; 信令性能; 会话建立时延; 过滤准则; 业务触发算法; SIP; IP 多媒体子系统

中图分类号: TN915.5

文献标识码: A

文章编号: 1009-5896(2008)11-2596-05

## A Group Based Service Triggering Algorithm for IMS Network

Xun Zhao-yong Liao Jian-xin Zhu Xiao-min Wang Chun

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

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

**Abstract:** To determine the potential signaling traffic reductions, the session establishment procedures in IMS (IP Multimedia Subsystem) are investigated. The investigation shows that, the S-CSCF (Serving Call Session Control Function) is the major bottleneck in IMS network. To reduce the session setup delay and improve the system performance, a new Group based Service Triggering Algorithm (GSTA) is proposed. And then the modeling of 3GPP (3rd Generation Partnership Project) Service Triggering Algorithm (3GPP STA) and GSTA are presented. Theoretical analysis and simulation results show that, GSTA efficiently reduces the signaling traffic load at the S-CSCF, increases the throughput of the system and significantly reduces the session setup delay, improves IMS network quality of service.

**Key words:** Wireless communication; Signaling performance; Session setup delay; Filter criteria; Service triggering algorithm; SIP (Session Initiation Protocol); IMS (IP Multimedia Subsystem)

### 1 引言

IMS(IP Multimedia Subsystem)<sup>[1-3]</sup> 是 3GPP(3rd Generation Partnership Project)提出的一个全 IP 架构的新的核心网域, IMS 的出现为在电信网络中开展多媒体业务提供了强有力的支持, 其应用触发框架(Application Triggering Architecture, ATA)<sup>[2]</sup>增强了多媒体业务提供的灵活性与可扩展性。如图 1 所示, 主叫终端设备 UE1 通过 ‘INVITE’

消息发起向被叫 UE2 的呼叫请求, 当 ‘INVITE’ 消息到达 S-CSCF(Serving Call Session Control Function)时, S-CSCF 根据初始过滤准则进行业务触发控制, 把该请求转发到相应的 AS(Application Server), AS 执行相应的业务逻辑, 然后把该 ‘INVITE’ 消息转发回 S-CSCF, 最终把请求路由到了被叫终端。9-18 步完成资源预留。当资源预留完成后 UE2 振铃并通过 ‘180 Ringing’ 消息通知主叫终端被叫振铃。当被叫接听后, UE2 发出 ‘INVITE’ 的最终应答 ‘200OK’ 消息, UE1 收到此消息后通过 ‘ACK’ 消息进行确认。此时主被叫通话建立。

表 1 给出了在会话建立期间(图 1 中 1-19 步)S-CSCF 和 AS 需要处理的消息数量。从表 1 中可以看到, 随着  $n$  的增大, S-CSCF 需要处理的消息数线性增加, 大大增加了 S-CSCF 的负载, 使 S-CSCF 成为整个 ATA 的瓶颈。

2008-03-09 收到, 2008-06-30 改回

国家杰出青年科学基金(60525110), 国家 973 计划项目(2007CB307100, 2007CB307103), 新世纪优秀人才支持计划(NCET-04-0111), 电子信息产业发展基金项目(基于 3G 的移动业务应用系统)和国家高技术产业化信息化装备专项项目(支持数据增值业务的移动智能网系统)资助课题

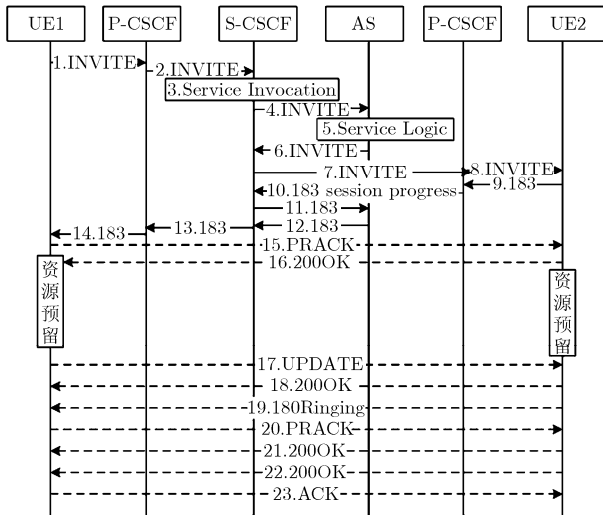


图 1 会话建立信令流程

表 1 会话建立期间的消息数量

场景	S-CSCF	AS
基本呼叫	7	0
在同一会话中有 $n$ 个 AS	$7+7n$	7

ATA 是以牺牲系统性能为代价来获得业务提供的灵活性与可扩展性的。目前对 SIP(Session Initiation Protocol)/IMS 性能相关的研究工作主要集中在无线接入和核心网(SIP/IMS Core)部分, 尚未有对 IMS 业务层的性能研究。文献[4-6]主要着眼于无线链路部分, 文献[7-9]主要着眼于 SIP/IMS Core, 文献[10-12]主要着眼于某个单独的 SIP 节点。本文主要着眼于 IMS 业务层, 讨论了 IMS 应用触发框架对会话建立时延的影响, 提出了一种基于组的业务触发算法(Group based Service Triggering Algorithm, GSTA)来降低会话建立时延, 提高系统性能。为了讨论方便, 本文认为“业务”和“应用”属于同一个概念。

## 2 基于 AS 分组的业务触发

### 2.1 相关规则

**触发路由控制规则:** S-CSCF 通过 SIP 消息中的 Route 头来控制需要触发的 AS 组中的 AS 顺序及个数, 即当 S-CSCF 判断出需要触发的 AS 组及组内的 AS 时, S-CSCF 把需要触发的 AS 的 SIP URL 按次序加入 SIP 消息的 Route 中, 当组内的第 1 个 AS 收到 S-CSCF 发送的业务触发消息后, 即可以根据 Route 头中的路由信息进行下一跳地址的确定, 完成后续业务的触发。

**触发成功与否规则:** 一个 AS 组作为一个整体存在, 当 AS 组内有一个 AS 触发失败时, 则整个 AS 组触发失败。如果 AS 组触发失败, 则 S-CSCF 遵从与组内优先级最高的初始过滤准则相关的缺省处理过程。

AS 分组规则:

(1)业务包: 运营商可以把多个业务打包成一个业务包提供给终端用户, 每个业务包可以是一个业务组, 其中的业务可能部署在多个 AS 上。

(2)优先级: 在现有的业务触发算法中, 业务的触发是按照 iFC 的优先级触发的, 所以 AS 可以按照业务的优先级进行分组。如: 最高优先级的业务可以分在一组, 比较高优先级的业务可以分组一组, 低优先级的业务可以分在一组。

(3)业务交互需求: 多业务之间的业务交互、业务冲突是影响 AS 分组的一个重要因素。

### 2.2 基于组的业务触发算法

如图 2 所示, S-CSCF 根据 AS 分组规则, 一次判断多个 iFC, 根据 iFC 的优先级在 Route 头中设置 AS 的触发顺序, 一次触发多个 AS/业务。基于组的业务触发算法描述如下:

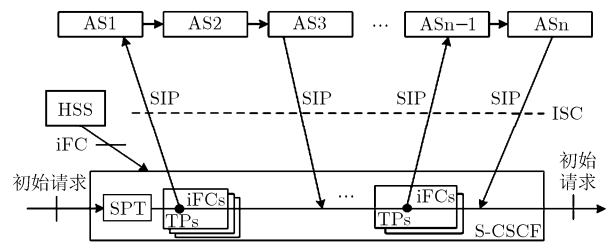


图 2 基于组的多业务触发

在用户注册时, 或收到未注册用户的一个终止的或者起始的初始请求时, 初始过滤准则被下载到 S-CSCF。当收到初始呼叫请求时(INVITE 消息), S-CSCF 执行下列操作:

(1)进行初始过滤准则的评估, 根据优先级建立用户过滤准则列表。

(2)解析请求消息, 找出所有的业务点触发器实例。

(3)根据分组规则, 检查 AS 组中的 AS 的初始过滤准则中的触发点是否与该请求中的业务点触发器实例相匹配, 并确定 AS 组的优先级。

(4)根据该用户下一个最高优先级的 AS 组, S-CSCF 将:

(a)标记发端侧 SIP 会话, 根据该 AS 组内的 AS 优先级顺序添加相应 AS 的 SIP URL 到 Route 头中。

(b)通过 ISC 接口将该请求转发给该 AS 组内的第一个 AS(即入口 AS)。入口 AS 通过 ISC 接口收到该消息请求后: 执行业务逻辑; 修改请求消息; 把请求消息转发给下一跳 AS, 下一跳 AS 执行完相应操作后, 根据 Route 信息继续转发此消息, 当该 AS 组内的最后一个 AS 执行完相应操作后, 将通过 ISC 接口把请求消息转发回 S-CSCF。

(5)重复执行第(4)步, 直到最后一个 AS 组被触发。

(6)基于 SIP 路由机制对该消息进行转发。

## 3 业务触发算法性能建模

基于电路交换的通信网络的性能分析已经研究了很长

时间了, 本文使用 CAPS(Call Attempts Per Second)和会话建立时延(Session Setup Delay, SSD)作为业务触发算法性能测量的参数。由于在本文中讨论的主要是服务器节点造成的时延, 所以不考虑 IP 网络造成的时延。

为了研究 GSTA 带来的性能提升, 本文使用 M/M/1 排队网络模型对业务触发算法进行性能建模, 如图 3, 图 4 所示, S-CSCF 处的呼叫到达率符合泊松分布。

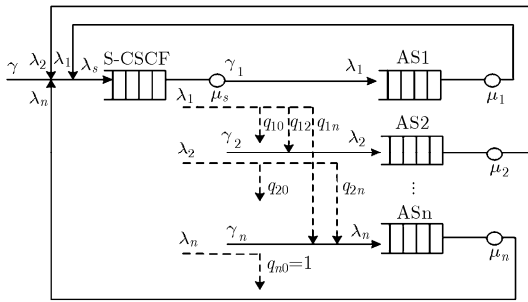


图 3 3GPP 业务触发算法性能分析模型

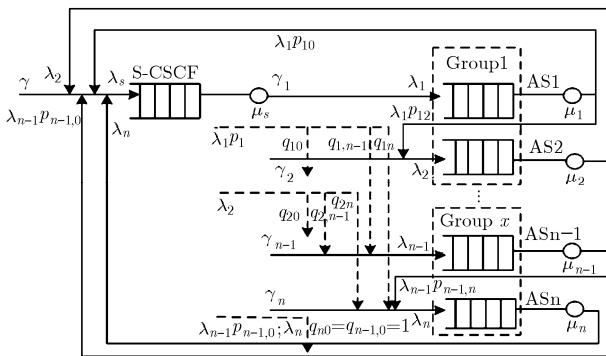


图 4 基于组的业务触发算法性能分析模型

3.1 3GPP 业务触发算法性能分析模型

在 3GPP 业务触发算法(3GPP STA)<sup>[2]</sup>下, 由于 AS 上的业务触发是基于优先级的, 所以本文假设 AS<sub>i</sub> 的优先级总是高于 AS<sub>j</sub> (0 < i < j)。为了便于讨论分析, 本文定义如下参数: (1) m<sub>s-cscf</sub>, 一个基本呼叫(没有 AS 参与呼叫过程)过程中, S-CSCF 在会话建立期间处理的 SIP 消息数。从表 1 中可以知道 m<sub>s-cscf</sub> = 7; (2) n, AS 的个数; (3) m<sub>i</sub> (0 < i ≤ n), AS<sub>i</sub> 在会话建立期间处理的消息数, 从表 1 中可以知道, 在原有业务触发算法下 m<sub>i</sub> = 7; (4) γ, 来自 P-CSCF 的初始呼叫到达率; (5) γ<sub>i</sub> (0 < i ≤ n), AS<sub>i</sub> 的初始呼叫到达率; (6) λ<sub>s</sub>, S-CSCF 的呼叫到达率; (7) μ<sub>s</sub>, S-CSCF 的服务率; (8) λ<sub>i</sub> (0 < i ≤ n), AS<sub>i</sub> 的呼叫到达率; (9) μ<sub>i</sub>, AS<sub>i</sub> 的服务率; (10) T<sub>s-cscf</sub>, 在 3GPP STA 下, S-CSCF 处理会话建立消息的时延; (11) T<sub>ata</sub>, 在 3GPP STA 下, ATA 的会话建立时延。

如图 3 所示, 呼叫以 λ<sub>i</sub> 到达 AS<sub>i</sub>, AS<sub>i</sub> 执行业务逻辑, 修改 SIP 消息, 然后转发 λ<sub>i</sub> 回 S-CSCF, 接着 λ<sub>i</sub> 以概率 q<sub>ij</sub> (0 < i < j ≤ n) 被 S-CSCF 转发到后续 AS, 同时 S-CSCF

以概率 q<sub>i0</sub> 把 λ<sub>i</sub> 路由到被叫用户。由此可以得到

$$\left. \begin{aligned} q_{i0} + \sum_{j=i+1}^n q_{ij} &= 1, \quad 0 < i < j \leq n \\ q_{n0} &= 1 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

AS 和 S-CSCF 的呼叫到达率为

$$\left. \begin{aligned} \lambda_1 &= m_1 \gamma_1 \\ \lambda_i &= \sum_{j=1}^{i-1} q_{ji} \lambda_j + \gamma_i \times m_i, \quad 1 < i \leq n \\ \lambda_s &= \sum_{i=1}^n \lambda_i + \gamma \times m_{s-cscf} \\ \gamma &= \sum_{i=1}^n \gamma_i \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

从图 3 中, 可以看到 S-CSCF 和所有的 AS 组成一个排队网络, 根据排队论和排队网理论, S-CSCF 处理会话建立消息的时延和 ATA 的会话建立时延为

$$\left. \begin{aligned} T_{s-cscf} &= \frac{\lambda_s}{\gamma(\mu_s - \lambda_s)} \\ T_{ata} &= \frac{1}{\gamma} \left( \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{\mu_i - \lambda_i} + \frac{\lambda_s}{\mu_s - \lambda_s} \right) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

3.2 基于组的业务触发算法性能分析模型

为了便于讨论分析, 本文定义如下参数: (1) x (1 ≤ x ≤ n), AS 组的个数; (2) n<sub>k</sub> (0 < k ≤ x), 组 k 中 AS 的个数, 0 < n<sub>k</sub> ≤ n。为了简化讨论, 假设 n<sub>0</sub> = 0; (3) T<sub>gs-cscf</sub>, 在 GSTA 下, S-CSCF 处理会话建立消息的时延; (4) T<sub>gata</sub>, 在 GSTA 下, ATA 的会话建立时延; (5) 其他参数的定义与 3.1 节相同。

如图 4 所示, 当呼叫以 λ<sub>i</sub> 到达 AS<sub>i</sub> 时, AS<sub>i</sub> 执行业务逻辑, 修改 SIP 消息, 然后以概率 p<sub>i0</sub> (0 < i ≤ n) 转发 λ<sub>i</sub> 回 S-CSCF, 同时, 以概率 p<sub>ij</sub> (0 < i < j ≤ n) 转发 λ<sub>i</sub> 去同组内的后续 AS。基于 GSTA 和以上的定义, 可以得到式(4)和式(5):

$$\left. \begin{aligned} p_{i0} + \sum_{j=i+1}^r p_{ij} &= 1, \quad \sum_{k=0}^s n_k < r \leq \sum_{k=0}^{s+1} n_k, \quad 0 \leq s \leq x, \quad 0 \leq i \leq n \\ p_{i0} &= 1, \quad i = \sum_{k=1}^s n_k, \quad 0 < s \leq x \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} q_{i0} + \sum_{j=i+1}^n q_{ij} &= 1, \quad 0 < i < j \leq n \\ q_{ij} &= 0, \quad \sum_{k=0}^s n_k < i < j \leq \sum_{k=0}^{s+1} n_k, \quad 0 \leq s \leq x \\ q_{i0} &= 1, \quad n - n_x \leq i \leq n \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

AS 和 S-CSCF 的呼叫到达率为

$$\left. \begin{aligned} \lambda_1 &= m_1 \gamma_1 \\ \lambda_i &= \sum_{j=1}^{i-1} \lambda_j p_{j0} q_{ji} + \sum_{j=1}^{i-1} \lambda_j p_{ij} + m_i \gamma_i, \quad 1 < i \leq n \\ \lambda_s &= \sum_{i=1}^n \lambda_i p_{i0} + \gamma m_{s-cscf} \\ \gamma &= \sum_{i=1}^n \gamma_i \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

如图 3, 图 4 所示, GSTA 与现有业务触发算法有着相似的排队网络模型, 所以基于排队论和排队网理论, 我们可以根据式(3)得到  $T_{gs-cscf}$  和  $T_{gata}$ 。

#### 4 性能仿真与结果分析

为了比较两种业务触发算法的性能, 本文做如下假设:

(1)AS $i(1 < i \leq n)$ 的初始呼叫到达率为 0, S-CSCF 的初始到达率为  $\lambda$ , 即  $\gamma = \gamma_1 = \lambda, \gamma_i = 0(1 < i \leq n)$ ; (2)所有的呼叫以串行的方式依次经过所有的 AS, 即在 3GPP STA 中:

$$q_{ij} = \begin{cases} 0, & j \neq i + 1, 0 < i < n \\ 1, & j = i + 1, 0 < i < n \end{cases}, q_{i0} = 0, 0 < i < n, \text{ 在 GSTA}$$

中,  $p_{i0} = 0, i \neq \sum_{k=1}^s n_k, 0 < s \leq x$ ; (3)为了简化讨论, 假设所有的 AS 有相同的服务率, 即  $\mu_i = \mu$ ; (4)文献[13]中指出每条 SIP 消息的处理时间大约为 10-100ms, 本文中假设  $\mu_s = \mu = 100$ ; (5)在 GSTA 中, 每个 AS 组有相通数目的 AS,  $n_i = n/x, 0 < i \leq x$ 。

根据以上假设和式(2), 式(6), 我们可以得到在 3GPP STA 下的呼叫到达率式(7)和在 GSTA 下的呼叫到达率式(8):

$$\left. \begin{aligned} \lambda_i &= 7\lambda \\ \lambda_s &= \sum_{i=1}^n m_i \lambda + \lambda m_{s-cscf} = 7(n+1)\lambda \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} \lambda_i &= \lambda \times m_i, 0 < i \leq n \\ \lambda_s &= \sum_{i=1}^x m_i \lambda + \lambda m_{s-cscf} = 7(x+1)\lambda \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

由此, 通过式(3)和式(7), 可以得到在 3GPP STA 下 S-CSCF 处理会话建立消息的时延和 ATA 的会话建立时延:

$$T_{cs-cscf} = \frac{7(n+1)}{\mu_s - 7(n+1)\lambda} \quad (9)$$

$$T_{cata} = \frac{1}{\lambda} \left( \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{\mu_i - \lambda_i} + \frac{\lambda_s}{\mu_s - \lambda_s} \right) = \frac{7(n+1)}{\mu_s - 7(n+1)\lambda} + \frac{7n}{\mu - 7\lambda} \quad (10)$$

通过式(3)和式(8), 可以得到在 GSTA 下的  $T_{gs-cscf}$  和  $T_{gata}$  为

$$T_{gs-cscf} = \frac{7(x+1)}{\mu_s - 7(x+1)\lambda} \quad (11)$$

$$T_{gata} = \frac{1}{\lambda} \left( \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{\mu_i - \lambda_i} + \frac{\lambda_s}{\mu_s - \lambda_s} \right) = \frac{7(x+1)}{\mu_s - 7(x+1)\lambda} + \frac{7n}{\mu - 7\lambda} \quad (12)$$

为了比较两种算法下的时延, 假设  $\Delta T_{ata} = T_{cata} - T_{gata} = \frac{7(n+1)}{\mu_s - 7(n+1)\lambda} - \frac{7(x+1)}{\mu_s - 7(x+1)\lambda}$ 。表 2 给出了  $\Delta T_{ata}$  与  $x$ 、

$\lambda$  的取值关系, 其中  $n = 12$ 。从表 2 可以看出,  $\Delta T_{ata} > 0$ , 表示 GSTA 优于 3GPP STA。同时, 随着  $x$  的减小(即  $n/x$ ——组内 AS 数目的增大),  $\Delta T_{ata}$  增大。限于篇幅, S-CSCF 的时延不再多做分析。

表 2 不同  $x, \lambda$  时的  $\Delta T_{ata}$

$x$	$\lambda$			
	0.1	0.2	0.4	0.8
2	0.7866	0.8933	1.2016	3.0932
3	0.7130	0.8159	1.1155	2.9848
4	0.6384	0.7361	1.0238	2.8595

本文使用 SIMPROCESS 软件进行仿真。图 5, 图 6 为  $n=12$  时的仿真结果, 从图中可以看出, 随着一个 AS 组内 AS 数目( $n/x$ )的增加, 系统会话建立时延随之减小。由此可见参数  $n/x$  对整个系统有着重要意义, 为了降低会话建立时延, 应该尽可能地增加一个 AS 组内 AS 的数目。但由于业务交互问题的存在, 在实际情况中不太可能所有的业务/AS 处于同一个组内。

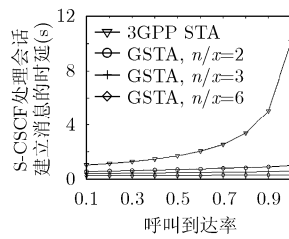


图 5 呼叫到达率与 S-CSCF 处理会话建立消息的时延的关系

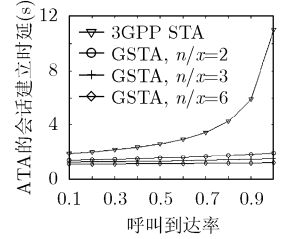


图 6 呼叫到达率与 ATA 的 SSD 的关系

图 7 为  $\lambda = 1$  的仿真结果。从图 7 中可以看出, 随着  $n/x$  的增大, ATA 的会话建立时延随之减小, 同一会话中可以容纳的 AS 的个数大大增加, 也因此可以向终端用户提供更多、更加丰富多彩的业务。

在图 8 的仿真中假设 S-CSCF 的系统利用率不超过 0.7。从图中可以看出, 在 3GPP STA 下, 随着  $n$  的增大, S-CSCF 的系统吞吐量急剧降低。但在 GSTA 中, 随着  $n/x$  的增大, 系统吞吐量有所提升。由此可见, GSTA 可以有效地卸载 S-CSCF 的信令流量, 提高系统的吞吐量。

#### 5 结束语

本文研究了 IMS 中的呼叫建立流程, 以确定可以优化的

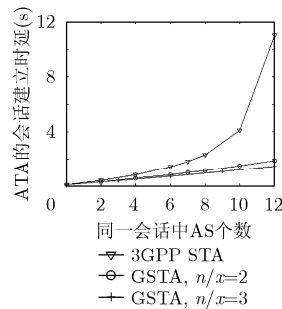


图 7 同一会话中 AS 个数与 ATA 的 SSD 的关系

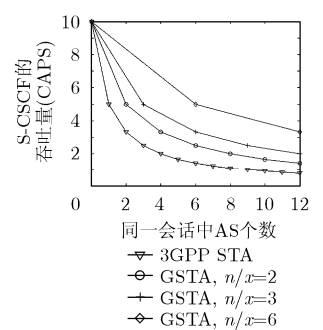


图 8 会话中 AS 个数与 S-CSCF 的吞吐量的关系

信令流量, 研究结果显示: 在一次呼叫会话中, 随着 AS 数目的增多, S-CSCF 需要处理的信令流量大大增加, S-CSCF 成为 IMS 中的瓶颈点。为了降低会话建立时延, 提高系统性能, 提出了一种基于 AS 分组的业务触发算法, 并简单讨论了其相关规则, 然后对其进行了性能建模, 通过理论分析和仿真结果发现 GSTA 可以有效地降低 S-CSCF 的信令流量, 增加了整个系统的吞吐量, 同时显著减少了会话建立时延, 提高了 IMS 网络的服务质量。

### 参 考 文 献

- [1] 3GPP TS 23.002. Network architecture; release 7. September 2007.
  - [2] 3GPP TS 23.218. IP Multimedia (IM) session handling; IM call model; Stage 2; release 7. June 2007.
  - [3] 3GPP TS 23.228. IP multimedia subsystem; Stage 2; release 7. June 2007.
  - [4] Fathi H and Chakraborty S S, *et al.*. Optimization of SIP session setup delay for VoIP in 3G wireless networks. *IEEE Trans. on Mobile Computing*, 2006, 5(9): 1121-1132.
  - [5] Camarillo G, Kantola R, and Schulzrinne H. Evaluation of transport protocols for the session initiation protocol. *IEEE Network*, 2003, 17(5): 40-46.
  - [6] Foster G, Pous M I, and Pesch D, *et al.*. Performance estimation of efficient UMTS packet voice call control. Proc. IEEE Vehicular Technology Conf., Vancouver, Canada, Sept. 2002, 3: 1447-1451.
  - [7] Gurbani V K, Jagadeesan L, and Mendiratta V B. Characterizing session initiation protocol (SIP) network performance and reliability. International Service Availability Symposium, Berlin, Germany, April 25-26, 2005: 196-211.
  - [8] Zhu B. Analysis of SIP in UMTS IP multimedia subsystem. [Master's thesis], Computer Engineering, North Carolina State University, 2003.
  - [9] Rajagopal N and Devetsikiotis M. Modeling and optimization for the design of IMS networks. 39th Annual Simulation Symposium (ANSS'06), Huntsville, AL, April 02-06, 2006: 34-41.
  - [10] Schulzrinne H, Narayanan S, and Lennox J, *et al.*. SIPstone-benchmarking SIP server performance. [http://www.sipstone.com/files/sipstone\\_0402.pdf](http://www.sipstone.com/files/sipstone_0402.pdf), April 2002.
  - [11] Cortes M, Ensor J R, and Esteban J O. On SIP performance. *Bell Labs Tech. J.*, 2004, 9(3): 155-172.
  - [12] Ghosh P, Roy N, and Basu K, *et al.*. A case study-based performance evaluation framework for CSCF processes on a blade-server. International Conference on Networking and Services (ICNS'07). Athens, Greece, 19-25 June 2007: 87-92.
  - [13] Evers T and Schulzrinne H. Predicting internet telephony call setup delay. [http://www.cs.columbia.edu/~hgs/papers/Eyer0004\\_Predicting.pdf](http://www.cs.columbia.edu/~hgs/papers/Eyer0004_Predicting.pdf), April 2000.
- 荀兆勇: 男, 1980 年生, 博士生, 研究方向为通信软件、下一代网络技术。
- 廖建新: 男, 1965 年生, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为移动智能网、宽带智能网、下一代网络技术。
- 朱晓民: 男, 1974 年生, 博士, 副研究员, 硕士生导师, 中国通信学会高级会员, 主要研究方向为智能网、下一代业务网络、3G 核心网、协议工程等领域。